

Onderzoek naar materiaalgebruik in
Vlaamse woningen

Ilse VANHERCK

Promotor: Elke Meex
Masterscriptie 2015 – 2016
Seminarie bouwtechnisch concept

Onderzoek naar materiaalgebruik in
Vlaamse woningen

Ilse VANHERCK

Promotor: Elke Meex
Masterscriptie 2015 – 2016
Seminarie bouwtechnisch concept

Voorwoord

Deze scriptie heb ik, Ilse Vanherck, geschreven in het kader van de masterproef van de masteropleiding architectuur aan de Universiteit Hasselt. Binnen de opleiding hebben de technische en constructieve aspecten van het bouwen me steeds geïnteresseerd en daarom maakte ik ook de keuze voor het seminarie bouwtechnisch concept. Binnen dit seminarie werden enkele scriptie onderwerpen voorgesteld waarbij het onderwerp 'Materiaalgebruik van Vlaamse woningen' mij meteen aansprak. Als student sta je niet vaak stil bij de hoeveelheid materialen, zowel soorten als gewicht, die in een gebouw verwerkt zitten, er wordt steeds gekozen voor materialen die 'mooi' zijn en/of conceptueel goed in een ontwerp passen.

Deze scriptie zou niet mogelijk zijn geweest zonder de medewerking en steun van enkele personen. In de eerste plaats wil ik mijn promotor, Elke Meex, bedanken om me tijdens dit werk steeds te begeleiden en feedback te geven. Ik wens haar via deze weg nog veel succes met haar doctoraatsonderzoek. Daarnaast wil ik mijn ouders bedanken die er tijdens mijn opleiding architectuur steeds voor me waren, zonder hun was ik nooit geraakt waar ik nu sta.

Inhoudsopgave

VOORWOORD	4
INHOUDSOPGAVE	5
ABSTRACT	6
INLEIDING	7
LITERATUURSTUDIE	
<hr/>	
1. DE VLAAMSE WONING DOORHEEN DE JAREN	11
1.1 GESCHIEDENIS	11
1.2 BESLUIT	17
2. VLAAMSE WONINGEN EN DE VERSCHILLENDE CONSTRUCTIETYPES	20
2.1 ALGEMEEN & CIJFERS	20
2.2 MASSIEFBOUW	22
2.3 HOUTSKELETBOUW	33
2.4 STAALBOUW	36
2.5 BETONBOUW	36
2.6 BESLUIT	37
3. VLAAMSE WONINGEN EN DE VERSCHILLENDE WONINGTYPOLOGIEËN	39
3.1 WONINGTYPOLOGIEËN	39
3.2 CIJFERS	39
3.3 BESLUIT	45
VELDONDERZOEK	
<hr/>	
4. PROJECTANALYSE	48
4.1 METHODOLOGIE	48
4.2 ALGEMENE PROJECTGEGEVENS	50
4.3 VERBANDEN	58
4.4 BESLUIT	83
5. CONCLUSIE	86
BIBLIOGRAFIE	88
LIJST MET AFBEELDINGEN, GRAFIEKEN EN TABELLEN	90
BIJLAGES	91

Abstract

Het aantal nieuwbouwwoningen in Vlaanderen kennen nog steeds een groei en dit zonder na te denken over het materiaalgebruik in deze woningen en de milieu-impact van deze materialen. Binnen de huidige Vlaamse context ontbreekt een materiaalgebruik-profiel van de woningen. In deze scriptie wordt hiernaar onderzoek gedaan door middel van een literatuurstudie en een veldonderzoek met als doel een eerst beeld te creëren van het materiaalgebruik-profiel van een Vlaamse woning. Uit de literatuurstudie blijkt dat de Vlaming 'een baksteen in z'n maag' heeft en graag groot woont, al wordt verwacht dat dit in de toekomst zal veranderen. Het veldonderzoek bestaat uit een overzicht van het materiaalgebruik-profiel van 27 woningen waaruit blijkt dat gewapend beton het meest gebruikte materiaal is in een Vlaamse woning (48,2% van het totaalgewicht). Daarnaast wordt verwacht dat de constructietypes houtskeletbouw, betonbouw en staalbouw in de toekomst meer zal worden toegepast. Met deze resultaten kan in de toekomst gekeken worden naar de milieu-impact van de gebruikte materialen in een Vlaamse woning.

The number of new residential buildings in Flanders is still growing without thinking about the used-materials in those dwellings and the environmental impact of these materials. Within the current context of Flanders there is a lack of material-usage profile of the residential houses. In this thesis research is being conducted through a literature review and a field research with the purpose to create a first impression of the material-usage profile of a Flemish house. The literature review shows that the Fleming has 'a brick in his stomach' and likes to life in big houses, although the expectations are that this will change in the future. The field research consists of an overview of the material-usage profile of 27 dwellings showing that reinforced concrete is the most used material in a Flemish house (48,2% of the total weight). The expectations are that timber frame, concrete and steel constructions will be applied more in the future. These results can be considered in the future to look to the environmental impact of the used-materials in a Flemish dwelling.

Inleiding

Vlaanderen telt vandaag ongeveer 2.154.660 woonegelegenheden en er worden nog steeds bouwvergunningen voor nieuwbouwwoningen uitgereikt. Wanneer een vergelijking wordt gemaakt met het aantal woonegelegenheden twintig jaar geleden, in 1995 (toen er zo'n 1.911.146 woonegelegenheden waren), is er een stijging van ca. 13% waar te nemen: het aantal woonegelegenheden stijgt dus langzaam verder (Statistics Belgium, 2013b) (Statistics Belgium, 2013a). Op deze manier raakt Vlaanderen geleidelijk aan volgebouwd.

In 1987 werd voor het eerst gesproken en geschreven over een duurzame ontwikkeling, dit in het Brundtland rapport. Duurzame ontwikkeling kreeg toen de betekenis: "het voorzien in de behoeften van de huidige generaties, zonder dat daarbij de mogelijkheid voor toekomstige generaties om hun behoeften te vervullen in gevaar wordt gebracht" (Jorna, van Engelen, & Hadders, 2004). Ook binnen de bouwsector en het gebouwenpatrimonium moet gewerkt worden aan een duurzame ontwikkeling, waaronder ook het duurzaam gebruik van bouwmaterialen valt, om zo ervoor te zorgen dat ook toekomstige generaties nog kunnen voorzien in hun behoeften.

Vooralsnog wordt bij (nieuwbouw)woningen de nadruk hoofdzakelijk op het energieverbruik gelegd. In 1992 werd in Vlaanderen de eerste energiewetgeving ingevoerd. Vanaf dan was het verplicht dat nieuwbouwwoningen een minimale hoeveelheid isolatie en isolerend glas hadden. De K-peil waarde¹ van een nieuwbouwwoning mocht maximaal 65 zijn, in 1993 werd deze waarde verstrengd naar 55 (D'haeseleer, 2005). In januari 2003 werd de eerste Europese richtlijn met betrekking op de energieprestatie van gebouwen gepubliceerd en in werking getreden. Deze richtlijn is beter gekend onder de EPBD richtlijn (Energy Performance of Buildings Directive) en moest in de Europese lidstaten ingevoerd worden ten laatste in 2006. Vanaf 2006 wordt bijgevolg in Vlaanderen gewerkt met de EPB-software en de nieuwe EPB wetgeving, dewelke een Vlaamse interpretatie zijn van de EPBD richtlijn. In 2010 werd deze richtlijn nog uitgebreid en werd voor het eerst gesproken over BEN-woningen². De wetgeving uit 2006 zorgde ervoor dat isolatiewaardes werden toegekend aan de verschillende schildelen van een woning (vloer, gevel, ramen en dak). Deze isolatiewaardes zijn met de jaren steeds strenger geworden met als doel in 2016 een maximale K-peil waarde van 40 te bekomen (in vergelijking met een maximale K-peil waarde van K45 in 2006). Naast het K-peil, is er ook de E-peil waarde³ waarvoor de maximale waarde in 2016 E50 moet zijn (in vergelijking met E100 in 2006). Deze energie-eisen zorgen er bijvoorbeeld voor dat er meer nood is aan vernieuwde technieken en dat de dikte van het isolatiepakket in nieuwbouwwoningen sterk is toegenomen. Om deze diktes te kunnen verwerken in het gebouwoontwerp wordt ook gezocht naar aanpassingen in de verschillende bouwtechnieken (bv. de toename in het aantal houtskelletbouwwoningen, waarin de isolatiedikte verwerkt zit in de dikte van de constructie). Maar een woning bestaat niet enkel uit dat isolatiepakket, maar uit een brede waaier aan materialen. Al deze materialen hebben een impact op het milieu en dit

¹ K-peil: Het K-peil geeft het maximale peil van de globale warmte-isolatie van het gebouw weer. Het K-peil wordt berekend voor het gebouw als geheel (Vanden Bremt, 2013).

² BEN-woning: een bijna energie-neutrale woning

³ E-peil: Het E-peil is een maat voor de energieprestatie van een woning en de vaste installaties ervan in standaardomstandigheden. Het E-peil hangt af van de thermisch isolatie, luchtdichtheid, de compactheid, oriëntatie, bezonning en de installaties van/in het gebouw (Vanden Bremt, 2013).

gedurende hun volledige levensduur. Verder moet er ook op een duurzame manier worden opgegaan met materialen want niet alle materialen of grondstoffen van materialen zijn onuitputbaar.

In het verleden is er nog maar weinig onderzoek gedaan naar de werkelijke hoeveelheid en de diversiteit aan materiaal in een Vlaamse woning. Daarom zal in deze scriptie, aan de hand van een analyse van een aantal meetstaten van gerealiseerde nieuwbouwprojecten, een beeld weergegeven worden van dat materiaalgebruik per constructietype en woontypologie in Vlaanderen, dit voor een doorsnee Vlaamse ééngezinwoning. Aansluitend zullen deze materialen en hun hoeveelheden gekoppeld worden aan een aantal andere aspecten van het gebouw, zoals de gebouwtypologie, gebouwoppervlakte, gebouwvolume,... om te kijken of hier verbanden of verhoudingen terug te vinden zijn. Ook hier is slechts in beperkte mate onderzoek gedaan, hoewel dit bruikbare inzichten zou kunnen opleveren om toekomstige bepalingen van de milieu-impact van het materiaalgebruik in woningen te vereenvoudigen.

De onderzoeksvraag van deze scriptie luidt dan ook als volgt: "*hoe ziet het materiaalgebruik-profiel eruit in de Vlaamse woningen?*" Hierop aansluitend wordt gezocht naar eventuele verbanden tussen dit materiaalgebruik en de aanwezige gebouweigenschappen, zoals de typologie, vloeroppervlakte, volume,... Bij dit onderzoek zal gefocust worden op recente nieuwbouw ééngezinwoningen.

Deze scriptie is opgebouwd uit twee delen. In de eerste plaats wordt er een literatuurstudie gemaakt naar het Vlaamse woningbestand. Hierbij wordt gekeken naar de geschiedenis van de Vlaamse woning en wordt de huidige bouwcontext in Vlaanderen bestudeerd onder meer op basis van concrete cijfers. Bij deze analyse wordt specifiek gekeken naar het aantal woningen per constructietype en de evolutie van deze cijfers doorheen de tijd (eventuele expansie of recessie). Daarnaast worden ook de cijfers van het aantal woningen in Vlaanderen per woningtypologie (open, halfopen of gesloten bebouwing) onderzocht. Aan de hand hiervan kan al gezocht worden naar een verband tussen het constructietype in een Vlaamse woning en zijn woningtypologie. In een tweede deel volgt een veldonderzoek aan de hand van een aantal projecten. Hierbij wordt een analyse van de verschillende materialen en hun hoeveelheden per constructietype gemaakt, vertrekkende van een aantal meetstaten. Hierbij wordt ook de woningtypologie in rekening gebracht. Tot slot zal er gekeken worden welke verbanden er gevonden kunnen worden als we ook aspecten als gebouwvolume en (bruto-/netto-) vloeroppervlakte van een woning in rekening brengen, met als doel deze in te zetten bij de toekomstige bepaling van de milieu-impact van gebouwen.

Onderzoek naar materiaalgebruik in
Vlaamse woningen

LITERATUURSTUDIE

De Vlaamse woning doorheen
de jaren

HOOFDSTUK 1

1. De Vlaamse woning doorheen de jaren

1.1 Geschiedenis

Vooraleer de huidige constructietypes en het materiaalgebruik in Vlaamse woningen worden geanalyseerd, is het noodzakelijk de ontstaansgeschiedenis van deze woningen te kaderen. Wanneer gekeken wordt naar de constructietechnieken en de daarbij gebruikte materialen kan de geschiedenis van de Vlaamse woning opgedeeld worden in vijf grote periodes. Deze worden hieronder besproken, met enkele voorbeelden uit de architectuurgeschiedenis ter illustratie. Hierbij moet wel in acht genomen worden dat deze voorbeelden hoofdzakelijk projecten zijn van gekende architecten, die vaak met eigen, nieuwe technieken werken die in een doorsnee bouwpraktijk niet altijd gevolgd werden. Ook is het niet mogelijk alle gebruikte constructietypes en materialen door de tijd heen te bespreken. Wel is getracht om een representatief beeld weer te geven van de verschillende periodes in de Belgische architectuur.

1830 – 1914: Eclecticisme & neostijlen - art nouveau

In 1830 werd België onafhankelijk verklaard. Op dat moment werd de woningbouw gekenmerkt door verschillende woningtypologieën en waren er invloeden terug te vinden van de Franse en Nederlandse architectuur. Hoofdzakelijk was er traditionele woningbouw, boerderijen op het platteland en herenhuizen in de steden. De boerderijen waren doorgaans éénlagige gebouwen opgebouwd uit bakstenen. De woningen hadden een zadeldak, afgewerkt met Vlaamse pannen. Boven de raamopeningen werden houten lateien gebruikt en de gevel werd af en toe wit geschilderd (Agentschap Onroerend Erfgoed, 2015c). De herenhuizen waren woningen met meerdere bouwlagen maar werden ook opgebouwd met bakstenen. Binnen deze typologie was niet enkel het zadeldak, maar ook het schilddak en het mansardedak te zien. Deze werden afgewerkt met pannen of leien. Verder hadden de gevels van de herenhuizen meer detaillering. Er was een arduinen muurplint, de kalkstenen lateien boven de muuropeningen en de gevel werden ook hier af en toe gepleisterd en wit geschilderd (Agentschap Onroerend Erfgoed, 2015d).

In deze periode was de industriële revolutie volop aan de gang. Door deze revolutie ontstonden nieuwe woontypologieën. De arbeidershuizen, typische voor deze periode, waren kleine éénlagige of tweelagige woningen. Net als de boerderijen en de herenhuizen werden ze opgebouwd uit bakstenen. Ze hadden doorgaans een zadeldak, afgewerkt met pannen of leien. Af en toe werd er gewerkt met steekboogvormige muuropeningen en werden de woningen wit geschilderd. De arbeiderswoningen werden vaak met meerdere tegelijk gebouwd (Agentschap Onroerend Erfgoed, 2015a).

Naast de traditionele woningbouw werd de 19^e-eeuwse architectuur in Vlaanderen deels beïnvloed door twee architectuurstromingen. Eerst was er het eclecticisme en verschillende neostijlen, met 'Woning De Passer' in Antwerpen als voorbeeld (Figuur 1). 'Woning De Passer' van architect Jean-Jacques Winders uit 1883 is een voorbeeld van de Vlaamse Neorenaissance



Figuur 1: Woning De Passer
Bron: (Agentschap Onroerend Erfgoed, 2015b)

en is geïnspireerd op de gildehuizen uit de Antwerpse 16e eeuw. Het betreft een rijwoning met een opvallende gevel. Deze is opgebouwd uit een combinatie van blauwe hardsteen, witte natuursteen en baksteen. Binnenin de woning is een kenmerkende houten spiltrap (Verpoest & Bral, 2008). Een tweede stroming in Vlaanderen was de art nouveau met Henry Van de Velde en Victor Horta als grote vertegenwoordigers. Een bekend voorbeeld uit de Art Nouveau was 'Tasselhuis' van Horta uit 1893. De rijwoning in Elsene (Brussel) heeft een gevel opgebouwd uit witsteen en blauwe hardsteen. Opvallend aan de gevel is de grote raampartij, dewelke mogelijk was door het aanbrengen van metalen pijlers en lateien. Horta liet ook in het interieur de metalen structuur zichtbaar (Strauven & Bral, 2008). Beide stromingen eindigden aan het begin van de Eerste Wereldoorlog.

1914 – 1945: Modernisme

In 1914 brak in België de Eerste Wereldoorlog uit. Tijdens de vier jaar hevige oorlog werd het Belgische gebouwenpatrimonium erg beschadigd. Door het Koning Albertfonds (KAF), opgericht in 1916, werden er na de Eerste Wereldoorlog noodwoningen gebouwd. Deze woningen waren bedoeld om de eerste grote woningnood op te vangen, want de vraag naar woningen was groot. De eerst nood ving het KAF op door het aankopen van de Britse woningbarakken, ook wel de 'Nissen Huts' genoemd (Figuur 2). Deze woningen hadden een stenen onderbouw en een gebogen dak, opgebouwd uit stalen golfplaten (Meire, 2003). Daarnaast had het KAF zelf ook twee noodwoningmodellen die gebouwd werden. Er was het type 'Zanen&Moenaert', de houten demonteerbare barak (Figuur 2) en het type 'Jouret&Speltinckx',



Figuur 2: Links: type 'Zanen&Moenaert' - rechts: Nissen Huts
Bron: (Meire, 2003)

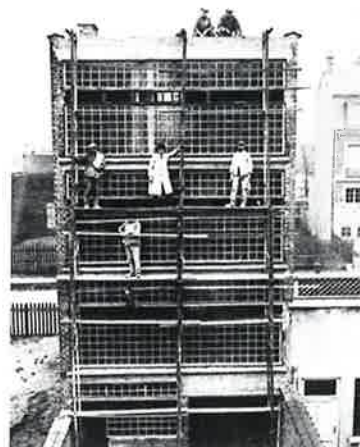
hoofdzakelijk opgebouwd uit beton. De muren van het type Zanen&Moenaert waren volledige opgebouwd uit hout, volgens het principe van een stijl- en regelwerk in hout, opgevuld met houten planken. Verder hadden de woningen een zadel- of lessenaarsdak, deze werden afgewerkt met dakpannen. Enkel voor de muurvoet en de schoorsteen werden bakstenen gebruikt (Agentschap Onroerend Erfgoed, 2015e). De muren van het type 'Jouret&Speltinckx' waren opgebouwd met een stijl- en regelwerk in beton en werden opgevuld met betonnen platen. De zijgeveltoppen werden afgewerkt met een houten bebording. Het dak, steeds een zadeldak werd afgewerkt met betonnen dakpannen (Agentschap Onroerend Erfgoed, 2015f) (Agentschap Onroerend Erfgoed, 2015g).

De noodwoningen van het Koning Albertfonds waren een tussenoplossing. België, en dus ook Vlaanderen, diende wederopgebouwd te worden. Over deze wederopbouwarchitectuur na de Eerste Wereldoorlog ontstonden twee ideeën. Enerzijds waren er de voorstanders van de heropbouw. Zij pleitten ervoor dat elke oorlogsvernietiging ongedaan gemaakt werd en dat België zo terug in zijn oorspronkelijke staat hersteld werd. Hierbij werden eerst de iconische gebouwen aangepakt, later de woonhuizen. Anderzijds waren er de ideeën van de modernisten. Ze streefden naar vernieuwing en een autonome, universele taal binnen de architectuur. Voor modernisten was het belangrijk om architectuur tot zijn essentie te herleiden. Deze ideeën konden hoofdzakelijk uitgewerkt worden binnen de sociale huisvesting. Het uitwerken van de tuinstadgedachte, afkomstig uit Engeland, kreeg dan ook een kans tijdens deze interbellumarchitectuur (Dubois & Poulain, 1987).

Een voorbeeld hiervan is de tuinwijk Klein Rusland (Figuur 3) in Zelzate van architect Huib Hoste, een Belgische modernist. De opbouw van deze tuinwijk startte in 1921 en was een initiatief van de NMGWW⁴. Er werden 168 woningen gebouwd waarvan er 18 klaar waren in 1923. Deze waren opgebouwd uit bakstenen en hadden een zadeldak. De ramen, luifels en dakranden van deze woningen waren afgewerkt in hout. De volgende 74 huizen werden opgebouwd uit asbeton, dit door een tekort en hoge prijs van de bakstenen. Asbeton was goedkoper en versnelde het bouwproces. Tijdens deze periode werd ook voor het eerst beton gestort in herbruikbare bekistingen. De woningen in asbeton hadden een plat dak en op de betonconstructie werd een gekleurde pleister aangebracht. Net als de baksteen woningen hadden deze kubistische volumes houten ramen, luifels en dakranden. In 1928 werden nog 24 baksteenwoningen en 52 woningen in asbeton voltooid (Lanclus, 2009). Opmerkelijk aan deze woningen in asbeton: ze kregen in de jaren 1950 een bakstenen parement om vochtproblemen op te lossen (zvd, 2012). In 1930 werd het derde CIAM⁵ georganiseerd. Deze stond volledig in het teken van de minimumwoning, dit zal dus het einde betekenen voor de tuinwijkgedachte. Het gebruik van beton zal blijven, dit was het materiaal van de modernist. De modernistische woning werd lange tijd wel nog gepleisterd, dit om onvolmaaktheden van het beton te verbergen. Een voorbeeldwoning uit deze periode is 'Woning De Koninck' van Louis Herman De Koninck in Ukkel (Brussel). Deze vrijstaande minimumwoning, uit 1924, werd opgebouwd uit geprefabriceerde betonblokken, die later werden gepleisterd. Het geprefabriceerde beton was op dat moment een nieuw bouw materiaal. De Koninck was niet enkel hierin vernieuwend. In de woning plaatste hij centraal een industriële kachel die de ruimtes rondom via kokers verwarmde. Deze techniek zou hij in al zijn volgende ontwerpen toepassen. 'La Maison de Verre' uit 1935 is een ander voorbeeld (Figuur 4) van het gebruik van beton tijdens het interbellum. De woning werd opgetrokken met een betonskelet, waardoor architect Paul-Amaury Michel volledige vrijheid had bij het invullen van de gevels. Zo werd de achtergevel volledig opgebouwd uit glasbouwstenen. Maar niet enkel (gewapend) beton en zijn skeletstructuur was nieuw en goedkoop, ook de stalen skeletstructuur deed zijn intrede in het Vlaamse gebouwenpatrimonium (nog goedkoper dan gewapend beton). Een voorbeeld van een modernistische woning met een staalskelet is 'Woning Stynen' van architect Léon Stynen uit 1934. Verder is 'Antwerps hoekhuis' een typisch voorbeeld van het baksteenmodernisme, waarbij de gevel is opgebouwd uit bakstenen en natuursteen. Grote bandramen en zwarte voegen in het metselwerk accentueren de horizontale lijnen in de gevel (Strauven, 2008).



Figuur 3: Tuinwijk Klein Rusland
Bron: (Agentschap Onroerend Erfgoed, 2016)



Figuur 4: La Maison de Verre - achtergevel
Bron: (AAM, 2016)

⁴ De Nationale Maatschappij voor Goedkope Woningen en Woonvertrekken, opgericht in 1919 (Floré, 2010).

⁵ Congrès Internationaux d'Architecture Moderne (De Caigny, 2010).

Voor de modernisten was het moeilijk om in de Belgische architectuur door te breken. Vele architecten bleven trouw aan de baksteenconstructie, deels door de invloed die de Nederlandse architectuur had in België. Eén van de elementen die men gebruikte uit de Nederlandse architectuur is de geel-blonde Belvédèresteen, vaak met een schuin ingesneden lintvoeg en opgevulde stootvoegen (Meganck, 2003). De periode van de wederopbouwarchitectuur eindigde in 1940 wanneer de Tweede Wereldoorlog uitbrak.

1945 – 1973: Naoorlogs modernisme

De naoorlogse periode begon met een groot tekort aan woningen, meer dan de helft van het Vlaamse woonpatrimonium werd beschadigd (zie cijfers in hoofdstuk 3.2.1 Woningtypologieën en het bouwjaar). Dit door de oorlogsvernielingen van de Eerst Wereldoorlog, maar ook door de bouwstop tijdens de bezetting van de Tweede Wereldoorlog. Het woningtekort in 1945 werd geschat op 250.000 woningen. Na de invoer van de Wet De Taeye⁶ en Wet Brunfaut⁷ stijgt het aantal nieuwbouwwoningen enorm. De Wet De Taeye reikte bouwpremies uit aan iedereen die een eigen woning wilde bouwen. Het bedrag dat een gezin kreeg was afhankelijk van de locatie waar gebouwd ging worden. De Wet De Taeye promoveerde het bouwen op het platteland, zo kon de arbeider de 'ongezonde' en 'gevaarlijke' stad vermijden. Voor gemeentes en dorpen werd een onderverdeling gemaakt in 4 categorieën, te beginnen met kleinere gemeentes of dorpen waarvoor de premies het hoogst waren. De laagste premies werden toegekend aan gezinnen die wilden bouwen in de stad. Een bouwgrond kopen in kleine gemeentes en dorpen werd voor velen een stuk gemakkelijker, waardoor in Vlaanderen een stadsvlucht plaatsvond. Deze wet zorgde ervoor dat tot in de jaren '70 ca. 441.000 van deze premiewoningen gebouwd werden, waarvan 70% in kleine of middelgrote gemeentes. De eerste premiewoningen werden gebouwd met een donkerrode, bijna bruine, baksteengevel. Ramen hadden een houtschrijnwerk dat wit gelakt werd. Later kwamen hierop variaties (bv. felrode baksteen, getinte ruiten, gekleurde voordeur, ...) en werd er geëxperimenteerd met strakke gevels, grote ramen en een plat dak. De Wet Brunfaut bracht voor de organisaties NMGWW en NMKL⁸ een extra financiële impuls. Net als bij de premiewoningen van de Wet De Taeye, brachten de NMGWW en de NMKL richtlijnen uit voor het bouwen van een nieuwbouwwoning. Zo staat in het tijdschrift 'Landeigendom' van de NMKL staat dat een gevel van een woning af te werken is met een parementsteen (handgevormde steen of lokale baksteen), die is overschilderd met een witte cementverf. Voor de ramen en deur werd een groen, rood of bruin schrijnwerk aangeraden.

In deze periode werd in Vlaanderen ook voor het eerst kennis gemaakt met de geprefabriceerde woningbouw. Architecten Léon Palm en Willy Van Der Meeren stellen in 1954 het EGKS⁹-huis voor (Figuur 5). Een woning vormt de basis voor het realiseren van grote groepen woningen. De structuur bestaat uit drie parallelle dragers: twee blinde muren en een stalen portiek. Verder is de



Figuur 5: EGKS-huis
Bron: (Agentschap Onroerend Erfgoed, 2015h)

⁶ 1948: De wet houdend bijzondere bepalingen tot aanmoediging van het privé-initiatief bij het oprichten van goedkope woningen en het kopen van kleine landeigendommen (Van Herck & Avermaete, 2006).

⁷ 1949: De wet tot instelling van een Nationaal Fonds van de Huisvesting (Van Herck & Avermaete, 2006).

⁸ De Nationale Maatschappij voor de Kleine Landeigendommen (Van Herck & Avermaete, 2006).

⁹ EGKS: de Europese Gemeenschap voor Kolen en Staal: de woning werd ontwikkeld voor deze organisatie (Van Herck & Avermaete, 2006).

woning opgebouwd uit holle betonnen vloerelementen, stalen raamstijlen, deuren en wandkasten. De ruwbouw van de woning vormde meteen ook de afwerking. De woningen waren hoofdzakelijk bestemd voor Waalse staal- en mijnarbeiders maar zijn ook in Vlaanderen terug te vinden (Kraainem: 25 woningen gebouwd in 1955 en 27 woningen gebouwd in 1957). In 1965 introduceerde Daniël Delmulle een prefabsysteem voor individuele woningen. Het systeem bestaat uit geprefabriceerde wanden die op de werf gemonteerd worden. Deze techniek brengt verschillende afwerkingsmogelijkheden met zich mee (effen gevelvlakken uit beton, siervlakken in natuursteen, houten beplanking, ...). Maar belangrijker bij dit systeem is dat vanaf het begin gewerkt werd met geïsoleerde buitenmuren en het plaatsen van dubbele beglazing was een optie waarvoor de opdrachtgever kon kiezen (Van Herck & Avermaete, 2006).

1973 – 1992: Postmodernisme

De premiewoningen van de Wet de Taeye kenden in het midden van de jaren '70 een tweede, opvallende piek (De Vos, 2012). In 1973 vond de eerste oliecrisis plaats, maar het is duidelijk dat de woningbouw in Vlaanderen daar op dat moment weinig invloed van ondervond. Tussen 1976 en 1977 werden er in Vlaanderen nog 61.000 nieuwe woningen gebouwd (Van Herck & Avermaete, 2006). Vanaf de jaren '70 kozen vele architecten terug voor de lokale, de populaire en de historische architectuur. Dit omdat de universele en functionele modellen van wederopbouw architectuur werden afgewezen (Heynen, Loeckx, De Cauter, & Van Herck, 2009). Tijdens deze periode zal de bouw van de typisch Vlaamse fermette, ook wel 'fami-home' genoemd, zijn opmars kennen. Het begrip 'fermette' stond oorspronkelijk voor een buitenverblijf in een kleine boerderij, maar het woord dook voor het eerst op in de Vlaamse architectuurliteratuur in 1973, waar het stond voor een opgeknapte hoeve waar permanent in verbleven kon worden. Later werd het een begrip voor een nieuwbouwwoning in hoevestijl. De fermette was opgebouwd uit bakstenen, die eventueel wit geschilderd zijn. De woning had een zadeldak met rode dakpannen en dakkapellen. De ramen kregen een onderverdeling door houten latjes en de luifels langs de ramen werden wit-groen geschilderd. In het interieur was er vaak een ingebouwde open haard en eiken balken, meestal zonder dragende functie (De Vos, unknown).

In 1978 vond de tweede oliecrisis plaats. Dit keer kende de Vlaamse bouwsector wel een dieptepunt. Tijdens deze crisisperiode ging de aandacht naar het zuinig energieverbruik van de woning. Dit aandachtspunt zorgde ervoor dat de spouwmuur een nieuwe functie toegekend kreeg. Na de Tweede Wereldoorlog werd immers een spouwmuur voorzien in een woning (kende een grote opmars vanaf de jaren '70), maar tot die tijd was de functie van de spouwmuur het vermijden van vochtdoorslag. Vanaf 1985 werd de spouwmuur (af en toe) voorzien van een isolatielaag.

De crisisperiodes zorgden ervoor dat binnen de architectuur niet meer geëxperimenteerd werd. Zoals eerder vermeld hield de architect zich hoofdzakelijk vast aan de lokale, de populaire en de historische architectuur en de invloed van de modernisten lieten ze volledig achter zich. Een uitzondering hierop was de woning Botte, gebouwd in 1970, door de jonge Bob Van Reeth, op dat moment 27 jaar. De woning was weinig vernieuwend naar zijn materiaalgebruik. Een gepleisterde betonnen structuur, zoals gebruikt werd door de modernisten, opgevuld met snelbouwstenen en houten raamprofielen. Wel vernieuwend was de open structuur waarin geen functies waren vastgelegd, de uitspringende vlakken

in de gevels en de schuingeplaatste trap in de woning. Voor Geert Bekaerts¹⁰ zou deze woning wel eens het uitgesproken archetype van een hedendaagse woning kunnen zijn (Van Herck & Avermaete, 2006). Tot slotte was er in Vlaanderen de eerste kennismaking met woningen met een houtskeletstructuur, dit was in 1974 op Batibouw. De voorgestelde houtskeletbouw was opgebouwd volgens de Canadese techniek en de structuur van elk bouwonderdeel (buiten- en binnenmuren, vloeren, plafonds en dak) bestond uit hout. Er werd toen gesproken over een innovatieve bouwtechniek. Maar het is pas 24 jaar later, in 1998, dat in België de eerste beurs werd georganiseerd die enkel gericht was op houtbouw (Unknown, 2009) (Unknown, 2011).

1992 – nu: Hedendaagse architectuur

De architectuur was stil gevallen eind jaren '70. Geert Bekaert schreef het volgende: "Wat overbleef was een stille, om niet te zeggen saaie generatie architecten die zich bijna voor architectuur wenste te excuseren, die niet mee te koop liep en die stilzwijgend en grotendeels onbewust werkte met de clichés en de gemeenplaatsen van de bouwkunst en het bouwen". Maar hier kwam verandering in. Eind jaren '80 en begin jaren '90 deed de architectuur het goed, net als de andere Belgische kunsten (nl. dans, theater, film en beeldende kunst). Een nieuwe generatie architecten had zijn plaats gevonden, en maakte vooral individuele architectuurwerken die niet aansloten bij een bepaalde stroming of groepering. Ze lieten de ideeën van hun voorvaders achter zich en haalde inspiratie bij de buitenlandse ontwikkelingen (Van Gerrewey, 2014). Onder deze nieuwe generatie architecten vallen o.a. Eugeen Liebaut (Eugeen Liebaut Architect) en Stéphane Beel (Stéphane Beel Architects). Stéphane Beel bouwde in 1992 'Villa M' in Zedelgem. De woning is een lang balkvormig volume dat parallel gebouwd werd langs een bestaande tuinmuur. Er werd gewerkt met grote raampartijen en verschillende terrassen. De gevels zijn bekleed met hout. Ook 'Woning Liebaut (Figuur 6) van architect Eugeen Liebaut was een opmerkelijke woning voor die tijd. De woning werd gebouwd in 1994 in Sint-Antelinks. De draagstructuur van de woning bestaat uit vijf stalen portieken. Deze portieken zorgen ervoor dat de woning volledig kan ontsloten worden met een bandraam. Het onderste deel van de portiek werd opgevuld met massieve muur, het bovenste deel werd dichtgemaakt met een houten frame. Hierop werd een steenachtige plaat aangebracht. De laatste twee lagen van de constructie zijn een isolatielaag en een witte pleisterlaag (Strauven & Boone, 2008).



Figuur 6: Woning Liebaut
Bron: (Liebaut, 2016)

Na de oliecrisis in 1973 werd voor het eerst gedacht aan het energieverbruik van een woning, alsook de energie die nodig was voor de productie van een woning. Maar het was pas in 1992 dat in Vlaanderen de eerste energiewetgeving werd ingevoerd. Na de eerste wetgeving in 1992, was in 2006 een verstrenging van deze wet nodig. De EPB, de Energieprestatie en binnenklimaatregelgeving, legde op dat moment regels vast met betrekking tot de isolatiegraad en de ventilatie van een woning. De verschillende schildelen (vloer, gevel, ramen en dak) van een woning kregen U-waardes toegekend. Het energieverbruik van een woning werd vanaf dat moment berekend op basis van verschillende

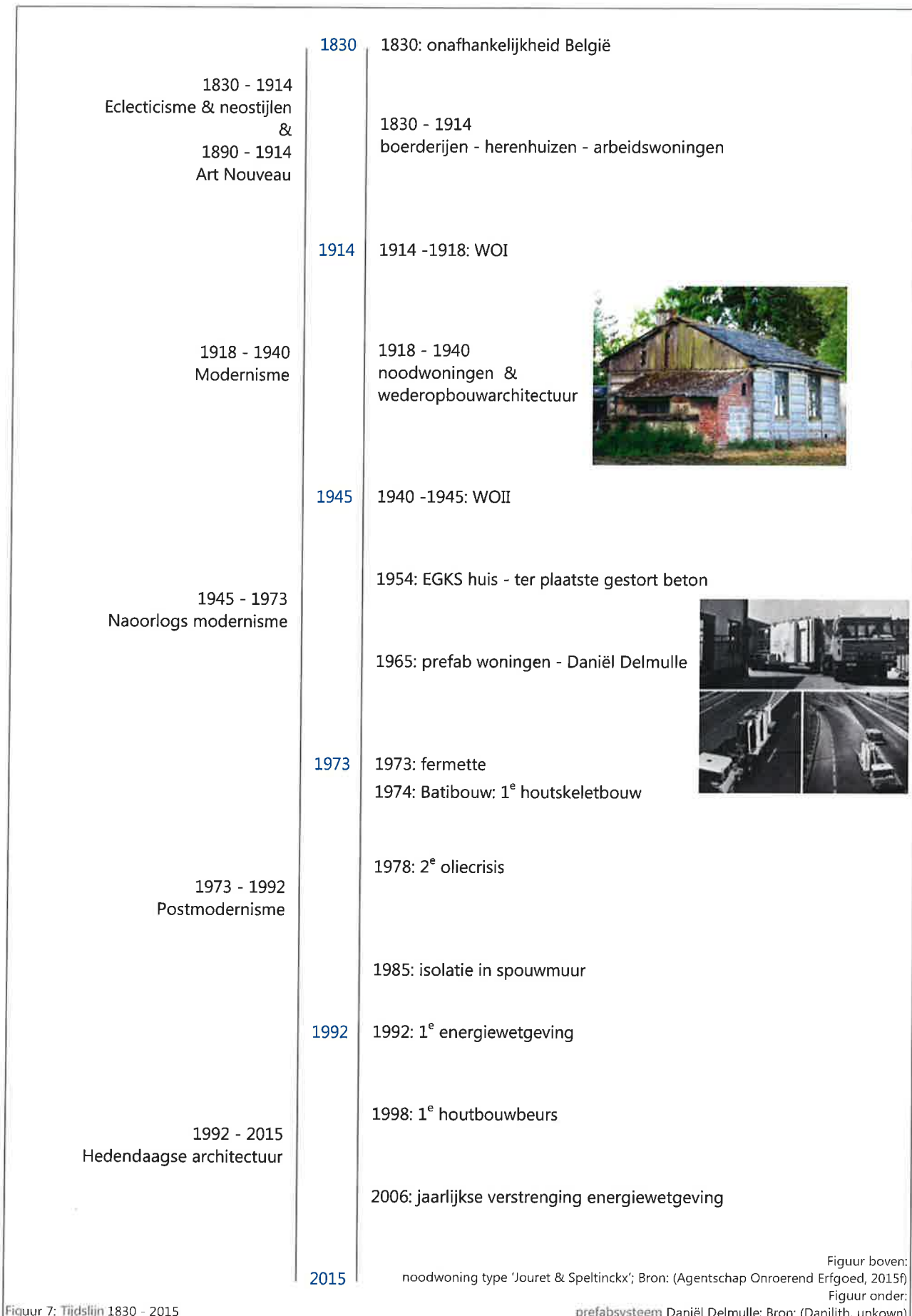
¹⁰ Geert Bekaerts: Belgische architectuurcriticus, geboren in 1928 (Heynen et al., 2009).

factoren (compactheid, isolatie, oververhitting, ventilatie, technieken, ...). Deze berekeningen worden uitgedrukt met behulp van het E-peil. Een Vlaamse nieuwbouwwoning moet vandaag een E-peil van 60 hebben. Tegen 2021 wordt gestreefd naar BEN-woningen met een E-peil van 30. In een verdere toekomst zullen energie neutrale woningen gebouwd moeten worden (Vanhove, 2015) (Ceulemans & Verbeeck, 2015).

1.2 Besluit

Vlaanderen kende periodes die ieder gekenmerkt werden door verschillende architectuurstijlen (Figuur 7). Er was de vooroorlogse architectuur met het eclecticisme en zijn neostijlen en de art nouveau (1830-1945). Woningen binnen deze stijlen zijn opgebouwd uit bakstenen en hebben een hellend dakvlak. Vervolgens was er de periode tussen de oorlogen waarbij noodwoningen en de wederopbouwarchitectuur een rol kregen (1914-1945). Voor de noodwoningen werden verschillende woontypes uitgewerkt (de Nissen Huts, het type 'Jouret&Speltinckx' en het type 'Zanen&Moenaert'). Deze verschillende noodwoningen zijn opgebouwd uit hout, baksteen of beton. De noodwoningen waren slechts een tussenoplossing en Vlaanderen diende heropgebouwd te worden. Voor deze wederopbouwarchitectuur ontstonden twee ideeën, de voor- en tegenstanders van het modernisme. Tegenstanders pleitten voor een 'oud' Vlaanderen waarbij gebouwen in hun oorspronkelijk staat werden hersteld, voorstanders kozen voor een 'nieuw' Vlaanderen waar plaats was voor nieuwe ideeën (bv. de tuinvijkgedachte). Beton was het materiaal van de modernist. De naoorlogse periode wordt gekenmerkt door het naoorlogs modernisme (1945-1973), het postmodernisme (1973-1992) en de hedendaagse architectuur (1992-nu). Het naoorlogs modernisme werd bepaald door de wet De Taeye en de Wet Brunfaut. Door deze wetten steeg het aantal nieuwbouwwoningen na de oorlogen enorm. De woningen zijn allemaal opgebouwd uit bakstenen. Ook de eerste geprefabriceerde woningen (het EGKS-huis en Daniël Delmulle) vonden hun oorsprong in deze periode. Tijdens het postmodernisme maakte Vlaanderen voor het eerst kennis met de fermette, wat staat voor een nieuwbouwwoning in hoevestijl. In 1974 werd op Batibouw voor het eerst een houtskeletbouwstructuur voorgesteld. Na de oliecrisis in 1973 viel de architectuur in Vlaanderen stil en het duurde tot het begin van de jaren '90 dat een nieuwe generatie architecten hun plaats vond en zich liet inspireren door buitenlandse ontwikkelingen. Dit was de start van de hedendaagse architectuur. In deze periode werd de eerste energiewetgeving ingevoerd.

De woningen in Vlaanderen veranderden doorheen de tijd, maar algemeen heeft een Vlaming 'een baksteen in z'n maag'. Duurzame ontwikkeling in de bouwsector is vandaag vooral toegespitst op de energieprestatie van gebouwen, maar zal in de toekomst ook rekening moeten houden met de milieu-impact van het materiaalgebruik in de Vlaamse woningen. Daarom zal in hoofdstuk 2 en 3 ingegaan worden op het constructietype en de woontypologie van Vlaamse woningen, alsook in hoofdstuk 4 de analyse van enkele projecten van nieuwbouwwoningen in Vlaanderen, om zo een beeld te krijgen van het materiaalgebruik-profiel van woningen in Vlaanderen.



Figuur 7: Tijdslijn 1830 - 2015

Vlaamse woningen en de
Verschillende constructietypes

HOOFDSTUK 2

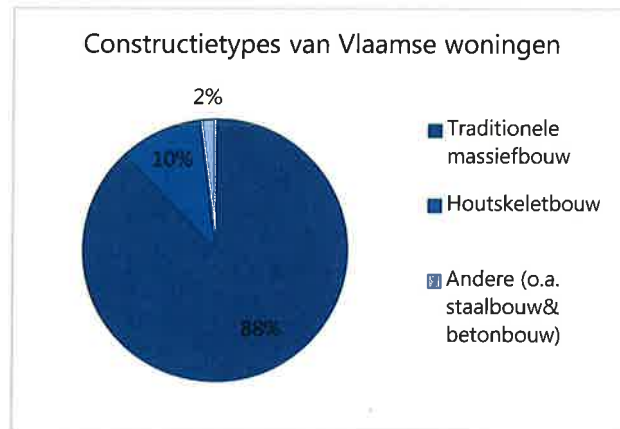
2. Vlaamse woningen en de verschillende constructietypes

Om een goed beeld te krijgen van het materiaalgebruik in Vlaamse woningen, wordt in deze paragraaf het huidige gebouwenpatrimonium doorgelicht en wordt onderzocht welke constructietypes in Vlaanderen voorkomen voor ééngezinwoningen en hoe vaak deze constructietypes voorkomen.

2.1 Algemeen & cijfers

In deze scriptie zullen vier verschillende constructietypes aan bod komen, nl. massiefbouw, houtskeletbouw, staalbouw en betonbouw. Het verschil tussen deze types zit vooral in het gebruik van een andere draagconstructie en de daarbij horende materialen.

Uit een studie van 2014¹¹ blijkt dat in Vlaanderen 88% van de ééngezinwoningen opgetrokken zijn volgens het traditionele, massiefbouw, constructietype. 10% van de woningen is opgetrokken volgens houtskeletbouw. De overige 2% gaan naar andere constructietypes, zoals staal- en betonbouw (Grafiek 1). Dat de Vlaming 'een baksteen in z'n maag' heeft, werd al even aangehaald in hoofdstuk 1 'De Vlaamse woning doorheen de geschiedenis' en dit wordt nu bevestigd door het groot aandeel massiefbouwwoningen in Vlaanderen. Daarnaast zijn de andere constructietypes voor Vlaanderen nog 'nieuwer' waardoor ze hoogstwaarschijnlijk minder voorkomend zijn. In diezelfde studie van 2014 worden verwachtingen uitgewerkt voor het marktaandeel van de verschillende constructietypes bij ééngezinwoningen tegen 2040, waarbij in alle scenario's wordt aangegeven dat het aantal massiefbouwwoningen sterk tot zeer sterk zal dalen (tot wel 5%) en dan de andere constructietypes in aandeel zullen stijgen (Boonen et al., 2014).



Grafiek 1: Constructietypes van Vlaamse woningen
Bron: (Boonen et al., 2014) (cijfers uit 2010)

Voor de meeste constructietypes op zich zijn er geen verdere cijfers beschikbaar, maar de cijfers voor woningen in houtskeletbouw kunnen verder in detail bekeken worden (op Belgisch niveau). In 2011 was 6,3% van de Belgisch uitgereikte bouwvergunningen voor het bouwen van een houtskeletbouwwoning. In 2014 was dit reeds 8,3%, een stijging van 2% dus (Tabel 1). De oorzaak van deze stijging werd nog niet onderzocht maar er is eventueel een verband mogelijk met de steeds strenger wordende energie-eisen omdat bij een houtskeletbouw het isolatiepakket mee in het muurpakket geplaatst kan worden. Het muurpakket wordt dus niet automatisch dikker bij een groot isolatiepakket. Dit kan echter niet met zekerheid bevestigd worden.

¹¹ Het gaat hier over de studie 'Korte-termijn opdracht: evolutie vraag en aanbod zand in Vlaanderen'. Deze studie maakt gebruik van cijfers uit een rapport: 'Onderzoek naar mogelijke nieuwe bouwconcepten en het effect ervan op het gebruik van oppervlaktedelstoffen' van 2010.

Het aantal houtskeletbouwwoningen in België

	2011		2012		2013		2014	
Totaal aantal uitgereikte bouwvergunningen	20.979		21.974		21.037		22.158	
Totaal aantal houtskeletbouwwoningen	1332	6,3%	1750	7,9%	1630	7,7%	1845	8,3%

Tabel 1: Het aantal houtskeletbouwwoningen in België
Bron: (Frère, 2013) (Frère, 2015)

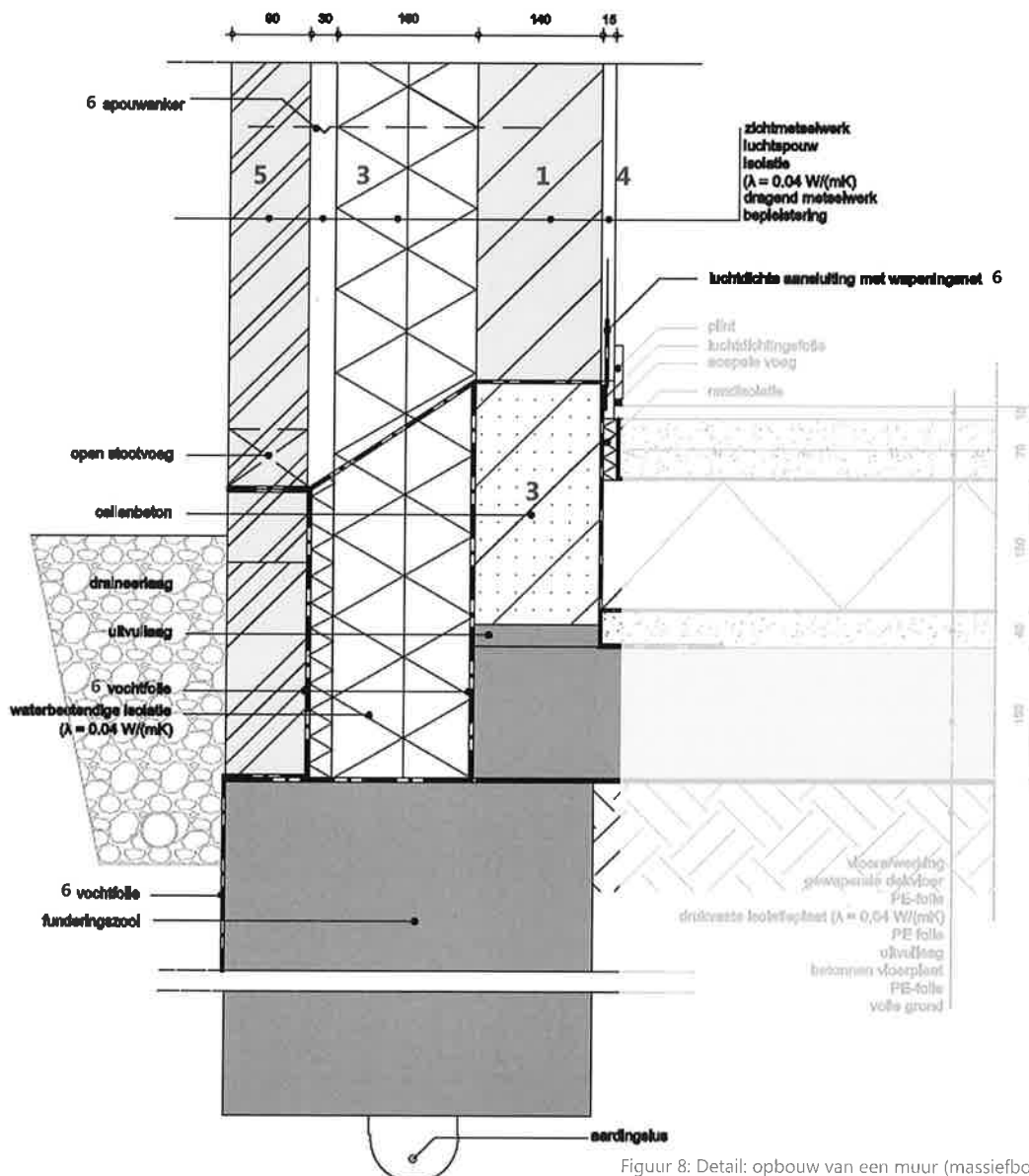
In de volgende paragrafen worden deze vier meest voorkomende constructietypes en hun bijhorende materialen besproken, om zo een beeld te geven van de variatie aan gebruikte materialen in de Vlaamse woningbouw. Dit overzicht is niet bedoeld om volledig te zijn, maar wel om een goed beeld te geven van de mogelijkheden qua materiaalgebruik binnen ieder constructietype.

2.2 Massiefbouw

Massiefbouw is in Vlaanderen het meest traditionele en meest voorkomende constructietype (88%). Bij een massiefbouw woning bestaat de draagconstructie uit verschillende massieve onderdelen, zoals steen en beton. Hieronder worden de meest voorkomende elementen en materialen van een woning volgens het massiefbouw constructietype in detail besproken.

2.2.1 Opbouw muren

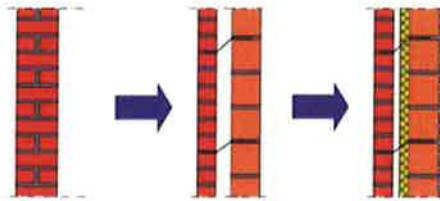
Een muur doet in de eerste plaats dienst als scheiding tussen binnen en buiten of tussen verschillende ruimtes onderling, bv. akoestische en visuele afscheiding van ruimtes met een verschillende functie. Daarbij kan een muur ook een dragende functie hebben. Een muur doet dan dienst als drager van de vloer(en) en het dak van de woning. Verder wordt hier gekeken naar de verschillende materialen voor een afwerkingslaag, zowel van een binnen- als een buitenmuur. Tot slot wordt een opsomming gegeven van de mogelijke tussenlagen in een muur en de materialen hiervan.



Figuur 8: Detail: opbouw van een muur (massiefbouw)
Bron: (Passiefhuis-Platform vzw, unknown)

1. Dragende muren (bv. binnenspouwmuur en dragende binnenmuur)

De meest voorkomende materialen in de huidige Vlaamse bouwsector voor een dragende muur zijn rode snelbouwsteen, holle betonmetselsteen en volle bouwblokken gemaakt uit kalkzandsteen of cellenbeton (Figuur 8: nr. 1). Het hechten van de stenen gebeurt met een mortel of door verlijming met een speciale mortellijm. Holle betonmetselstenen kunnen gebruikt worden voor dragend schoonmetselwerk (metselwerk dat geen extra afwerkingslaag nodig heeft). Snelbouwstenen en volle bouwblokken uit kalkzandsteen (niet warmte-isolerend) en cellenbeton (wel warmte-isolerend) hebben wel een extra afwerkingslaag nodig (Verver & Fraaij, 2004). De opbouw volgens een dragende binnenspouwmuur en een gevelafwerkingsmateriaal voor een buitenwand kwam er na de Tweede Wereldoorlog ter vervanging van de volle muur. De muur werd ontdebeld om regendoorslag te vermijden (Belgische Baksteenfederatie, 2006) (Figuur 9).



Figuur 9: Volle muur - spouwmuur
Bron: (Belgische Baksteenfederatie, 2006)

2. Niet-dragende muren (bv. niet-dragende binnenmuur)

Een niet-dragende muur is doorgaans smaller dan een dragende muur, maar kan ook opgebouwd worden uit rode snelbouwsteen, holle betonmetselsteen of volle bouwblokken gemaakt uit kalkzandsteen of cellenbeton. Hierbij aanvullend zijn er ook gipsblokken. Ook deze kunnen gehecht worden aan elkaar met een mortel of een speciale lijm. Naast deze 'zware', steenachtige materialen bestaan er ook plaatmaterialen, bv. gipskartonplaten, gipsvezelplaten, houtvezelplaten (MFD-plaat¹²) en spaanplaten (OSB-plaat¹³). Hierbij wordt steeds gebruik gemaakt van een frame (staal of hout, afhankelijk van het gekozen plaatmateriaal) waaraan de platen worden bevestigd. Een niet-dragende muur kan ook voorzien worden in glas (helder glas, mat glas of glazen bouwstenen) (Verver & Fraaij, 2004) (Blaazer et al., 2006).

Zowel bij dragende als niet-dragende muren heeft het gebruik van steenachtige muren het voordeel dat ze door hun massa een hoge thermische inertie bevatten. De materialen kunnen warmte (en koude) opslaan. In een Vlaamse woning volgens het massiefbouw-principe wordt de geproduceerde warmte dus deels opgeslagen in de muren en vloeren. De warmte wordt langzaam terug afgegeven wanneer het in de woning afkoelt. Grote temperatuurschommelingen worden hierdoor vermeden (onder normale weersomstandigheden).

Verder in deze scriptie komt het constructietype houtskeletbouw gedetailleerd aan bod. Dit constructietype heeft. Door de lichtere constructie bevat zo'n woning geen of amper inertie, waardoor grote temperatuurschommelingen mogelijk zijn (Van Steenkiste, 2012).

3. Isolatie

De isolatie in een muur kan twee functies hebben: er is de warmte-isolatie en de geluidsisolatie. In het geval van warmte-isolatie heeft de isolatielaag het doel, in de winter, om ervoor te zorgen dat de warmte in de woning blijft en dat de koude buiten blijft, in de zomer geldt het omgekeerd. De

¹² De Medium Density Fibreboard plaat (Blaazer, van Gessel, Glas, Hijlkema, & Ledderhof, 2006)

¹³ De Oriented Strand Board plaat (Blaazer et al., 2006)

warmte-isolatie wordt bij een (nieuwbouw)woning in massiefbouw bij voorkeur aan de buitenzijde¹⁴ tegen de dragende structuur van een buitenmuur geplaatst omwille van bouwfysische redenen (bv. inwendige condensatie vermijden, enz. ...) (Figuur 8: nr. 3). Bij geluidsisolatie is het doel om interne geluiden te behouden en externe geluiden buiten te houden. Het is mogelijk dat één isolatiemateriaal beide functies heeft.

De bevestiging van de isolatielaag gebeurt door middel van verankering (spouwankers) of door verlijming tegen de (dragende) structuur. Voor zowel warmte- als geluidisolatie bestaan verschillende materialen. Er zijn minerale isolatiematerialen waaronder glaswol, steenwol en glasschuim behoren, plantaardige isolatiematerialen zoals cellulosevlokken en vlasvezels en kunststoffen die een isolerende functie hebben bv. geëxtrudeerd polystyreenschuim (XPS), geëxpandeerd polystyreen (EPS), polyurethaanschuim (PUR) en polyisocyanuraat (PIR) (Blaazer et al., 2006). Een extra onderdeel bij de isolatie van een muur is de cellenbetonblok die onderaan een (niet-) dragende muur geplaatst worden (Figuur 8: nr. 3). Deze zorgt ervoor dat de isolatie in de muur en op de vloer met elkaar 'verbonden' worden waardoor er sprake is van perimeterisolatie (geen koude bruggen), een belangrijk aandachtspunt dat bij nieuwbouwwoningen zeker voldaan moet zijn.

4. Binnenafwerking

Een muur kan aan de binnenzijde afgewerkt worden met een gipspleister of een plaatmateriaal (Figuur 8: nr. 4). Deze plaatmaterialen zijn dezelfde die gebruikt worden voor de opbouw van een niet-dragende binnenmuur (zie punt 2 'Niet-dragende binnenmuur'). Op deze afwerkingslaag kan eventueel nog een verlaag of behangpapier aangebracht worden (Blaazer et al., 2006).

5. Buitenafwerking

Voor de gevel zijn er verschillende afwerkingsmogelijkheden (Figuur 8: nr. 5). Net als bij een binnenmuur is het mogelijk om een gevelmuur af te werken met een pleisterlaag (weliswaar een andere soort dan de binnenbepreistering). Daarnaast zijn er steenachtige mogelijkheden, waaronder de klassieke gevelsteen, beton en natuursteen gecategoriseerd worden. Bakstenen worden gemetseld of gelijmd, al dan niet met een voeg die opgevuld wordt met een (gekleurde) mortel. Een betonafwerking kan uitgevoerd worden met betonmetselstenen of met grotere elementen in sierbeton. Voor een afwerking met natuursteen bestaan verschillende mogelijkheden: veel voorkomend is een afwerking in blauwe hardsteen, maar verder is ook leisteen, zandsteen, marmer, enz. mogelijk. Verder zijn er ook nog enkele 'speciale' materialen, zoals de gevelpan en gevelleien. Een volgende categorie zijn de houten gevelafwerkingen. Houten planken of latten worden dan in horizontale of verticale richting via een achterliggend regelwerk als gevelmuur bevestigd. Ook houten shingles kunnen onder deze categorie geplaatst worden. Voor de gevelafwerking in hout wordt gebruik gemaakt van de Europese en Amerikaanse naaldhoutsoorten zoals bv. vurenhout, grenenhout of Western red Cedar. Vervolgens zijn er de metalen gevelafwerkingen met zink, koper, aluminium, roestvrij staal en cortenstaal als veel voorkomende metalen. Tot slot kan een gevelmuur ook afgewerkt worden met kunststofplaten (bv. Trespa) of volgens het idee van een groengevel (Deloof, Lemmens, & De Wilde, 2011).

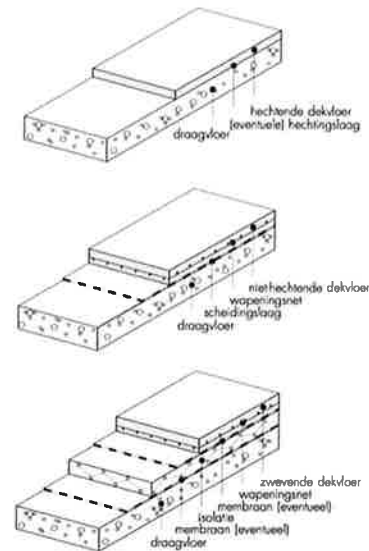
¹⁴ Bij een renovatie is het niet altijd mogelijk om isolatie aan te brengen aan de buitenzijde van de dragende structuur van de buitenmuur. Hier wordt dan langs de binnenzijde geïsoleerd. Dit resulteert wel in oppervlakte- en volumeverlies in de woning.

1. Dragende elementen - vloer op volle grond

De dragend laag van een vloer op volle grond wordt uitgevoerd in (gewapend) beton en wordt ter plaatste gestort (Figuur 10: nr. 1).

2. Niet-dragende elementen - vloer op volle grond

De dekvloer (een mengsel van een bindmiddel (bv. cement of anhydriet), water, vulstoffen (bv. zand of grind) en eventuele hulpstoffen) heeft geen dragende functie in het vloerpakket, maar is de laatste constructieve afwerklaag voor de eigenlijke vloerafwerking geplaatst wordt (ook wel 'chape' genoemd) (Figuur 10: nr. 2). De dekvloer kan hechtend, niet-hechtend of zwevend zijn (Figuur 11). Bij een vloer met hechtende dekvloer wordt de dekvloer rechtstreeks op de draagvloer geplaatst¹⁷. Bij een vloer met een niet-hechtend dekvloer wordt de dekvloer van de draagvloer gescheiden met behulp van een scheidingslaag (zie 2.2.2.1 punt 5 'Tussenlagen – vloer op volle grond'). Bij een vloer met zwevende dekvloer worden tussen de draagvloer en dekvloer scheidingslagen en een isolatielaag voorzien. Een dekvloer is. De dekvloer wordt doorgaans altijd gewapend (Van Laecke, 1993).



Figuur 11: Hechtende, niet-hechtende en zwevende dekvloer
Bron: (Van Laecke, 1993)

Een ander niet-dragende laag in de vloeropbouw is de uitvullaag (mengsel van zand, cement en water of ongewapend beton). Deze laag heeft twee functies, enerzijds het wegwerken van leidingen, buizen of kokers en anderzijds het wegwerken van eventuele oneffenheden in de draagvloer. Bij een vloer met hechtende dekvloer of niet-hechtende dekvloer wordt de uitvullaag voorzien tussen de draagvloer en dekvloer. Bij een vloer met zwevende dekvloer wordt de uitvullaag geplaatst tussen de draagvloer en de isolatie (Figuur 10: nr. 2).

3. Isolatie - vloer op volle grond

De vloer op volle grond is steeds voorzien een thermische isolatielaag. De isolatielaag wordt geplaatst tussen de draagvloer en de dekvloer (zwevende dekvloer) of onder de dragende laag en is opgebouwd uit een drukvast, isolerende materiaal. Voor de isolatielaag kunnen polyurethaanschuim (PUR), polyisocyanuraat (PIR) of geëxpandeerd polystyreen (EPS) platen gebruikt worden. Wanneer gewerkt worden met glas- of rotswool wordt deze in een regelwerk geplaatst. Belangrijk bij deze isolatielaag is de aansluiting met de muurisolatie (m.b.v. cellenbetonblok) (zie ook 2.2.1 punt 3 'Isolatie in een muur') (Figuur 10: nr.3).

4. Afwerking - vloer op volle grond

Voor de afwerking van een vloer bestaat een heel assortiment van materialen: van een ruwe afwerking in beton, tot een sierlijke afwerking in hout. Verder zijn er de keramische tegels of de tegels in natuursteen. Verder bestaan er ook vloerafwerkingen in kunststof (vb. laminaatvloeren) (Figuur 10: nr. 4).

¹⁷ Deze techniek wordt nog amper toegepast.

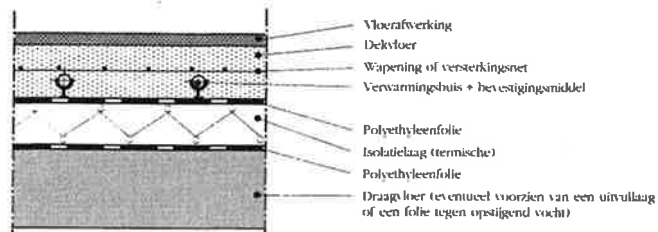
5. Tussenlagen - vloer op volle grond

Een vloer op volle grond heeft verschillende tussen- of scheidingslagen (afhankelijk van de soort dekvloer) (zie Figuur 11 & Figuur 10: nr. 5) waarvoor steeds een kunststoffolie gebruikt wordt. De scheidingslaag is een vochtwerende laag en voorkomt dus het vochttransport tussen de verschillende lagen (Van Laecke, 1993).

6. Bijkomende elementen - vloer op volle grond

Vloerverwarming

Een vloer kan ook voorzien worden van vloerverwarming. Deze kan enkel geplaatst worden een vloer met een zwevende dekvloer. Verwarmingsbuizen worden dan ingewerkt in een gewapende dekvloer (Figuur 12).



Figuur 12: Detail: opbouw van een vloer met vloerverwarming
Bron:(Van Laecke, 1989)

Randisolatie

Bij een vloer met niet-hechtende of zwevende dekvloer wordt steeds randisolatie (gemaakt van polyethyleen schuim (PE-schuim)) geplaatst. Deze isolatie heeft twee functies: 1) door de scheidingslaag heeft de dekvloer een zekere bewegingsmarge, waardoor de dekvloer kan uitzetten, bewegen of krimpen zonder te scheuren/barsten. 2) het vermijden van geluidsbruggen (akoestische functie) (Figuur 10: nr. 6).

2.2.2.2 De tussenvloer

Doorgaans wordt een tussenvloer op dezelfde wijze opgebouwd als een vloer op volle grond. Enkel de mogelijkheden van de dragende elementen is groter, daarom worden deze hieronder besproken. Verder kan de isolatie in een tussenvloer niet enkel een thermische, maar ook een akoestisch functie krijgen. De materialen van de isolatie blijven hiervoor wel dezelfde.

1. Dragende elementen - tussenvloer

Volgens hun draagsysteem kunnen tussenvloeren opgedeeld worden in twee groepen: de ribbenvloeren en de plaatvloeren. Beide systemen kunnen opgebouwd worden met verschillende materialen nl. beton, staal, hout of gebakken klei.

Plaatvloeren zijn doorgaans in beton met als meest voorkomend toepassing: welfsels, predallen (breedvloerplaten) (Figuur 10: nr. 1) of een ter plaatste gestorte vloer. Voor een ribbenvloer bij massiefbouw is het meest gekende systeem dat van 'balken en potten', gemaakt uit gebakken klei. Indien gewerkt wordt met houten balken, wordt de tussenruimte opgevuld met een plaatmateriaal.

2. Afwerking - tussenvloer

In het geval van een tussenvloer moet de onderkant van de vloer (plafond) afgewerkt worden. Net als bij muren kan dit gebeuren met pleisterwerk of een plaatmateriaal (verlaagd plafond).

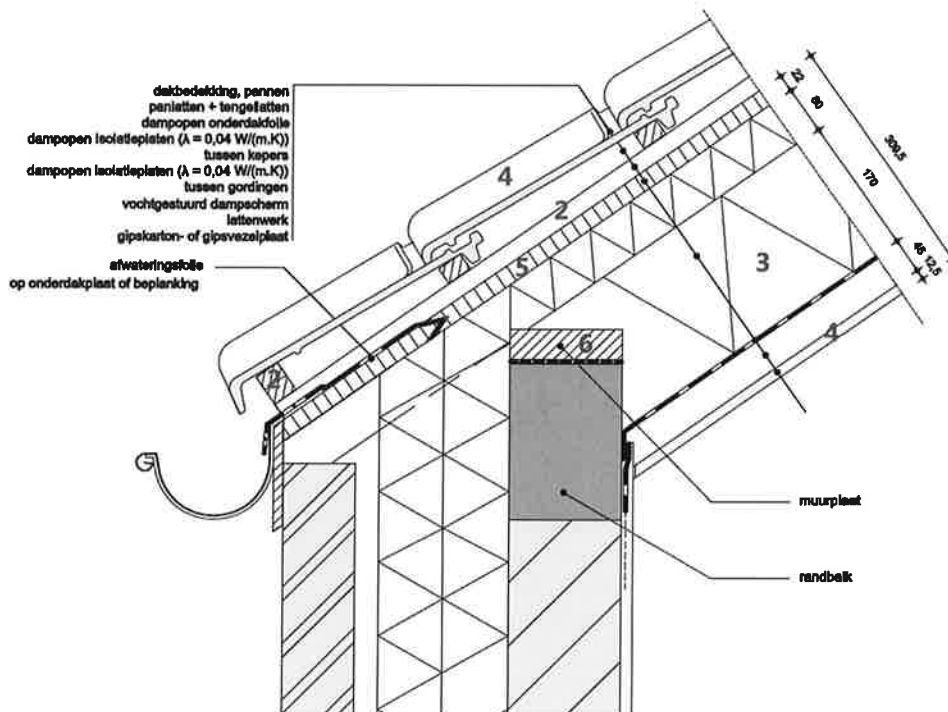
3. Extra - tussenvloer

Er moet extra aandacht besteedt worden aan de isolatie van een tussenvloer boven een kelder. Bij een standaard tussenvloer wordt de isolatie tussen de draagvloer en de dekvloer geplaatst, maar bij een tussenvloer boven een kelder is het ook mogelijk om de isolatie langs de onderzijde van de draagvloer aan te brengen.

2.2.3 Opbouw daken

2.2.3.1 Het hellend dak

Bij de opbouw van hellende daken wordt een onderscheid gemaakt tussen een gordingendak en een keperdak. Bij een gordingendak worden de constructiebalken van muur tot muur geplaatst, de overspanning verloopt dus horizontaal. Bij een keperdak worden de constructiebalken van de nok van het dak en de dakvoet geplaatst. De constructiebalken worden evenwijdig geplaatst met de muren. De keuze tussen een gordingen- en keperdak is afhankelijk van het planconcept en de structurele mogelijkheden.



Figuur 13: Detail: opbouw van een hellend dak (massiefbouw)
Bron: (Passiefhuis-Platform vzw, unknown)

1. Dragende elementen - hellend dak

Bij een gordingendak zijn de dragende elementen, zoals het woord zelf zegt, de gordingen. Deze balken worden horizontaal van muur tot muur geplaatst. Op deze gordingen worden er loodrecht kepers geplaatst. Deze twee balken vormen de draagconstructie voor een gordingen dak. Bij een keperdak vormen de kepers de dragende structuur. Deze balken worden van muurvoet tot de nok van het dak geplaatst. Er bestaat ook een mogelijkheid om in plaats van kepers, spanten te plaatsen. Ondanks de verschillende keuzes heeft een hellende dak een houten draagstructuur.

2. Niet-dragende elementen - hellend dak

De niet-dragende elementen van een hellend dak zijn de tengellatten en de panlatten (hout). De tengellatten worden op de kepers bevestigd (dezelfde richting) en zorgen voor een ruimte tussen de panlatten en de onderdakfolie, waardoor regenwater kan afgeleid worden naar de dakgoot. Dwars op de tengellatten worden de panlatten geplaatst. Deze doen dienst als drager voor de dakafwerking (Figuur 13: nr. 2). De nokbalk wordt geplaatst in de nok van het dak en zorgt, net zoals eventuele gordingen, voor de horizontale stabiliteit van het dak.

3. Isolatie- hellend dak

De isolatie bij een hellend dak, zowel een gordingen- als een keperdak, wordt geplaatst tussen de kepers. Het meest gebruikte materiaal voor deze isolatie is glas of rotswol (voorzien van een dampscherm). Om de koudebruggen aan de kepers weg te werken bestaat de mogelijkheid om onder de kepers, aan de binnenzijde van de woning, een extra isolatielaag te voorzien. Dit kan zijn met glas- of rotswol maar ook isolatieplaten als XPS-platen, EPS-platen of PUR-platen kunnen hiervoor gebruikt worden (Figuur 13: nr. 3).

4. Afwerking - hellend dak

Voor de buitenafwerking van een hellend dak wordt doorgaans gekozen voor dakpannen, gemaakt uit beton of gebakken aarde. Daarnaast is er ook de mogelijkheid om leien te leggen of kan het hellend dak ook afgewerkt worden met metalen golfplaten, aluminium-, koper- of zinkplaten. Ook kan gekozen worden voor een rieten of houten dakafwerking. Naast de afwerking aan de buitenzijde kan een dak ook worden afgewerkt aan de binnenzijde. Tegen de kepers of gordingen wordt dan een plaatmateriaal aangebracht (zie 2.2.1 punt 4 'Binnenafwerking van een muur') dat daarna eventueel gepleisterd en geschilderd kan worden (Figuur 13: nr. 4).

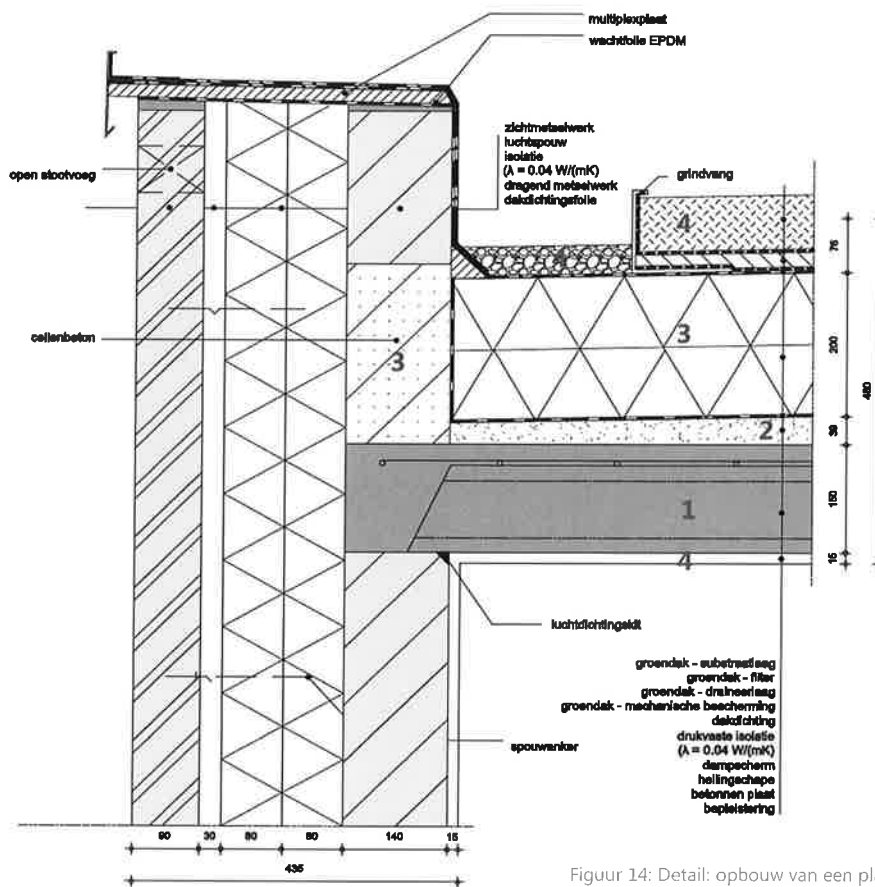
5. Tussenlagen - hellend dak

De onderdakfolie wordt geplaatst tussen de draagstructuur (gordingen en/of kepers) en de tengellatten en is waterdicht maar dampdoorlatend. De onderdakfolie is gemaakt uit kunststof, meestal PVC. Het is ook mogelijk om deze folie te vervangen door een plaatmateriaal, bv. vezelcementplaat. Net als in een muur moet in een dakconstructie een dampscherm aanwezig zijn, wat vaak al geïntegreerd is in de isolatie (zo ver mogelijk aan de binnenzijde om inwendige condensatie tegen te gaan).

6. Bijkomende elementen - hellend dak

Een extra element dat bij een hellend dak steeds voorzien moet worden is de muurplaat of ringbalk, die zorgt voor de verbinding tussen de muur en het dak. Aan dit element worden de dragende elementen van het dak bevestigd waardoor de krachten van het dak worden overgedragen naar de muren en verder naar de funderingen. Wanneer dit element is opgebouwd uit (on)gewapend beton wordt het ringbalk genoemd. De balk wordt dan ter plaatste gestort. Wanneer dit een houten balk is, krijgt deze de naam muurplaat. De verbinding tussen de muur en de muurplaat wordt gemaakt met een muuranker (een draadstang) (Figuur 13: nr. 6).

2.2.3.2 Het plat dak



Figuur 14: Detail: opbouw van een plat dak (massiefbouw)
Bron: (Passiefhuis-Platform vzw, unknown)

1. Dragende elementen - plat dak

De mogelijkheden voor de dragende elementen van een plat dak zijn dezelfde als deze van een tussenvloer: beton, staal, hout of gebakken klei. Bij een plat dak moet echter steeds rekening worden gehouden met extra belastingen afkomstig van regen, wind of sneeuw (Figuur 14: nr. 1).

2. Niet-dragende elementen - plat dak

Op het dragend element van een plat dak komt een hellingschape om het regenwater van het dak af te leiden (wordt dus naar de waterafvoer gelegd). Net als een uitvullaag of dekvloer wordt een hellingschape samengesteld uit een mengsel van zand, cement en water (en eventuele hulpstoffen) (Figuur 14: nr. 2).

3. Isolatie - plat dak

Bovenop de hellingschape wordt op het dak de drukvaste isolatie voorzien. Dit kunnen PUR-platen, PIR-platen of EPS-platen zijn. Bij de isolatie moet ook steeds gecontroleerd worden of er reeds een damp scherm aanwezig is, anders moet dit geplaatst worden aan de warme zijde van de isolatie. Een ander aandachtspunt is dat de isolatie van het plat dak in verbinding moet staan met de muurisolatie. Hiervoor wordt een cellenbetonblok geplaatst bovenaan in de draagmuur (Figuur 14: nr. 3).

4. Afwerking - plat dak

Voor de buitenafwerking van een plat dak zijn er verschillende mogelijkheden: de meest gebruikte materialen zijn rooﬃng (een bitumineuze afwerking), een EPDM-folie of een PVC-folie, wanneer deze niet mechanisch bevestigd worden, wordt een ballastlaag voorzien. Een speciale variant van het plat dak is het groendak, waarbij er extra lagen voorzien worden (bovenop de gebruikelijke lagen) waardoor planten kunnen groeien op het dak. Langs de binnenzijde (plafondzijde) kan een plat dak afgewerkt worden met pleisterwerk of met een plaatmateriaal (verlaagd plafond) (Figuur 14: nr. 4).

2.2.4 Andere elementen

1. Funderingen

De fundering zorgt ervoor dat de lasten van de woning en die op de woning terecht komen (wind-, regen- of sneeuwlast) worden overgedragen naar de ondergrond. Een fundering kan opgebouwd zijn volgens verschillende principes, afhankelijk van het gebouw, een lichte of een zware constructie en van de ondergrond, een stabiele of onstabiele ondergrond. Voor woningen zijn de meest voorkomende funderingsprincipes funderingen op staal, paalfunderingen of putfunderingen. Deze worden in (gewapend) beton uitgevoerd (Figuur 8). De verschillende funderingstypes worden ook toegepast bij de andere constructietypes in deze scriptie.

De uitvoering van een fundering kan op twee manieren: 1) de funderingssleuven worden uitgegraven, waarna de uitgegraven zone opgevuld wordt met (gewapend) beton of 2) een verloren bekisting wordt gebruikt bij het storten van de fundering. Deze laatste uitvoering komt bij woningbouw zeer weinig voor.

2. Dragende elementen

Een dragende muur heeft als functie het dragen van de vloer(en) en dak van een woning, maar in een woning kan een dragende muur vervangen of extra ondersteund worden door een kolom. Een kolom kan opgebouwd worden uit metselwerk, staal, beton of hout.

Een volgend dragend element dat eventueel in een muur verwerkt kan zijn is de balk. De balk wordt voorzien boven een wandopening (nl. deur, raam of poort) afhankelijk van de gevelafwerking. Een balk dient om de belastingen boven de wandopeningen over te brengen op de zones naast de wandopening. Een balk kan uitgevoerd worden in beton, staal, natuursteen, hout of een combinatie van gebakken aarde en beton. Aansluitend bij de balk is er de geveldrager. Deze wordt ook geplaatst boven een wandopening, maar heeft als functie het dragen van de bovenliggende muur. De geveldrager is beter gekend onder de naam 'L-ijzer' en is een stalen element.

3. Schrijnwerk

Een muur bevat muuropeningen, waarin schrijnwerk geplaatst wordt (ramen, deuren of poorten). Voor deze elementen bestaan verschillende materialen, maar de meest voorkomende zijn aluminium, kunststof (bv. pvc) of hout. In het geval van een raam wordt dit schrijnwerk opgevuld met (enkel), dubbel of driedubbel glas. Bij deze elementen horen ook dorpels of vensterbanken, deze worden doorgaans uitgevoerd in natuursteen of aluminium.

4. Trappen

Een laatste constructieonderdeel dat in woningen met meerdere verdiepingen aanwezig is, is de trap. Er zijn betonnen trappen, geprefabriceerd of ter plaatst gestort. Deze kunnen in hun ruwe vorm gelaten worden, maar worden meestal nog afgewerkt met een andere materiaal, bijvoorbeeld hout of natuursteen. Een trap kan ook gemaakt worden uit hout en/of staal.

2. Niet-dragende muren

Niet-dragende muren kunnen opgebouwd worden volgens hetzelfde stijl- en regelwerk als de dragende muur. Een niet-dragende muur is doorgaans smaller dan een dragende muur (idem massiefbouw). Voor de afwerking wordt gebruik gemaakt van plaatmaterialen, bv. gipskartonplaten, gipsvezelplaten, houtvezelplaten (MFD-plaat¹⁸) en spaanplaten (OSB-plaat¹⁹) die bevestigd worden het houten frame (zie ook 2.2.1 punt 2. Niet-dragende muren).

3. Isolatie

De isolatie bij een woning met een houtskelet kan op meerdere plaatsen voorzien worden. Bij een dragende buitenmuur wordt de isolatie geplaatst tussen het stijl- en regelwerk, het isolatiepakket heeft dan dezelfde dikte als de dragende muur. Ook aan de binnen- en buitenzijde van de dragende muur kan extra isolatie worden voorzien. Dit is het grote verschil met een woning volgens het principe van massiefbouw. Door het gebruik van een skelet kan het dragende element (stijl- en regelwerk) gecombineerd worden met de isolatie (tussen het skelet), wat leidt tot dunnere muren en minder plaatsverlies door isolatie dan bij massiefbouw (Van Steenkiste, 2012). Ook bij niet-dragende muren kan isolatie op dezelfde manier voorzien worden. Meestal gaat het dan niet over thermische isolatie maar doet de isolatie dienst als akoestische buffer. Tot slot ook bij een woning met een houtskelet wordt onderaan de (niet-) dragende muur een cellenbetonblok voorzien, gezien ook hier een verbinding gemaakt moet worden tussen de isolatie van de muur en de vloer (Figuur 15: nr.3).

4. Binnenafwerking en buitenafwerking

Voor alle constructietypes kunnen ongeveer dezelfde afwerkingsmaterialen gebruikt worden, dit voor zowel de binnen- als buitenzijde (zie ook 2.2.1. punt 4 'Binnenafwerking' & punt 5 'Buitenafwerking') (Figuur 15: nr. 4).

5. Tussenlagen

Een tussenlaag bij een houtskeletbouw is de bebording tegen het stijl- en regelwerk, die zorgt voor het verstijven en dichtmaken van de structuur. Aan de buitenzijde van de dragende structuur wordt een dampopen plaatmateriaal gebruikt, bv. houtvezelplaten (MDF-plaat), en aan de binnenzijde gebruikt men een dampremmende plaat bv. de spaanplaten (OSB-plaat). Bij het dichtmaken van een niet-dragend binnenmuur is het materiaal van de bebording van minder belang omdat daar minder rekening moet worden gehouden met mogelijk damptransport (Figuur 15: nr. 5).

6. Bijkomende elementen

Muurplaat

Om bij de muurvoet de overgang te maken van de steenachtige materialen (fundering en cellenbetonblok) en de houten structuur wordt een houten muurplaat (meestal Europees naaldhout) voorzien. Op deze muurplaat wordt de verdere structuur bevestigd (Figuur 15: nr. 6).

¹⁸ De Medium Density Fibreboard plaat (Blaazer et al., 2006)

¹⁹ De Oriented Strand Board plaat (Blaazer et al., 2006)

2.3.2 Opbouw vloeren

2.3.2.1 De loer op volle grond

Een vloer op volle grond bij een houtskeletbouw is volledig hetzelfde als bij een massiefbouw. Na de plaatsing van de (gewapend) betonnen fundering wordt een gewapend betonnen vloer geplaatst. Verdere lagen zijn de isolatie, een eventuele uitvullaag, de dekvloer, de tussenlagen en de afwerking (zie ook 2.2.2.1 'De vloer op volle grond').

2.3.2.2 De tussenvloer

Voor tussenvloeren van een houtskeletbouw zal zoveel mogelijk gebruik gemaakt worden van een houten ribbenvloer, waarop dezelfde (afwerkings)lagen worden aangebracht als bij een vloer op volle grond. Bij een tussenvloer in een houtskeletbouw moet voldoende aandacht geschonken worden aan de akoestische isolatie omwille van de beperkte massa van de constructie (zie ook 2.2.2.2 'De tussenvloer').

2.3.3 Opbouw daken

2.3.3.1 Hellend dak

Een hellend dak kan worden opgebouwd uit houten gordingen en/of kepers (zie ook 2.2.3.1 'Het hellend dak').

2.3.3.2 Plat dak

Voor de opbouw van een plat dak gaat de voorkeur uit naar een draagstructuur in hout (ribbenstructuur). De rest van de opbouw is gelijkaardig aan deze van de massiefbouw (zie ook 2.2.3.2 'Plat dak').

2.3.4 Andere elementen

1. Funderingen

Het materiaal en het systeem van de funderingen van een houtskeletbouw komen overeen met de funderingen van een massiefbouw. Ze worden opgebouwd uit (gewapend) beton (zie ook 2.2.4 punt 1 'Funderingen'). Een houtskeletbouw heeft qua funderingssysteem wel een voordeel t.o.v. massiefbouw: het heeft een lichtere constructie waardoor de funderingen minder lasten moeten opvangen. Hierdoor is het ook mogelijk om te bouwen op gronden met een slecht draagkracht. Funderingen kunnen doorgaans ook goedkoper worden uitgevoerd omdat wapening niet altijd nodig is (Van Steenkiste, 2012).

2. Dragende elementen

Ook bij een houtskeletbouw kan een dragende muur vervangen worden door een kolom uit hout, staal, beton of metselwerk. Bij een houtskeletbouw zal de voorkeur echter uitgaan naar een houten kolom, indien deze voldoet aan de sterkte-eisen voor het opvangen van de lasten. Een ander dragend element dat eventueel aanwezig kan zijn in een muur is de balk. Deze komt voor boven een wandopening (nl. deur, raam of poort). Ook deze kan uitgevoerd worden in verschillende materialen (zie ook 2.2.4 punt 2 'Dragende elementen') maar de voorkeur bij een houtskeletbouw gaat naar een houten balk.

3. Schrijnwerk

Idem aan 2.2.4 punt 3 'Schrijnwerk'.

4. Trap

Ook in een houtskeletbouw wordt een trap geïntegreerd wanneer er meerdere bouwlagen aanwezig zijn in de woning. Deze kan gemaakt worden uit hout, staal of beton (zie ook 2.2.4 punt 4 'Trap').

2.4 Staalbouw

Staalbouwwoningen hebben een draagstructuur opgebouwd uit stalen elementen en zijn slechts in zeer kleine aantallen aanwezig in het Vlaamse gebouwenpatrimonium. Samen met de betonbouwwoningen vertegenwoordigen zij slechts 2% van de Vlaamse woningen opgebouwd volgens dit systeem.

Gezien de opbouw van een staalbouwwoning zeer gelijkaardig is aan een houtskeletbouwwoning, worden hieronder enkel de grootste verschillen aangehaald. Deze worden echter niet meer opgedeeld per constructieonderdeel. Net als bij een houtskeletbouwwoning wordt ook bij staalbouwwoning gebruik gemaakt van een stijl- en regelwerk, uitgevoerd in staal weliswaar. Tussen het stijl- en regelwerk wordt de isolatie geplaatst. Daarnaast wordt ook een extra isolatielaag voorzien tegen de structuur (binnen- en buitenzijde) om koudebruggen aan de stijlen te vermijden. Niet-dragende muren kunnen ook in staal uitgevoerd worden of kunnen opgebouwd worden met een plaatmateriaal op een (houten of) stalen frame.

Voor de opbouw van de vloeren wordt de voorkeur gegeven aan een stalen draagstructuur (stalen ribbenvloer). Ook voor het plat dak wordt een voorkeur gegeven aan een stalen draagstructuur. Voor een hellend dak wordt gebruik gemaakt van de techniek en materialen die toegepast worden bij een massiefbouwwoning.

2.5 Betonbouw

Bij een betonbouwwoning bestaat de draagconstructie uit beton en samen met de staalbouwwoningen zijn ze in zeer kleine aantallen (2%) aanwezig in het Vlaamse gebouwenpatrimonium.

Bij een gedetailleerde bestudering van de opbouw van een betonbouwwoning kan een gelijkenis gezien worden met de massiefbouwwoning. Daarom worden ook hier enkel de grootste verschillen aangehaald, zonder een opdeling per constructieonderdeel. Zowel een betonbouwwoning als een traditionele woning worden opgebouwd met steenachtige materialen. Het grote verschil tussen deze twee is het materiaal van de dragende muren: bij een betonbouwwoning zijn de muren opgebouwd uit (gewapend) beton (ter plaatste gestort worden of geprefabriceerd), dit in tegenstelling tot de traditionele steenachtige opbouw van de draagmuur. Bij de opbouw van de vloeren en het plat dak zal een voorkeur gegeven worden aan een draagstructuur in beton (ook vaak bij massiefbouw). Dit kan volgens het principe van de ribbenvloeren of de plaatvloeren. Een hellend dak kan opgebouwd worden met dezelfde technieken en materialen die gebruikt worden bij een massiefbouwwoning.

2.6 Besluit

Uit deze bespreking van de verschillende constructietypes is vast te stellen dat de constructietypes onderling toch veel gelijkenissen hebben. Het grootste verschil zit steeds in de opbouw van de muren. Massiefbouw en betonbouw kennen eerder een gelijkaardige lagenopbouw: de isolatie kan niet geïntegreerd worden in de draagstructuur. Bij een houtskeletbouw en een staalbouw kan dit wel, met het voordeel dat muren dunner gemaakt kunnen worden en er minder ruimteverlies is bij een hogere isolatiegraad. Een groot voordeel van een massief- of betonbouw daarentegen is net die zware constructie (door massieve beton en steenachtige materialen). Hierdoor hebben beide constructietypes een hoge thermische inertie, die ervoor zorgt dat de temperatuurschommelingen in huis eerder beperkt blijven, wat niet het geval is voor een houtskeletbouw of een staalbouw.

De meeste materialen komen ook op regelmatige basis terug in de verschillende constructietypes. Een fundering is altijd opgebouwd uit (gewapend) beton. Voor de (dragende) muren verschillen de materialen afhankelijk van de keuze van het constructietype dat zijn naam te danken heeft aan het materiaal voor de opbouw van deze dragende muren. Zo heeft een massiefbouw dragende muren uit een steenachtig materiaal, een houtskeletbouw uit hout, een staalbouw uit staal en een betonbouw uit (gewapend) beton. Voor de draagstructuur van een vloer zijn er steeds verschillende mogelijkheden, die kunnen variëren afhankelijk van de keuze van de bouwheer (in samenspraak met de architect en eventueel andere partijen zoals ingenieur, etc.), het prijskaartje, de draagkracht van de muren, enz... Zo moet er bijvoorbeeld een controle worden uitgevoerd naar de draagkracht wanneer een betonnen vloer geplaatst zou worden in een houtskeletbouw, wat theoretisch gezien wel mogelijk is, maar praktisch niet wordt uitgevoerd. Idem wanneer een houten vloer wordt voorzien in een betonbouwwoning. Doorgaans wordt gekozen voor het doortrekken van dezelfde soorten materialen voor het uitwerken van de draagstructuur van de verschillende constructieonderdelen. Voor de afwerking (zowel binnen in de woning als aan de buitenzijde voor gevel en dak) is er ook een ruime keuze aan materialen, en ook hier zal de bouwheer een keuze maken en zal zijn persoonlijke smaak de hoofdrol spelen.

Vlaamse woningen en de
Verschillende woningtypologieën

HOOFDSTUK 3

3. Vlaamse woningen en de verschillende woningtypologieën

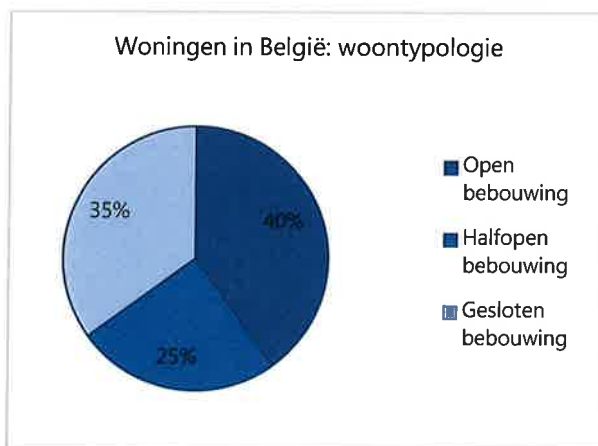
3.1 Woningtypologieën

Vlaanderen kent heel wat verschillende woningtypologieën, maar binnen deze scriptie worden slechts drie verschillende typologieën van ééngezinswoningen bestudeerd, nl. open bebouwing, halfopen bebouwing en gesloten bebouwing. Bij een open bebouwing staat de woning volledig vrij en deelt deze geen enkele gevel met een andere woning. Bij een halfopen bebouwing grenst de woning met één gevel aan een andere woning. Bij een gesloten bebouwing (rijwoning) grenst de woning met twee gevels aan andere woningen, één woning links en één woning rechts.

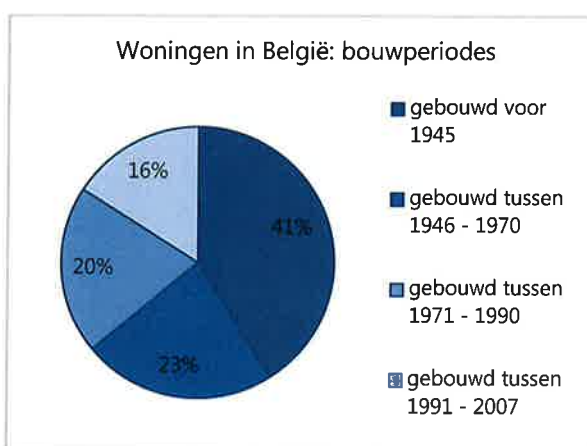
3.2 Cijfers

3.2.1 Woningtypologieën en het bouwjaar

Door gebrek aan cijfers van enkel het Vlaamse gebouwenpatrimonium wordt dit onderdeel besproken op Belgisch niveau. Het gebouwenpatrimonium in België bestaat voor 75% uit woningen, zowel in open, halfopen als gesloten bebouwing. De overige 25% is het aandeel appartementen, hoogbouw, openbare gebouwen,... Deze laatste zullen in deze scriptie niet verder behandeld worden. Het grootste aandeel van deze woningen zijn woningen in een open bebouwing (40%) (Grafiek 2). Verder wordt er gekeken naar de periodes waarin deze woningen met een verschillende woontypologie gebouwd zijn. 41% van de Belgische woningen is gebouwd voor 1945. Dit gaat over bijna de helft van de woningen. Uit dit cijfer is af te leiden dat de woningbouw in België tijdens de Tweede Wereldoorlog redelijk in tact is gebleven. Na de oorlogsperiode, tussen 1946 en 1970, werd nog eens bijna één vierde van het Belgische woonpatrimonium gebouwd. Hieruit is ook af te leiden dat meer dan 60% van de Belgische woningen 45 jaren of ouder zijn (Grafiek 3).

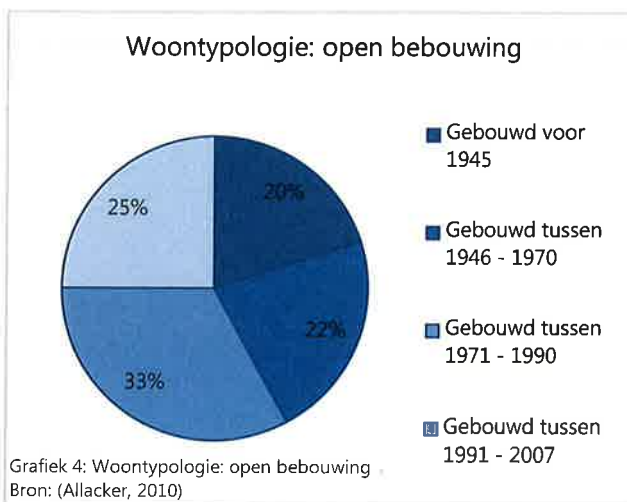


Grafiek 2: Woningen in België: woontypologie
Bron: (Allacker, 2010)

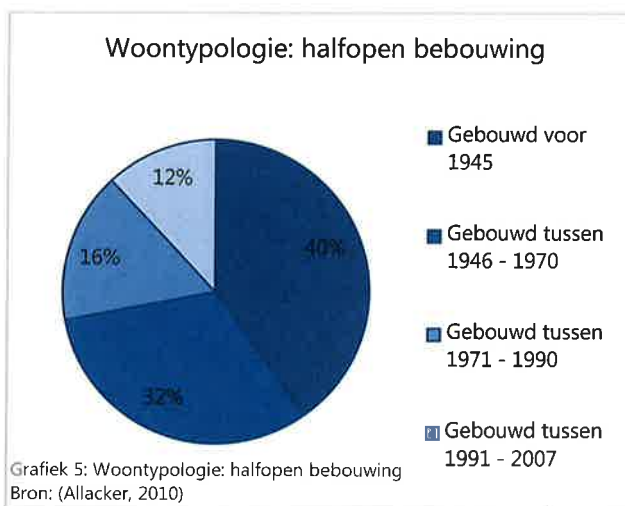


Grafiek 3: Woningen in België: bouwperiodes
Bron: (Allacker, 2010)

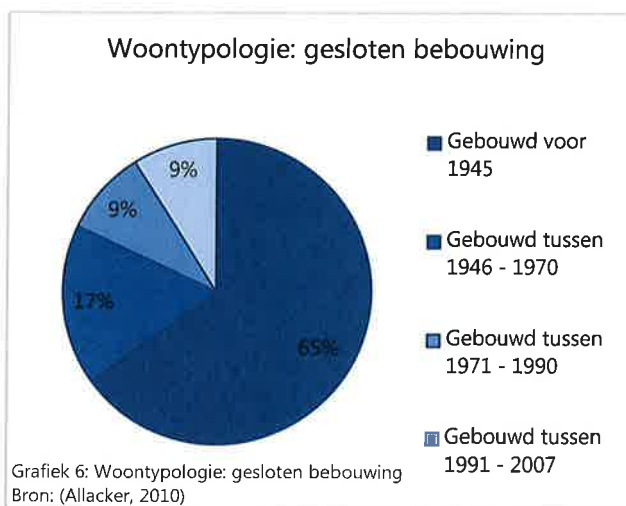
Vervolgens wordt iedere woontypologie op zich en hun evolutie door de jaren heen bekeken. Open bebouwing kende vooral de laatste 36 jaren een opmars: 58% van de woningen in open bebouwing is gebouwd de laatste 36 jaren (33% tussen 1971 en 1991 en 25% tussen 1990 en 2007). Dit grote aantal is in de eerste plaats te verklaren door de premiewoningen van de Wet De Taeye die tijdens de jaren '70 nog gebouwd werden. Deze wet stond voor het bouwen van een eigen ééngesinswoning op een eigen stuk grond op het platteland. Dit idee heeft de Vlaming doorheen de jaren vastgehouden en wordt pas de laatste jaren opnieuw in vraag gesteld door de energiewetgeving of is voor vele niet meer haalbaar door de hoge bouwrijzen. Open bebouwing werd het minst toegepast voor 1945 (Grafiek 4).



40% van de woningen in halfopen bebouwing werd gebouwd voor 1945. Slechts 12% van de woningen in halfopen bebouwing werd gebouwd na 1991. 32% van de woningen in halfopen bebouwing werd gebouwd tussen 1946-1970. Dit is te verklaren door de sociale huisvesting en door grote woninggroepen die tijdens deze periode opgericht werden om de woningnood van de Tweede Wereldoorlog op te vangen (Grafiek 5).

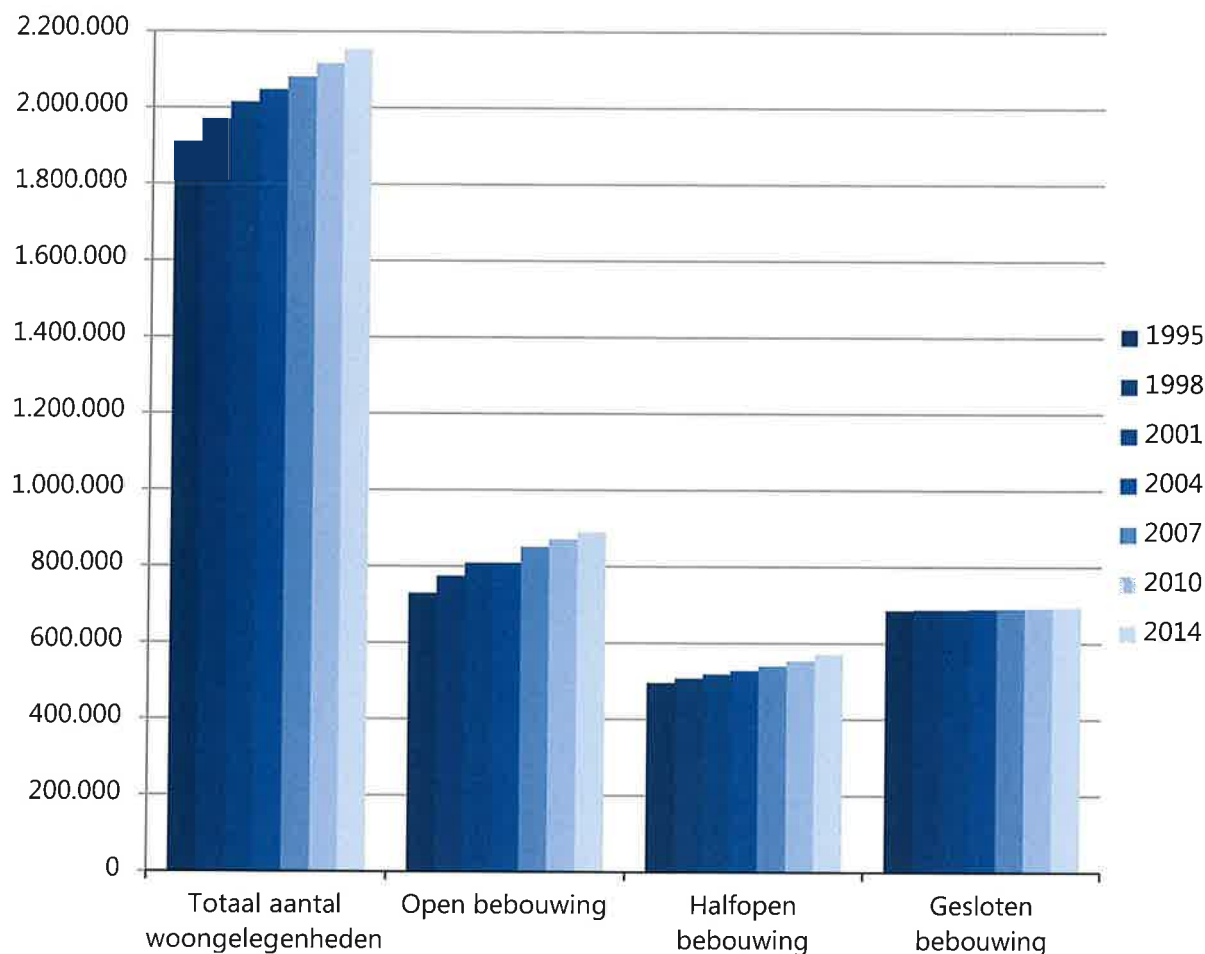


Tot slot werd 65% van de woningen in gesloten bebouwing gebouwd voor 1945. Voor de wereldoorlogen woonden mensen hoofdzakelijk in de stad. De laatste 36 jaren werd slechts 18% van de nieuwe woningen in gesloten bebouwing gebouwd (Grafiek 6).



Er kan op Vlaams niveau wel meer specifiek worden gekeken naar de tendens van de laatste 20 jaren. Deze cijfers hebben betrekking tot het volledige Vlaamse gebouwenpatrimonium m.a.w. zowel de reeds bestaande woningen als de nieuwbouwwoningen worden besproken. Ook hier is het aantal woningen in open bebouwing de laatste jaren nog gestegen: van 38% in 1995 naar 41% vandaag (lichte stijging van 3%). Voor gesloten bebouwing is een lichte daling van 4% vast te stellen (van 36% in 1995 naar 32% in 2014) en voor halfopen bebouwing is een lichte stijging van 1% vast te stellen (van 26% in 1995 naar 27% in 2014) (Grafiek 7 & Tabel 2).

Vlaamse woningtypologieën tussen 1995 en 2014



Grafiek 7: Vlaamse woningtypologieën tussen 1995 en 2014
Bron: (Statistics Belgium, 2013b)

Vlaamse woningtypologieën tussen 1995 en 2014

	TOTAAL aantal woonegelegenheden	Open bebouwing	Halfopen bebouwing	Gesloten bebouwing
1995	1.911.146	38%	26%	36%
1998	1.969.484	39%	26%	35%
2001	2.014.685	40%	26%	34%
2004	2.047.464	39%	26%	34%
2007	2.080.376	41%	26%	33%
2010	2.115.484	41%	26%	33%
2014	2.154.660	41%	27%	32%

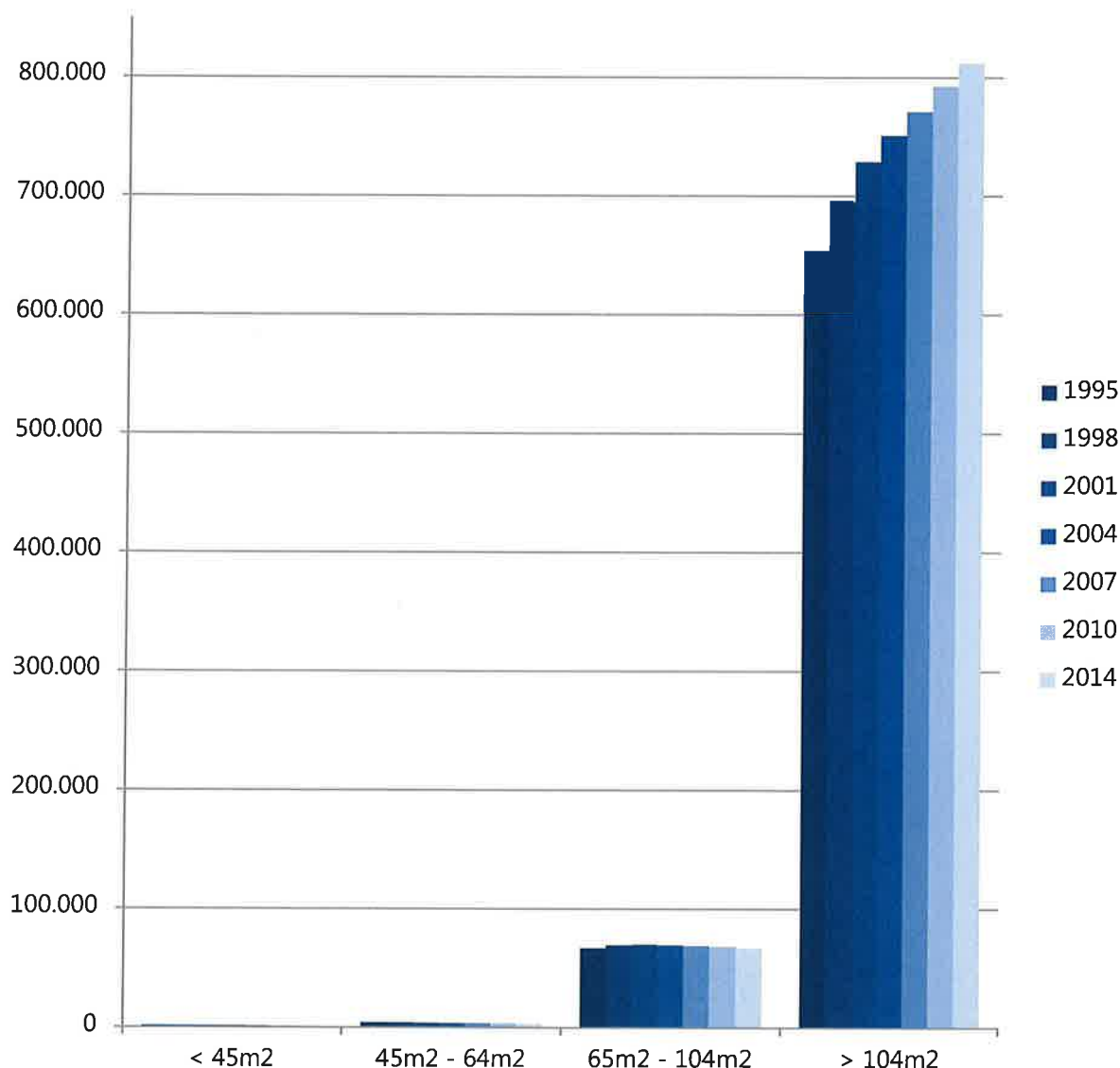
Tabel 2: Vlaamse woningtypologieën tussen 1995 en 2014
Bron: (Statistics Belgium, 2013b)

3.2.2 Woningtypologieën en de bewoonbare vloeroppervlakte

Er kan op Vlaams niveau ook gekeken worden naar de totale bewoonbare vloeroppervlakte van de woningen in relatie tot de woontypologie (open, halfopen en gesloten bebouwing). Ook deze cijfers bevatten zowel de bestaande woningen als de nieuwbouwwoningen in het gebouwenpatrimonium.

Om te beginnen wordt er gekeken naar de woningen in open bebouwing. Opvallend aan deze cijfers is het grote verschil tussen het aantal woningen in de categorieën $<45\text{m}^2$ en $45\text{m}^2 - 64\text{m}^2$, de categorieën $65\text{m}^2 - 104\text{m}^2$ en $>104\text{m}^2$. In 2014 waren er slechts 1.346 woningen in open bebouwing met een bewoonbare vloeroppervlakte kleiner dan 45m^2 , dit in vergelijking met 812.217 woningen met een bewoonbare vloeroppervlakte groter dan 104m^2 . Verder is ook vast te stellen dat het aantal woningen in deze twee eerste categorieën de laatste twintig jaren in dalende lijn zijn en de woningen in de twee laatste categorieën in stijgende lijn zijn. Het grootste aandeel van de woningen in open bebouwing zijn woningen met een bewoonbare vloeroppervlakte groter dan 104m^2 (Grafiek 8).

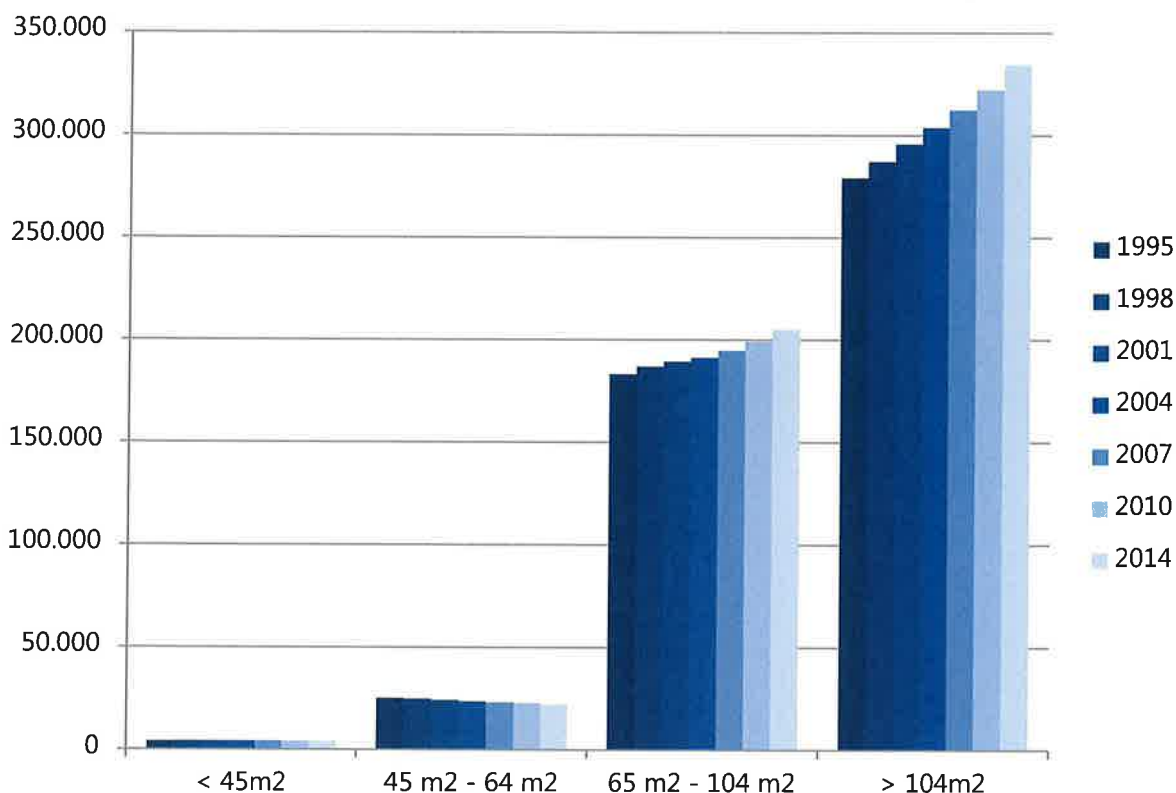
Vloeroppervlakte van Vlaamse woningen in open bebouwing



Grafiek 8: Vloeroppervlakte van Vlaamse woningen in open bebouwing
Bron: (Statistics Belgium, 2013b)

Vervolgens worden de cijfers van de Vlaamse woningen in halfopen bebouwing bekeken. Hoofdzakelijk zijn hier dezelfde tendensen te zien als bij de woningen in open bebouwing. Al is het verschil tussen het aantal woningen in de categorieën $<45\text{m}^2$ en $45\text{m}^2 - 64\text{m}^2$, de categorieën $65\text{m}^2 - 104\text{m}^2$ en $>104\text{m}^2$ minder groot als bij de open bebouwing. Hier is vast te stellen dat er in 2014 4.208 woningen waren in halfopen bebouwing met een bewoonbare vloeroppervlakte kleiner dan 45m^2 . In 2014 waren er 334.445 woningen met een bewoonbare vloeroppervlakte groter dan 104m^2 . Bij de woningen in halfopen bebouwing is ook duidelijk te zien dat het aantal grotere woningen (in de categorieën $65\text{m}^2 - 104\text{m}^2$ en $>104\text{m}^2$) stijgt met de jaren en dat het aantal kleinere woningen (in de categorieën $<45\text{m}^2$ en $45\text{m}^2 - 64\text{m}^2$) de laatste twintig jaren gedaald is. Ook hier is het grootste aandeel van de woningen in halfopen bebouwing een woning met een bewoonbare vloeroppervlakte groter dan 104m^2 (Grafiek 9).

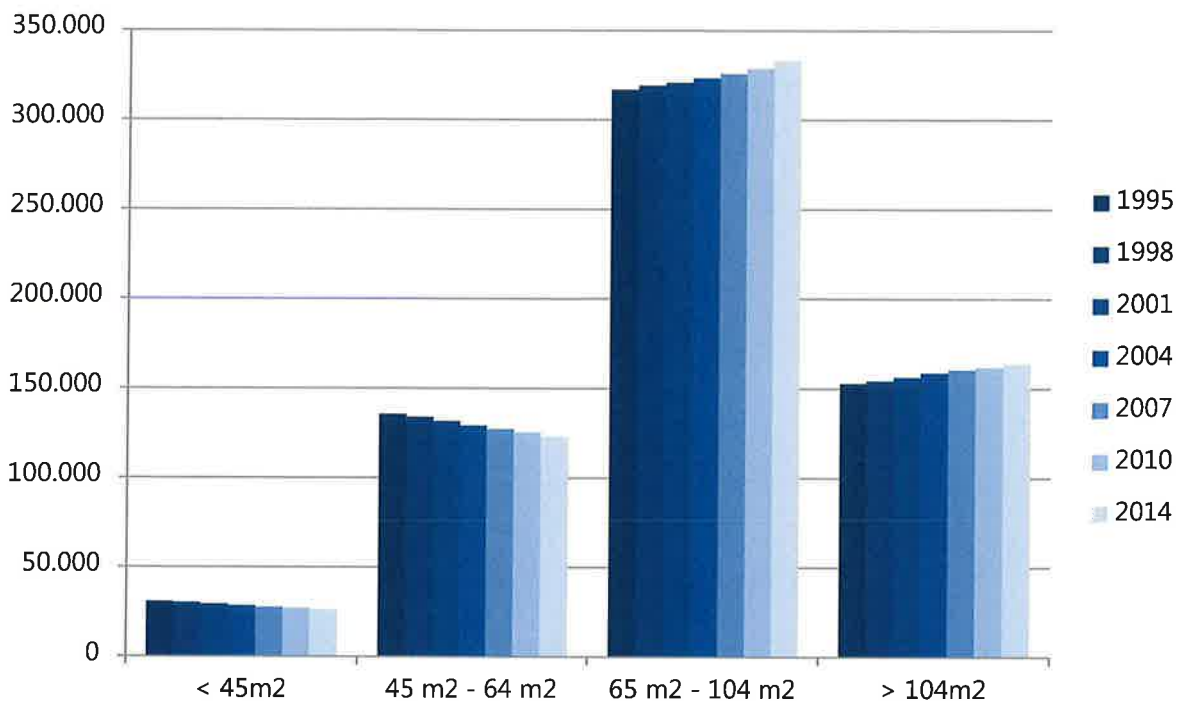
Vloeroppervlakte van Vlaamse woningen in halfopen bebouwing



Grafiek 9: Vloeroppervlakte van Vlaamse woningen in halfopen bebouwing
Bron: (Statistics Belgium, 2013b)

Tot slot worden de cijfers van de woningen in gesloten bebouwing bekeken. Anders dan bij de voorgaande cijfers van open en halfopen bebouwing, heeft hier het grootste aandeel van de woningen een bewoonbare vloeroppervlakte tussen 65m^2 en 104m^2 . In 2014 hadden 27.047 woningen een bewoonbare vloeroppervlakte kleiner dan 45m^2 , 125.305 woningen een oppervlakte tussen 45m^2 en 64m^2 , 328.679 woningen een oppervlakte tussen 65m^2 en 104m^2 en tot slot 161.734 woningen een oppervlakte groter dan 104m^2 . En ook hier is te zien dat het aantal grotere woningen (in de categorieën $65\text{m}^2 - 104\text{m}^2$ en $>104\text{m}^2$) stijgt tijdens de voorbije twintig jaren en dat het aantal kleinere woningen (in de categorieën $<45\text{m}^2$ en $45\text{m}^2 - 64\text{m}^2$) gedaald is (Grafiek 10).

Vloeroppervlakte van Vlaamse woningen in gesloten bebouwing



Grafiek 10: Vloeroppervlakte van Vlaamse woningen in gesloten bebouwing
Bron: (Statistics Belgium, 2013b)

3.2.3 Kritische reflectie

Toch zijn de cijfers van de bewoonbare vloeroppervlaktes uit deze literatuurstudie tegenstrijdig met de huidige realiteit want de Vlaming bouwt de laatste jaren steeds kleiner (Torfs, 2014) (Vanhove, 2014). De besproken cijfers (grafiek 8-10) zijn afkomstig van Statistics Belgium. Door deze instantie worden de verschillende oppervlaktecategorieën (<45m², 45m²-64m², 65m²-104m² en >104m²) vastgelegd en wordt het Vlaamse gebouwenpatrimonium onderverdeeld in deze categorieën. Een Vlaamse woning heeft in 2014 een gemiddelde woonoppervlakte van 128m² (Torfs, 2014). In 2013 was dit nog 142m² (Vanhove, 2014). Ondanks deze daling van 9,85% blijft de bewoonbare vloeroppervlakte nog steeds groter dan 104m², wat overeenstemt met de grootste oppervlaktecategorie van Statistics Belgium. Deze categorisering zegt dus weinig over de reële evoluties binnen het huidige gebouwenpatrimonium in Vlaanderen.

In het rapport 'Korte-termijn opdracht: evolutie vraag en aanbod zand in Vlaanderen' uit 2014 is gezocht naar een evenwicht tussen het oordeelkundige en duurzaam gebruik van zand binnen verschillende sectoren in Vlaanderen. Eén van deze sectoren is de Vlaamse woningbouwsector en wordt dus uitgebreid besproken. In het rapport worden de verwachte tendensen tegen 2040 beschreven voor de verschillende woningtypologieën. Algemeen worden woningen kleiner, dit voor alle typologieën. Voor open bebouwing wordt tegen 2040 een gemiddelde vloeroppervlakte van 135m² verwacht. Voor halfopen en gesloten bebouwing wordt een gemiddelde vloeroppervlakte van 95m² verwacht (Boonen et al., 2014). Dit zou voor 2040 resulteren in een gemiddelde vloeroppervlakte van 108m² (t.o.v. de 128m² op dit moment), wat nog steeds groter is dan 104m² uit de gegevens van Statistics Belgium.

3.3 Besluit

Binnen het Vlaamse gebouwenpatrimonium is het aantal woningen gestegen (van 1.911.146 in 1995 naar 2.154.660 in 2014) en hierbij aansluitend is binnen diezelfde periode een lichte stijging te zien in het aantal woningen in open bebouwing en in halfopen bebouwing. Het aantal Vlaamse woningen in gesloten bebouwing kent een lichte daling. Daarnaast is in Vlaanderen ook een stijging te zien van het aantal grote woningen (de woningen in de categorieën 65m^2 - 104m^2 en $>104\text{m}^2$). De Vlaming bouwde de laatste 20 jaren steeds woningen groter dan 104m^2 , dit zowel in open, halfopen en gesloten bebouwing. Maar zoals eerder vermeld is, is de bewoonbare vloeroppervlakte in Vlaamse nieuwbouwwoningen toch steeds kleiner aan het worden (weliswaar nog steeds in de oppervlaktecategorie $>104\text{m}^2$, waardoor deze tendens niet meteen af te lezen valt uit de beschikbare cijfers).

In een onderzoek²⁰ worden tendensen voor nieuwbouwwoningen opgesteld tegen 2040. In deze tendensen daalt het aantal woningen in open bebouwing sterk en stijgt het aantal woningen in halfopen bebouwing. Voor de woningen in gesloten bebouwingen zijn drie mogelijke scenario's, het aantal woningen stijgt wanneer het aantal appartementen daalt of wanneer het aantal woningen in open bebouwing zeer sterk daalt. In een derde scenario blijft het aantal woningen in gesloten bebouwing constant, net als het aantal appartementen en zijn het enkel de woningen in open en halfopen bebouwing die dalen en stijgen (Boonen et al., 2014). Tegen 2040 wordt een gemiddelde vloeroppervlakte van 108m^2 verwacht, dit in vergelijking met een gemiddelde vloeroppervlakte van 128m^2 in 2014. Het verschil met buurlanden Nederland en Frankrijk is zeer groot, daar heeft een woning een gemiddelde woonoppervlakte van 75m^2 (Torfs, 2014).

Al deze cijfers hebben ook een invloed op het materiaalgebruik-profiel van een woning. Grote woningen in open bebouwing vragen nu eenmaal meer materiaal (door hun vier vrije gevels), dan kleine woningen in gesloten bebouwing (met slechts twee vrije gevels en twee gedeelde gevels). In het veldonderzoek wordt dan ook een terugkoppeling voorzien naar deze besproken cijfers (in het hoofdstuk 4.2.2 'Representativiteit van de projecten binnen de Vlaamse context') om te kijken wat de impact van de woontypologie en woongrootte is op het materiaalgebruik-profiel van een woning.

²⁰Korte-termijn opdracht: evolutie vraag en aanbod zand in Vlaanderen' uit 2014

Onderzoek naar materiaalgebruik in
Vlaamse woningen

VELDONDERZOEK

Projectanalyse

HOOFDSTUK 4

4. Projectanalyse

Aanvullend bij de literatuurstudie wordt een veldonderzoek uitgevoerd naar het materiaalgebruik van Vlaamse woningen. In dit onderzoek wordt het materiaalgebruik van 21 reële Vlaamse nieuwbouwwoningprojecten bestudeerd met als doel een beeld te krijgen van het materiaalgebruik-profiel. Deze aanvulling is nodig omdat over het materiaalgebruik-profiel van een Vlaamse woning geen of zeer beperkt informatie te vinden is. De nadruk binnen de woningbouw ligt voornamelijk op het verkrijgen van een laag K-peil en E-peil, maar de materiaalkeuzes gebeuren vooralsnog zonder na te denken over de milieu-impact van de materialen. Dit veldonderzoek kan hiervoor een eerste aanzet geven door de hoeveelheden van verschillende materiaaltypes in een Vlaamse woning weer te geven. Dit hoofdstuk geeft een inleiding rond de aanpak van het veldonderzoek en biedt een overzicht aan van de onderzochte projecten. Gezien het gaat om vertrouwelijke informatie die deel uitmaakt van het lopende doctoraatonderzoek van Elke Meex (Meex, 2015) wordt alle informatie met de nodige discretie behandeld. Dit houdt in dat er in deze scriptie enkel algemene gegevens van de projecten worden weergegeven en dat op basis hiervan enkele verbanden worden onderzocht en conclusies worden getrokken.

4.1 Methodologie

Binnen het veldonderzoek worden 21 verschillende projecten bestudeerd, waarbij de verschillende constructietypes en woningtypologieën, zoals besproken in de literatuurstudie, aan bod komen. De beschikbare projectinformatie bestaat uit bouwplannen en/of meetstaten, verkregen binnen het doctoraatonderzoek van Elke Meex.

4.1.1 Analyse beschikbare projectinformatie

Aan de hand van de beschikbare informatie wordt in eerste instantie een overzicht gemaakt van de verschillende projecten en hun algemene karakteristieken (constructietype, woningtypologie, netto vloeroppervlakte, netto gebouwwolume, bruto verliesoppervlakte en compactheid, de verhouding tussen het netto gebouwwolume en de bruto verliesoppervlakte). Vervolgens wordt per project (en per woning) een vereenvoudigd overzicht opgemaakt van de gebruikte materialen en de daarbij horende hoeveelheden. Voor het maken van deze vereenvoudigde overzichten wordt in eerste instantie gebruik gemaakt van de meetstaten. Deze bevatten een gedetailleerde opmeting van de verschillende materialen en de hoeveelheid materiaal (doorgaans in m, m² of m³) in een project. Bij elk nieuw project wordt een meetstaat opgemaakt, enerzijds om een eerste raming te maken van de kosten, anderzijds om het project aan te besteden (communicatie naar de aannemer toe). De meetstaat bevat doorgaans de meest exacte gegevens omtrent het materiaalgebruik voor een woning. Van een meetstaat wordt verwacht dat alle constructieonderdelen en hun samenstellende materialen in detail opgenomen zijn in het document, maar uit dit veldonderzoek blijkt dit echter niet altijd het geval te zijn: vaak geven ze geen volledig beeld van alle materialen en hun hoeveelheden, maar blijft het beperkt tot een eerste aanzet van de architect die openstaat voor verdere aanvullingen van andere betrokken partijen op de werf. In een meetstaat kunnen hoeveelheden aangegeven worden op drie manieren, een forfaitaire hoeveelheid (FH), een hoeveelheid waar de architect zeker van is (bv. isolatie, metselwerk,

afwerkingsmaterialen, enz. ...), een vermoedelijke hoeveelheid (VH), een hoeveelheid waar de architect niet zeker van is, vaak gebruikt bij stabiliteitselementen in (on)gewapend beton of staal, of als pro memorie (PM). In dit laatste geval is het aan de aannemer op de werf om dit materiaal niet te vergeten en de hoeveelheid in te schatten tijdens de opbouw van de woning. Dit is vaak het geval voor waterkerende folies, de aardingslus, de trappen of het glas in het schrijnwerk.

Naast de meetstaten wordt ook gebruik gemaakt van de bouwplannen van een project als aanvulling voor materialen en hoeveelheden die niet op de meetstaat terug te vinden zijn. Een bouwplan bestaat uit grondplannen, doorsnedes en gevelaanzichten. Elk plan is getekend op schaal en bevat dus juiste afmetingen. Verder wordt op een plan de opbouw van de verschillende constructieonderdelen aangegeven, maar deze missen vaak aan detail en materialen worden niet specifiek beschreven. Maar door de combinatie van de bouwplannen en meetstaten is het wel mogelijk om van elk project een vereenvoudigd overzicht te maken van de gebruikte materialen en hoeveelheden.

Na het analyseren van de projectgegevens (meetstaten en bouwplannen) wordt per project een materialenoverzicht gemaakt (in MS Excel). Zoals eerder aangegeven wordt eerst gebruik gemaakt van de meetstaat om materiaalhoeveelheden te verzamelen, vervolgens wordt naar de bouwplannen gekeken. De hoeveelheden die hierin zijn terug te vinden, zijn uitgedrukt in lopende meter, vierkante meter of kubieke meter. In het vereenvoudigd overzicht worden in eerste instantie materiaalhoeveelheden uitgedrukt in lopende meter of kubieke meter. Vierkante meter worden omgezet naar kubieke meters door op de plannen de juiste afmetingen af te lezen en deze afmetingsfactor toe te passen op de gegeven vierkante meter. Wanneer bepalende materialen niet aangegeven staan in de meetstaat maar wel zichtbaar zijn op het bouwplan, worden van deze materialen ook de lopende meters of kubieke meters berekend. Om vergelijking tussen de verschillende projecten mogelijk te maken, worden de materiaalhoeveelheden in kubieke meter omgezet in kilogram. Deze omzetting gebeurt door het toepassen van een dichtheitsfactor. De factor geeft aan hoeveel een materiaal weegt in kilogram per kubieke meter. Na het toepassen van deze factor zijn alle materialen, uitgedrukt in kubieke meters, omgezet naar kilogram. De materiaalhoeveelheden in lopende meter worden niet omgezet naar kilogram.

Een materialenoverzicht van een project is opgedeeld in twee luiken. In het eerste luik worden materialen gecategoriseerd volgens hun constructieonderdeel (bv. de fundering, een vloer op volle grond, enz. ...). Onder elk constructieonderdeel wordt een lijst opgemaakt van de verschillende materialen die terug te vinden zijn in dit onderdeel. De verhouding van de verschillende constructieonderdelen binnen het gehele woningproject worden berekend, alsook de verhoudingen van de verschillende materialen binnen het constructieonderdeel. Binnen dit eerste luik worden ook de materialen opgenomen die uitgedrukt zijn in lopende meter. Het tweede luik van het materiaaloverzicht bestaat uit een sommatie per materiaalsoort (over de verschillende constructieonderdelen heen) binnen een woningproject. Onder elke materiaalsoort wordt een lijst opgemaakt met de constructieonderdelen waarin het desbetreffende materiaal terug te vinden is. De verhoudingen van de verschillende materiaalsoorten binnen het gehele woningproject worden berekend, alsook de verhoudingen van de verschillende constructieonderdelen binnen materiaalsoort. Deze materiaaloverzichten van de projecten zijn terug te vinden in het extra bijlageboek 'Onderzoek naar materiaalgebruik in Vlaamse woningen – materiaalgebruik-profiel van de projecten'.

4.1.2 Verdere verwerking projectdata: representativiteit en verbanden

Na het verzamelen van de verschillende projectdata wordt een eerste terugkoppeling uitgevoerd naar de voorafgaande literatuurstudie (zie hoofdstuk 2 'Vlaamse woningen en de verschillende constructietypes'). De cijfers uit het veldonderzoek worden getoetst aan de cijfers uit de literatuurstudie. Deze informatie is terug te vinden onder hoofdstuk 4.2.2 'Representativiteit van de projecten binnen de Vlaamse context'. Verder wordt gekeken naar mogelijke verbanden (zie hoofdstuk 4.3 'Vebanden'). In de eerste plaats worden verbanden tussen het materiaalgebruik-profiel van een project en zijn constructietype onderzocht. Hierbij worden ook alle algemene karakteristieken zoals de vloeroppervlakte, het gebouwvolume of de compactheid in rekening gebracht. Ten tweede wordt gezocht naar verbanden tussen het materiaalgebruik-profiel en de woningtypologie. Ook hierbij wordt rekening gehouden met de algemene karakteristieken.

Om de verschillende projecten uit het veldonderzoek op een gelijkwaardige manier te kunnen vergelijken zijn zowel in het eerste luik (de verschillende constructieonderdelen) als in het tweede luik (de verschillende materialen) de gegevensreeksen herleid tot hun essentie. Enkel de belangrijke constructieonderdelen en de meest voorkomende materiaalsoorten in dit onderzoek worden meegenomen in de volgende hoofdstukken. De belangrijke constructieonderdelen die ook in elk project terugkomen zijn de fundering, de kelder, de vloer op volle grond, de buitenwand, de binnenwand, de verdiepingsvloer(en) en het dak (hellend en/of plat). Andere constructieonderdelen (bv. de trap, het buitenschrijnwerk, enz. ...) vallen in de bespreking onder de categorie 'anderen'. De meest voorkomende materiaalsoorten in dit veldonderzoek zijn het gewapend beton, het ongewapend beton, de isolatie (alle soorten), de chape, de snelbouwsteen, de gevelafwerking (alle soorten) en het hout. Alle andere materiaalsoorten (bv. gipskartonplaten, staal, blauw hardsteen, enz. ...) vallen in de bespreking onder de categorie 'anderen'.

4.2 Algemene projectgegevens

4.2.1 Overzicht van de gegevens

Bij de start van het veldonderzoek werden 23 projecten ter beschikking gesteld. Bij een eerste screening vielen twee projecten weg (project 5 en project 16), gezien deze niet voldeden aan de nodige eisen. Project 5 was een project waarbij geen sprake was van woningbouw en voldeed dus niet aan de juiste woonvorm. Project 16 kon niet opgenomen worden in het onderzoek door gebrek aan grondplannen waardoor het berekenen van het materiaalgebruik niet mogelijk was. De 21 projecten uit het veldonderzoek zijn woonprojecten waarbij de verschillende woontypologieën en constructietypes aan bod komen. Ze zijn gebouwd in de provincies Limburg, Vlaams-Brabant en Antwerpen waarbij de 21 projecten ontworpen zijn door 19 verschillende architecten. Tot slot varieert het bouwjaar van de projecten van 2007 (project 3) tot 2015 (project 21).

In tabel 3 en tabel 4 worden verschillende karakteristieken van de projecten opgelijst. Bij deze gegevens moet opgemerkt worden dat de kelderkuip overal mee is ingerekend (de netto vloeroppervlakte, het aantal bouwlagen en het netto gebouwvolume).

Overzicht: beschikbare projecten - deel 1

	CONSTRUCTIE		NETTO		BRUTO		COMPACTHEID (m)	BOUWJAAR	DAKVORM	KELDER	AANTAL BOUWLAGEN
	TYPE	TYPLOGIE	VLOEROPP. (m ²)	GEBOUWVOLUME (m ³)	VERLIESOPP. (m ²)	(m)					
Project 1	massiefbouw	open	302,00	1055,63	691,14	1,53	2013	plat	nee	2	
Project 2	houtskeletbouw	open	233,47	694,56	424,02	1,64	2009	hellend	nee	3	
Project 3	houtskeletbouw	open	246,96	740,61	424,50	1,74	2007	hellend	nee	3	
Project 4	massiefbouw	halfopen	326,93	1080,34	381,96	2,83	2014	hellend	ja	4	
Project 6	betonbouw	open	407,8	1242,14	524,38	2,37	2014	plat	ja	3	
Project 7	massiefbouw	open	169,70	431,57	291,72	1,48	2011	plat	nee	2	
Project 8	houtskeletbouw	open	260,98	718,21	340,66	2,11	2010	plat	ja	3	
Project 9	betonbouw	open	234,38	1029,6	458,40	2,25	2014	plat	ja	3	
Project 10	massiefbouw	open	374,97	1110,47	533,59	2,08	2010	hellend	ja (kruip)	3	
Project 11	houtskeletbouw	open	389,17	930,15	591,64	1,57	2011	hellend	nee	4	
Project 12.1	houtskeletbouw	gesloten	139,53	522,47	211,17	2,47	2011	hellend	nee	3	
Project 12.1	houtskeletbouw	gesloten	156,73	556,96	225,24	2,47	2011	hellend	nee	3	
Project 13	houtskeletbouw	gesloten	130,46	420,25	115,57	3,64	2013	plat	nee	4	
Project 14	massiefbouw	halfopen	145,67	353,41	225,17	1,57	2014	hellend	nee	2	
Project 15.1	houtskeletbouw	halfopen	108,09	294,27	143,72	2,05	2014	hellend	nee	2	
Project 15.2	houtskeletbouw	gesloten	108,09	294,27	84,18	3,50	2014	hellend	nee	2	
Project 15.3	houtskeletbouw	gesloten	108,09	294,27	84,18	3,50	2014	hellend	nee	2	
Project 15.4	houtskeletbouw	gesloten	108,09	294,27	119,65	2,46	2014	hellend	nee	2	
Project 15.5	houtskeletbouw	halfopen	171,73	424,32	291,25	1,46	2014	hellend	nee	3	
Project 17.1	houtskeletbouw	halfopen	111,64	283,27	210,90	1,34	2012	plat	nee	2	
Project 17.2	houtskeletbouw	halfopen	111,64	283,27	210,90	1,34	2012	plat	nee	2	
Project 18	houtskeletbouw	halfopen	126,06	361,42	278,97	1,30	2007	plat	ja	3	
Project 19	massiefbouw	halfopen	158,00	532,50	262,90	2,03	2013	hellend	nee	3	
Project 20	massiefbouw	open	234,85	583,93	388,12	1,50	2014	plat	ja	3	
Project 21	staalbouw	halfopen	181,49	508,71	305,22	1,67	2015	plat	nee	2	
Project 22	massiefbouw	open	316,63	913,81	376,48	2,43	2008	schilddak	ja	3	
Project 23	massiefbouw	open	216,46	707,26	394,65	1,79	2009	schilddak	nee	3	
GEMIDDELDE	//	//	206,65	617,11	318,16	2,08	//	//	//	//	

Tabel 3: Overzicht: beschikbare projecten - deel 1; Bron: (Vanherck, 2015)

Overzicht: beschikbare projecten - deel 2

	HOEVEELHEID		VERHOUDING		VERHOUDING (kg/m ³)		Nr.1 MATERIAAL		Nr. 1 CONSTRUCTIEONDERDEEL		GEVELMATERIAAL
	MATERIAAL (kg)	(kg/m ² vloeropp.)	gebouwvolume	(kg/m ² vloeropp.)	(%) (kg materiaal/kg totaal)	(%) (kg constructiedeel/kg totaal)	(%) (kg materiaal/kg totaal)	(%) (kg constructiedeel/kg totaal)			
Project 1	652.186,12	2.159,56	617,82	57,3	gewapend beton	57,3	plat dak	23,3	gevelsteen		gevelsteen
Project 2	237.103,46	1.015,56	341,37	42,7	gewapend beton	42,7	vloer op volle grond	30,5	gevelsteen		gevelsteen
Project 3	240.758,61	974,89	325,08	34,1	gewapend beton	34,1	vloer op volle grond	45,9	gevelsteen		gevelsteen
Project 4	647.337,83	1980,05	599,20	64,4	gewapend beton	64,4	verdiepingsvloeren	37,0	gevelsteen		gevelsteen
Project 6	884.561,86	2.169,11	712,13	73,1	gewapend beton	73,1	verdiepingsvloeren	32,3	gevelpleister		gevelpleister
Project 7	333.092,16	1.962,83	771,81	35,6	gewapend beton	35,6	plat dak	24,9	gevelsteen		gevelsteen
Project 8	315.901,09	1.210,45	439,84	45,5	gewapend beton	45,5	fundering	24,7	gevelpleister		gevelpleister
Project 9	559.504,41	2.387,17	543,42	64,1	gewapend beton	64,1	kelderkuip	24,6	beton		beton
Project 10	818.166,22	2.181,95	736,77	45,7	ongewapend beton	45,7	kruipkelder	45,7	gevelsteen		gevelsteen
Project 11	232.765,97	598,12	250,25	32,2	gewapend beton	32,2	fundering	37,4	gevelpleister+ hout		gevelpleister+ hout
Project 12.1	132.281,06	948,07	253,18	45,8	ongewapend beton	45,8	fundering	45,8	gevelsteen + hout		gevelsteen + hout
Project 12.1	133.813,33	853,77	240,26	44,8	ongewapend beton	44,8	fundering	44,8	gevelsteen + hout		gevelsteen + hout
Project 13	94.030,51	720,77	223,75	48,6	gewapend beton	48,6	vloer op volle grond	38,5	hout		hout
Project 14	201.523,27	1.383,47	570,22	55,4	gewapend beton	55,4	vloer op volle grond	22,8	gevelsteen		gevelsteen
Project 15.1	82.173,22	760,25	279,24	21,8	gewapend beton	21,8	vloer op volle grond	39,1	gevelsteen + hout		gevelsteen + hout
Project 15.2	68.979,98	638,19	234,41	26,0	gewapend beton	26,0	vloer op volle grond	46,1	gevelsteen + hout		gevelsteen + hout
Project 15.3	68.979,98	638,19	234,41	26,0	gewapend beton	26,0	vloer op volle grond	46,1	gevelsteen + hout		gevelsteen + hout
Project 15.4	78.183,12	723,33	265,68	22,9	gewapend beton	22,9	vloer op volle grond	41,1	gevelsteen + hout		gevelsteen + hout
Project 15.5	124.467,84	724,78	293,33	19,9	gevelsteen	19,9	vloer op volle grond	27,2	gevelsteen + hout		gevelsteen + hout
Project 17.1	98.605,13	883,24	348,10	47,1	gewapend beton	47,1	vloer op volle grond	56,4	gevelsteen + hout		gevelsteen + hout
Project 17.2	102.816,47	920,96	362,96	45,2	gewapend beton	45,2	vloer op volle grond	54,1	gevelsteen + hout		gevelsteen + hout
Project 18	252.449,42	2.002,61	698,49	38,2	gewapend beton	38,2	kelderkuip	57,4	gevelsteen		gevelsteen
Project 19	176.180,55	1.115,07	330,86	40,0	gewapend beton	40,0	vloer op volle grond	33,5	gevelsteen		gevelsteen
Project 20	390.196,56	1.661,47	668,23	58,9	gewapend beton	58,9	kelderkuip	45,2	gevelpleister		gevelpleister
Project 21	296.734,65	1.634,96	583,31	46,6	gewapend beton	46,6	vloer op volle grond	42,7	aluminium		aluminium
Project 22	415.177,30	1.311,25	454,34	56,5	gewapend beton	56,5	kelderkuip	43,4	gevelsteen		gevelsteen
Project 23	391.758,59	1.809,84	553,91	42,9	gewapend beton	42,9	verdiepingsvloeren	36,4	gevelsteen		gevelsteen
GEMIDDELDE	297.397,36	1.312,27	442,59	//	//	//	//	//	//		//

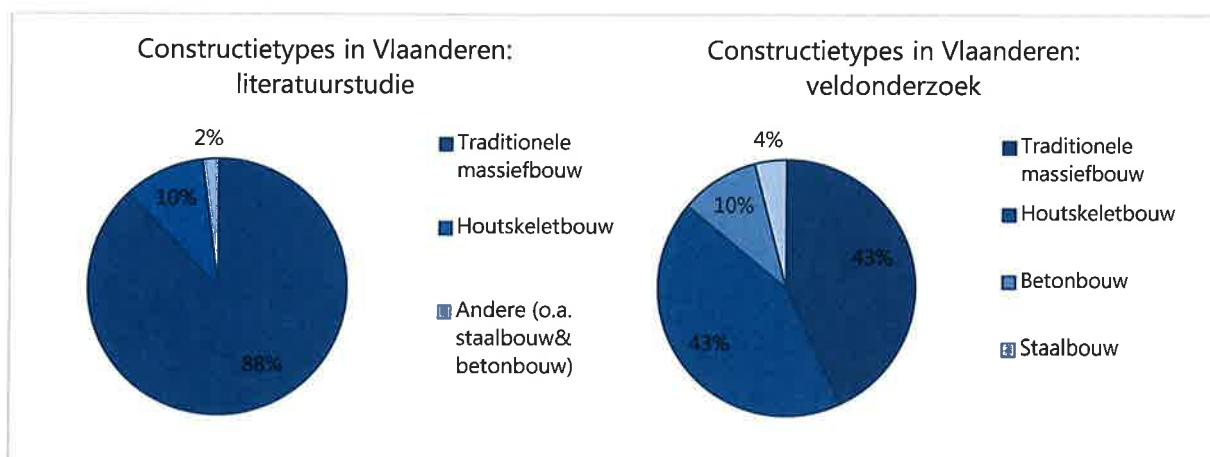
Tabel 4: Overzicht: beschikbare projecten - deel 2; Bron: (Vanherck, 2015)

4.2.2 Representativiteit van de projecten binnen de Vlaamse context

De 21 projecten (27 woningen) uit dit veldonderzoek vormen slechts een zeer klein aandeel van de ongeveer 2.154.660 woongelegenheden die Vlaanderen vandaag telt (Statistics Belgium, 2013b). De projecten werden steekproefsgewijs uitkozen en dit samen met hun zeer klein aantal kan vragen doen rijzen bij de representativiteit van dit veldonderzoek.

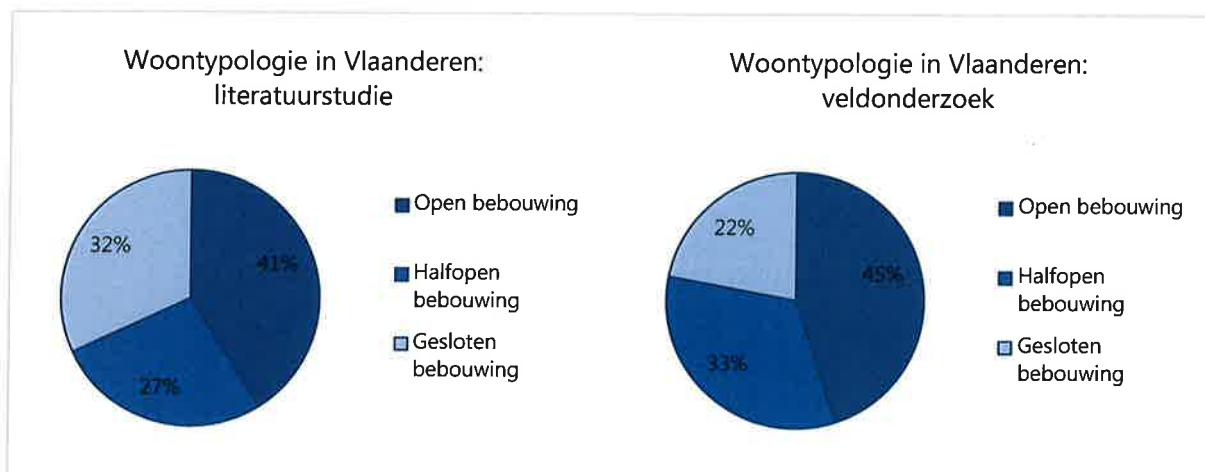
In dit veldonderzoek worden Vlaamse nieuwbouwwoningen geanalyseerd met een bouwjaar van 2007 (project 3) tot 2015 (project 21) (Tabel 3). In de literatuurstudie daarentegen wordt het bouwjaar besproken van het volledige Belgische gebouwenpatrimonium en dit tot en met bouwjaar 2007 (zie ook 3.2.1 'Woningtypologieën en het bouwjaar'). Beide gegevens kunnen dus niet echt met elkaar vergeleken worden en dat wordt dus ook niet gedaan binnen dit onderzoek.

Vervolgens kan gekeken worden naar de verschillende constructietypes uit het veldonderzoek. Bij een vergelijking met de literatuurstudie valt op dat ook in het veldonderzoek de massiefbouw- en houtskeletbouwwoningen in de meerderheid zijn. Waar in de literatuurstudie slecht 10% van de Vlaamse woningen een houtskeletbouwwoning is, is in het veldonderzoek 43% van de projecten een houtskeletbouwproject. Ook voor de projecten in het veldonderzoek volgens het principe van de massiefbouw (43%) wijken de cijfers af van de cijfers uit de literatuurstudie (88%). Voor de constructietypes beton- en staalbouw zijn in de literatuurstudie slecht zeer beperkte aantallen (samen 2% in tegenstelling tot het veldonderzoek waar 10% betonbouwprojecten zijn en 4% staalbouwprojecten (Grafiek 11). In het veldonderzoek worden wel uitsluitend nieuwbouwwoningen besproken waar in de literatuurstudie het volledige Vlaamse gebouwenpatrimonium besproken wordt. Wel voldoen de projecten uit het veldonderzoek in het algemeen aan de verwachtingen voor nieuwbouwwoningen tegen 2040 zoals beschreven in hoofdstuk 2.1 'Algemeen & cijfers'. Hierin wordt aangegeven dat het aantal Vlaamse nieuwbouwwoningen volgens het constructietype massiefbouw zullen dalen en de nieuwbouwwoningen met andere constructietypes in aandeel zullen stijgen (Boonen et al., 2014).



Grafiek 11: Constructietypes in Vlaanderen: literatuurstudie & veldonderzoek
Bron: (Allacker, 2010) & (Vanherck, 2015)

Verder kan ook gekeken worden naar de vloeroppervlakte van de Vlaamse woningen uit het veldonderzoek in vergelijking met de Vlaamse woningen uit de literatuurstudie. De gemiddelde netto vloeroppervlakte van de woningen uit het veldonderzoek bedraagt 206,65m² (Tabel 4). Deze waarde is veel hoger dan de waarde voor een gemiddelde Vlaamse woning uit de literatuurstudie (128m² in 2014). In de literatuurstudie wordt het volledige gebouwenpatrimonium opgenomen, in dit veldonderzoek gaat het enkel over nieuwbouwwoningen. Dat de Vlaamse woningen steeds kleiner worden zoals aangegeven in hoofdstuk 3.2.3 'Kritische reflectie' is niet merkbaar in het veldonderzoek. Tot slot wanneer een vergelijking gemaakt wordt met betrekking tot de woningtypologie is ook hier een verschil tussen de literatuurstudie en het veldonderzoek. In beide gevallen zijn het aantal woningen in open bebouwing het meest aanwezig (41% in de literatuur en 45% in het veldonderzoek). Voor de halfopen en gesloten bebouwing is het verschil groter. In de literatuurstudie is 27% van de Vlaamse woningen een woning in halfopen bebouwing, in het veldonderzoek is dat 33%. Voor de woningen in gesloten bebouwing gelden volgende cijfers: 32% in de literatuurstudie en 22% in het veldonderzoek (Grafiek 12).



Grafiek 12: Woontypologie in Vlaanderen: literatuurstudie & veldonderzoek
Bron: (Allacker, 2010) & (Vanherck, 2015)

Ook deze cijfers kunnen getoetst worden aan de verwachtingen tegen 2040. In de literatuurstudie wordt beschreven dat het aantal nieuwbouwwoningen in open bebouwing sterk zal dalen en het aantal nieuwbouwwoningen in halfopen bebouwing sterk zal stijgen (zie hoofdstuk 3.3 'Besluit'). Deze tendens is in de projecten van het veldonderzoek niet zichtbaar. Voor zowel de open als halfopen bebouwing zijn er in verhouding meer woningen beschikbaar gesteld dan in de literatuurstudie, terwijl het aandeel projecten in gesloten bebouwing 10% lager ligt t.o.v. de literatuurstudie. Ook dit laatste is tegenstrijdig met de verwachtingen tegen 2040 waar het aantal woningen in gesloten bebouwing constant zou blijven of zou stijgen.

Door de grote verschillen tussen de gegevens uit de literatuurstudie en de projecten uit het veldonderzoek kan gezegd worden dat dit veldonderzoek *niet representatief* is binnen de Vlaamse context. Desondanks kunnen er een aantal interessante bevindingen met betrekking tot het materiaalgebruik-profiel van Vlaamse nieuwbouwwoningen uit afgeleid worden, die weliswaar niet veralgemeend kunnen worden voor de gehele Vlaamse bouwcontext.

4.2.3 Algemene bevindingen

Over de Vlaming wordt gezegd dat hij 'een baksteen in z'n maag heeft'. Deze uitspraak kwam ook al aan bod in hoofdstuk 2 en 3, maar met dit veldonderzoek kan deze uitspraak in twijfel getrokken worden. Het meest gebruikte materiaal, gekeken op basis van het gewicht, in de projecten uit het veldonderzoek is gewapend beton. Elke project bevat een bepaalde hoeveelheid gewapend beton, maar deze hoeveelheden verschillen sterk tussen de verschillende projecten. Project 6 (betonbouw met kelder) bevat de meeste hoeveelheid gewapend beton (646.338,25 kg), 73,1% van het totaalgewicht van het project. Project 15, woning 4 (houtskeletbouw zonder kelder) bevat de minste hoeveelheid gewapend beton (17.917,00 kg), 22,9% van het totaalgewicht van het project. De gemiddelde hoeveelheid gewapend beton van een Vlaamse woning uit het veldonderzoek is 143.244,92 kg en wetend dat een gemiddelde woning 297.397,36 kg materiaal bevat, is vast te stellen dat bijna de helft (48,2%) van het totaalgewicht van een woning gewapend beton is. De grote hoeveelhedsverschillen tussen de woningen zijn afhankelijk van bepaalde factoren, zoals constructietype of woningtypologie (hierop wordt later ingegaan in hoofdstuk 4.3 'Verbanden'). Een andere factor die het betongebruik sterk beïnvloedt, is de aanwezigheid van een kelder. Acht projecten uit het veldonderzoek hebben een kelder die hoofdzakelijk is opgebouwd uit (on)gewapend beton.

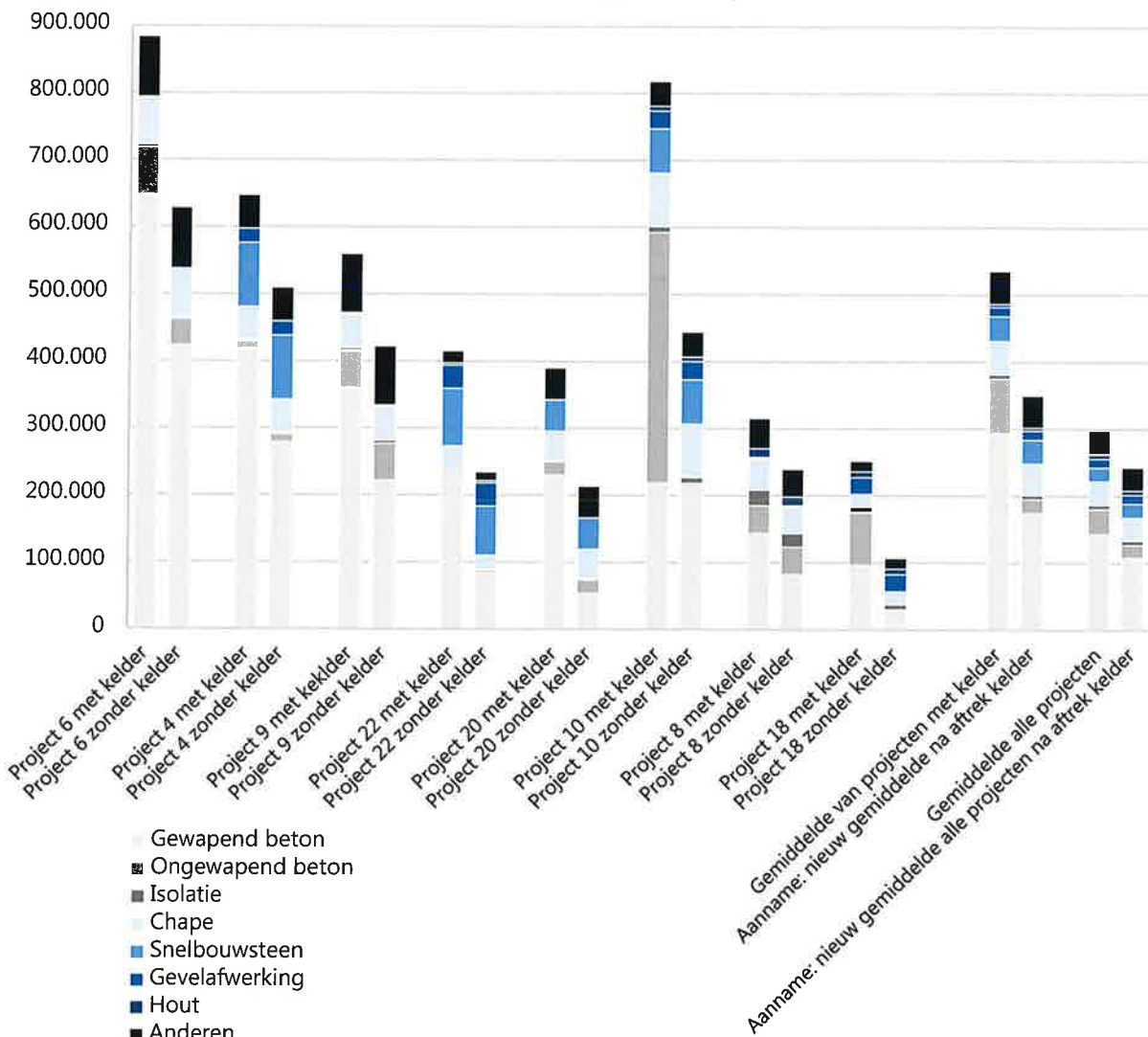
Wanneer gekeken wordt naar de projecten met een kelder (projecten 4, 6, 8, 9, 10, 18, 20 & 22) bedraagt het gemiddelde totaalgewicht van deze acht projecten 535.411,84 kg (Tabel 5). Vergeleken met het gemiddelde totaalgewicht van alle woningen uit het veldonderzoek, zijnde 297.397,36 kg, is dit gewicht van projecten met een kelder duidelijk veel hoger (Grafiek 13). Een woning met een kelder weegt dus doorgaans 1,8 keer meer dan een woning zonder kelder. Bij deze acht projecten met een kelder wordt dan ook eens gekeken naar de hoeveelheid materiaal wanneer deze geen kelder zouden hebben (om een gelijke vergelijkingsbasis te hebben over alle projecten heen). De hoeveelheid materiaal van de kelderkuip (=keldermuren en keldervloer) wordt van de volledige hoeveelheid materiaal van het project afgetrokken. Gemiddeld is dit een vermindering van 185.359,60 kg per woning, waardoor een nieuw gemiddelde van 350.052,24 kg per woning ontstaat. Er is voor deze acht projecten dus een daling van 34,6% (qua gewicht) waar te nemen na aftrek van de kelder, wat net meer dan één derde van de totale materiaalsoort is (Tabel 5 & Grafiek 13).

Aanname gegevens: projecten met een kelder

	TOTAALGEWICHT MET KELDER (kg)	AANNAME: TOTAALGEWICHT (ZONDER KELDER) (kg)
Project 4	647.337,83	509.217,99
Project 6	884.561,86	628.463,00
Project 8	315.901,09	240.048,72
Project 9	559.504,41	422.070,33
Project 10	818.166,22	444.237,07
Project 18	252.449,42	107.459,80
Project 20	390.196,56	213.893,56
Project 22	415.177,30	235.027,09
Gemiddelde	535.411,84	350.052,24

Tabel 5: Aanname gegevens: projecten met een kelder
Bron: (Vanherck, 2015)

Verdeling hoeveelheid materialen (kg) voor projecten met een kelder

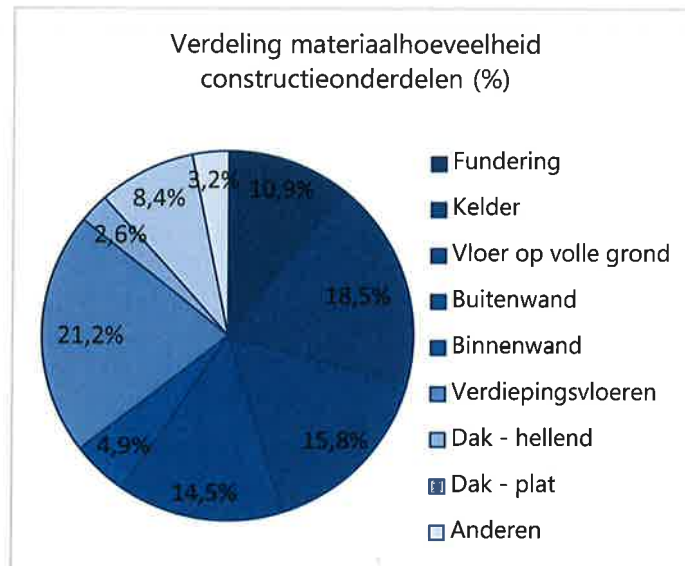


Grafiek 13: Verdeling hoeveelheid materialen (kg) voor projecten met een kelder
Bron: (Vanherck, 2015)

Wanneer gekeken wordt naar alle projecten zonder kelder (dus zowel degenen die effectief geen kelder hebben en degenen waarbij de kelder is afgetrokken van de materiaalhoeveelheid) zou het gemiddelde totaalgewicht van alle projecten dalen van 297.397,36 kg naar 243.161,48 kg, een daling van 22,3% (Grafiek 13). Het gemiddelde aandeel van gewapend beton zou dalen van 48,2% naar 44,4% in de totale materiaalhoeveelheid. Voor ongewapend beton zou het aandeel dalen van 12,5% naar 7,9%. Bij het maken van deze aanname moet opgemerkt worden dat bepaalde projecten door de aftrek van de kelder geen vloer op volle grond (projecten 6, 10, 18, 20 & 22) of fundering (projecten 6, 18, 20 & 22) hebben. In de aanname wordt immers de volledige kelderkuip van de volledige materiaalhoeveelheid afgetrokken. De vloer op volle grond wordt deels gecompenseerd door de aanwezigheid van de 'extra' verdiepingsvloer boven de kelder. Het ontbreken van een fundering kan in de realiteit niet. De gemaakte aanname uit dit veldonderzoek geeft dus een theoretisch beeld maar kan in de praktijk sterk afwijken.

Terug gekeken naar de reële situatie (met kelders) in het veldonderzoek is naast het meest gebruikte materiaal, gewapend beton, de verdiepingsvloer(en) het constructieonderdeel met het meeste materiaal (qua gewichtspercentage), gevolgd door de kelder en vloer op volle grond (Grafiek 14).

Zoals eerder al vermeld bedraagt de gemiddelde hoeveelheid materiaal (in kg) van een woning uit het veldonderzoek 297.397,36 kg. Sommige projecten wijken sterk af van dit gemiddelde. De waardes variëren van een minimale waarde van 68.879,98 kg voor project 15, woning 2 en woning 3, tot een maximale waarde van 884.561,86 kg voor project 6 (Tabel 4). Deze grote verschillen zijn te verklaren door de aanwezigheid van de verschillende constructietypes en woontypologieën in het veldonderzoek en worden in het volgende hoofdstuk (zie 4.3 'Verbanden) uitgebreid besproken.



Grafiek 14: Verdeling materiaalhoeveelheid constructieonderdelen (%)
Bron: (Vanherck, 2015)

4.3 Verbanden

In dit hoofdstuk worden de verschillende verbanden besproken. Er worden verschillende aspecten van de projecten verder bestudeerd en in verband gebracht met het materiaalgebruik, te beginnen bij de verschillende constructietypes gevolgd door de woningtypologie. Verder wordt de mogelijke relatie tussen het materiaalgebruik en de vloeroppervlakte én het gebouwvolume onderzocht. De mogelijke verbanden worden steeds bestudeerd op twee manieren: enerzijds vertrekkende van de indeling van materialen in constructieonderdelen (het eerste luik van het materiaaloverzicht) van een project en anderzijds vertrekkende van de verschillende materiaalsoorten (het tweede luik van het materiaaloverzicht) binnen een project.

4.3.1 Materiaalgebruik in functie van het constructietype

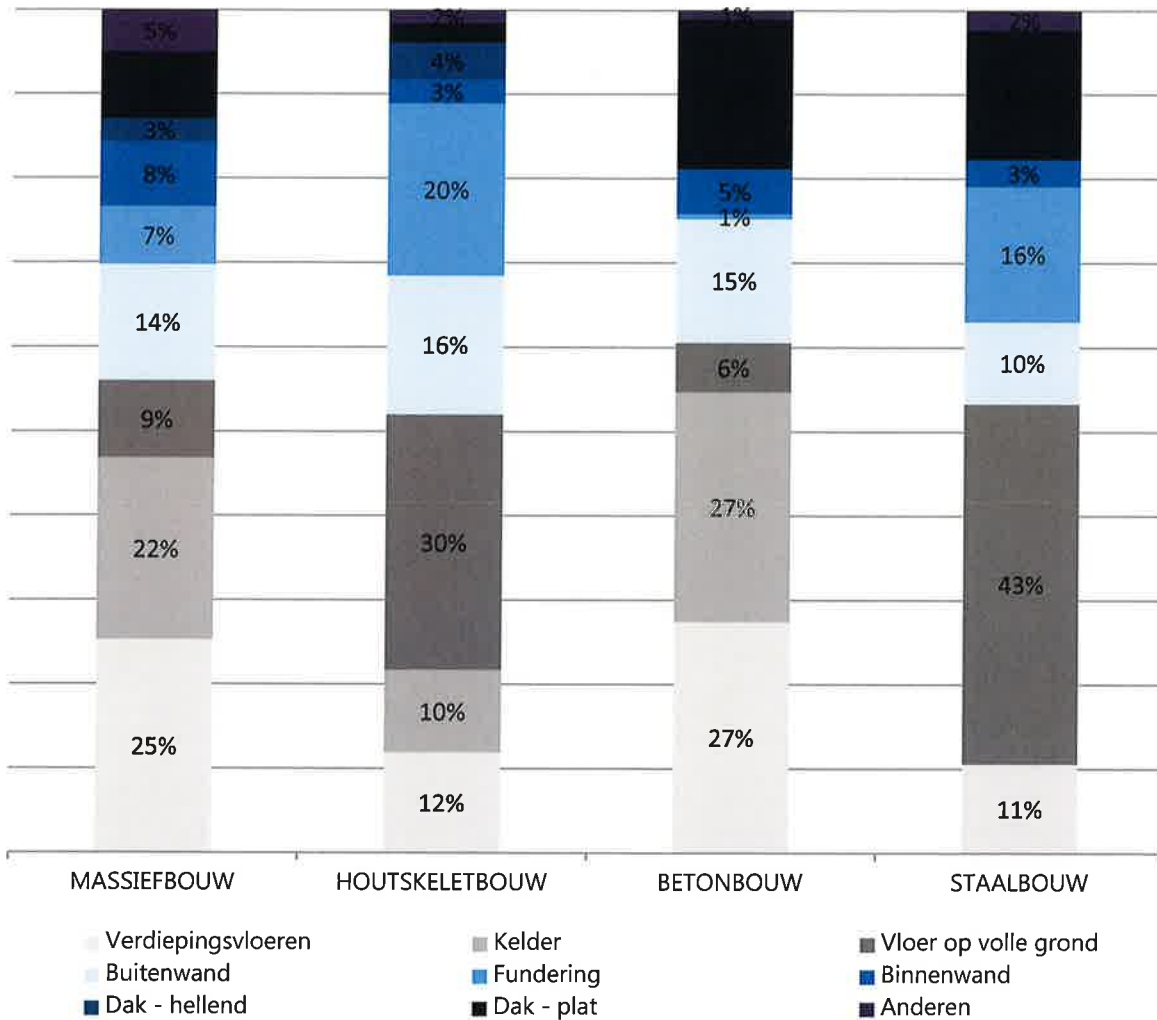
In dit hoofdstuk worden de verschillende constructietypes uit het veldonderzoek besproken. Elk constructietype heeft specifieke kenmerken wanneer gekeken wordt naar de constructieonderdelen (bv. wandopbouw van een massiefbouwwoning bestaat uit snelbouwstenen) en materiaalsoorten (bv. de hoeveelheid beton in een betonbouwwoning), zoals reeds besproken werd in hoofdstuk 2 'Vlaamse woningen en de verschillende constructietypes'. De bespreking van de verschillende constructietypes verloopt steeds op dezelfde wijze: eerst volgen de algemene gegevens, gevolgd door een bespreking van de verschillende constructieonderdelen in de projecten en tot slot wordt gekeken naar de verschillende materiaalsoorten die gebruikt worden binnen de verschillende constructietypes. Een eerste reeks gegevens zijn terug te vinden in volgende tabellen (Tabel 6 & Tabel 7) en samen met de grafieken op het einde van dit hoofdstuk (Grafiek 25 & Grafiek 26) vormen ze de basisgegevens van dit hoofdstuk.

Gemiddelde materiaalhoeveelheid (kg) van de verschillende constructietypes: constructieonderdelen

Projecten	MASSIEFBOUW	HOUTSKELETBOUW	BETONBOUW	STAALBOUW	GEMIDDELDE ALLE PROJECTEN
	1, 4, 7, 10, 14, 19, 20, 22 & 23	2, 3, 8, 11, 12, 13, 15, 17 & 18	6 & 9	21	
Constructieonderdelen					
Fundering	30.747,65	30.788,90	4.500,00	47.550,00	28.405,93
Kelder	96.500,23	14.722,80	196.766,47	0,00	60.281,73
Vloer op volle grond	40.951,49	45.743,58	42.227,28	126.657,97	46.882,58
Verdiepingsvloeren	113.002,20	18.004,04	198.079,08	31.458,79	63.084,87
Buitenwand	61.424,49	24.836,86	105.852,10	28.937,09	43.185,73
Binnenwand	34.395,74	4.298,95	38.366,75	9.495,83	14.565,70
Dak - hellend	12.153,28	6.618,98	0,00	0,00	7.728,31
Dak - plat	35.703,54	3.507,14	128.502,76	45.767,28	25.063,40
Anderen	22.412,34	2.366,02	7.738,70	6.867,69	8.199,12
TOTAAL	447.290,96	150.887,28	722.033,13	296.734,65	297.397,36

Tabel 6: Gemiddelde materiaalhoeveelheid (kg) van de verschillende constructietypes: constructieonderdelen
Bron: (Vanherck, 2015)

Verdeling constructieonderdelen per constructietype (%)



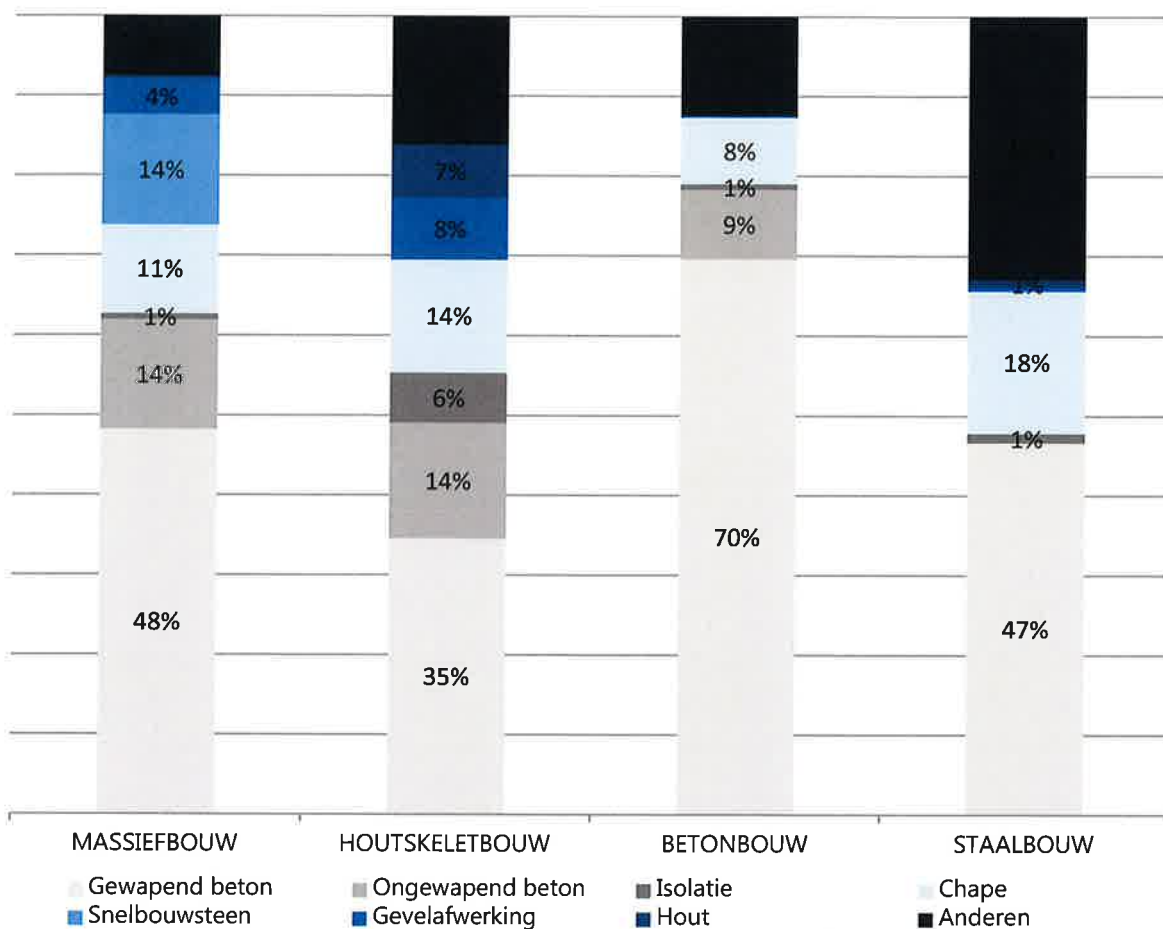
Grafiek 15: Verdeling constructieonderdelen per constructietype (%)
Bron: (Vanherck, 2015)

Gemiddelde materiaalhoeveelheid (kg) van de verschillende constructietypes: materiaalsoorten

Projecten	MASSIEFBOUW	HOUTSKELETBOUW	BETONBOUW	STAALBOUW	GEMIDDELDE ALLE PROJECTEN
	1, 4, 7, 10, 14, 19, 20, 22 & 23	2, 3, 8, 11, 12, 13, 15, 17 & 18	6 & 9	21	
Materiaalsoorten					
Gewapend beton	215.768,63	52.163,56	502.450,88	138.340,00	143.244,92
Ongewapend beton	61.074,67	21.844,34	62.761,50	0,00	37.142,96
Isolatie	3.348,62	9.432,24	4.711,19	3.418,03	6.831,91
Chape	49.753,86	21.329,73	60.615,70	52.873,73	34.882,81
Snelbouwsteen	61.801,07	0,00	0,00	0,00	20.600,36
Gevelafwerking	20.123,24	11.732,31	690,30	1.263,53	13.323,63
Hout	1.730,61	10.000,36	1.028,55	3.056,30	6.322,01
Anderen	33.690,26	24.384,75	89.775,02	97.783,05	35.048,76
TOTAAL	447.290,96	150.887,28	722.033,13	296.734,65	297.397,36

Tabel 7: Gemiddelde materiaalhoeveelheid (kg) van de verschillende constructietypes: materiaalsoorten
Bron: (Vanherck, 2015)

Verdeling materiaalsoorten per constructietype (%)



Grafiek 16: Verdeling materiaalsoorten per constructietype (%)
Bron: (Vanherck, 2015)

In deze eerst gegevensreeks (Tabel 6 & Tabel 7) zijn enkele opvallende cijfers terug te vinden. De waarde voor de funderingen van de betonbouwwoningen bedraagt slechts 4.500,00 kg. Dit is een opvallend lage waarde, omdat betonbouw toch een zeer zwaar constructietype is. Beide betonbouwprojecten hebben een kelder: project 6 is volledig onderkelderd, project 9 slechts gedeeltelijk. De keldervloer doet hier dienst als fundering waardoor enkel project 9 nog beperkt een fundering nodig (daar waar geen kelder is). Project 21, het enige staalbouwproject, heeft een zeer hoge waarde voor de vloer op volle grond (126.657,97 kg t.o.v. gemiddeld 42.974,12 kg voor de andere constructietypes). Bij de andere constructietypes hebben sommige projecten met een kelder (Tabel 3), wat niet het geval is bij project 21. In een project met een kelder is (meestal) geen vloer op volle grond nodig, waardoor de gemiddelde waarden van de andere constructietype t.o.v. het staalbouwproject lager blijven (Tabel 6). Een andere opvallende waarde is de isolatiehoeveelheid bij houtskeletbouw t.o.v. de andere constructietypes (9.432,24 kg t.o.v. gemiddeld 3.825,95 kg). Bij een houtskeletbouwprojecten in dit veldonderzoek wordt meestal gebruikt gemaakt van cellulose als isolatiemateriaal wat een hoge densiteit (150 kg/m³) heeft dan de andere isolatiematerialen (bv. EPS: 28 kg/m³, PUR: 40 kg/m³, minerale wol: 60 kg/m³, enz. ...). Tot slot moet nog opgemerkt worden dat de constructieve elementen in staal bij het staalbouwproject binnen de categorie 'anderen' vallen. Deze stalen constructie-elementen hebben een gewicht van 79.746,26 kg (26,9% van het totaalgewicht) (Tabel 7).

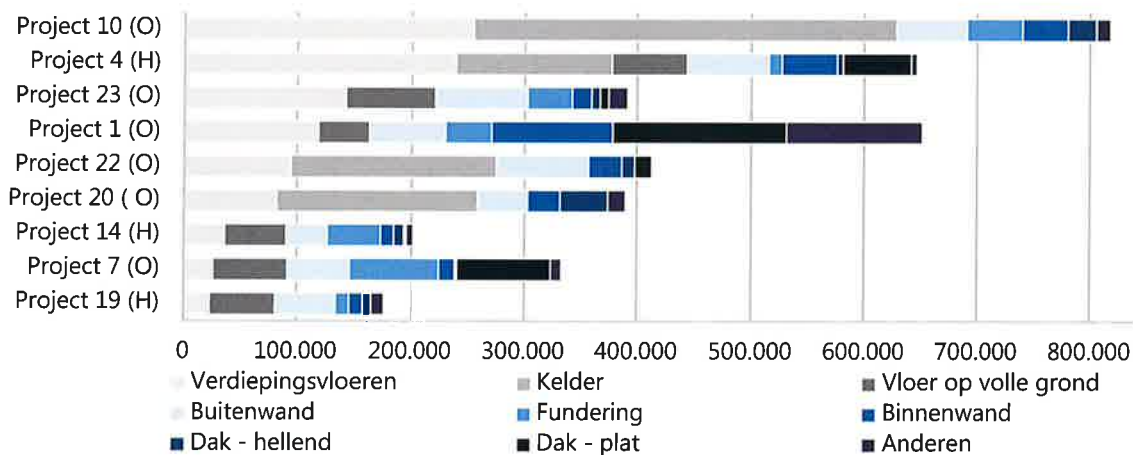
4.3.1.1 Massiefbouw

In het veldonderzoek zijn negen projecten volgens het constructietype massiefbouw opgebouwd. Deze projecten hebben een gemiddeld netto vloeroppervlakte van 249,47m² en een gemiddeld netto gebouwvolume van 752,10m³, beide waarden zijn groter dan de gemiddelde waarden van dit veldonderzoek (respectievelijk 206,55m² en 617,11m³). Het zijn allemaal woningen in open of halfopen bebouwing met een gemiddelde compactheid van 1,92m, wat net kleiner is dan het gemiddelde van alle projecten uit het veldonderzoek (2,09m). De gemiddelde hoeveelheid materiaal van deze projecten is 447.290,95 kg, wat ruim hoger ligt dan de gemiddelde waarde van alle projecten (297.397,36 kg) (Tabel 3).

Opdeling per constructieonderdeel

Het constructieonderdeel waar bij een massiefbouwwoning gemiddeld het meeste materiaal (qua gewicht) naartoe gaat, zijn de verdiepingsvloeren, 25,3% van het totaalgewicht. De kelderkuip staat op de tweede plaats (met gemiddeld 21,6% van het totaalgewicht) en op de derde plaats staat de buitenwand (gemiddelde 13,7%) (Tabel 6 & Grafiek 17).

Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: massiefbouw



(O): open bebouwing - (H): halfopen bebouwing

Grafiek 17: Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: massiefbouw
Bron: (Vanherck, 2015)

Vier woningen volgens dit constructietype hebben een kelder en zoals eerder al werd aangehaald (zie 4.2.3 Algemene bevindingen) vraagt de constructie van een kelderkuip veel materiaal. Daarom wordt ook hier de aanname gemaakt wanneer deze vier projecten geen kelder meer zou hebben. De gemiddelde materiaalhoeveelheid van de negen massiefbouwprojecten zonder kelder zou dalen naar 350.790,73 kg (t.o.v. 447.290,96 kg) en het constructieonderdeel met het meeste materiaal (qua gewicht) zouden nog steeds de verdiepingsvloer(en) zijn, met 32,2% van het totaalgewicht, gevolgd door de buitenwand met 17,5% en de vloer op volle grond op de derde plaats met 11,7%. Gezien de aanname waarbij de kelder wordt afgetrokken, gaat het hier slechts om een theoretisch beeld.

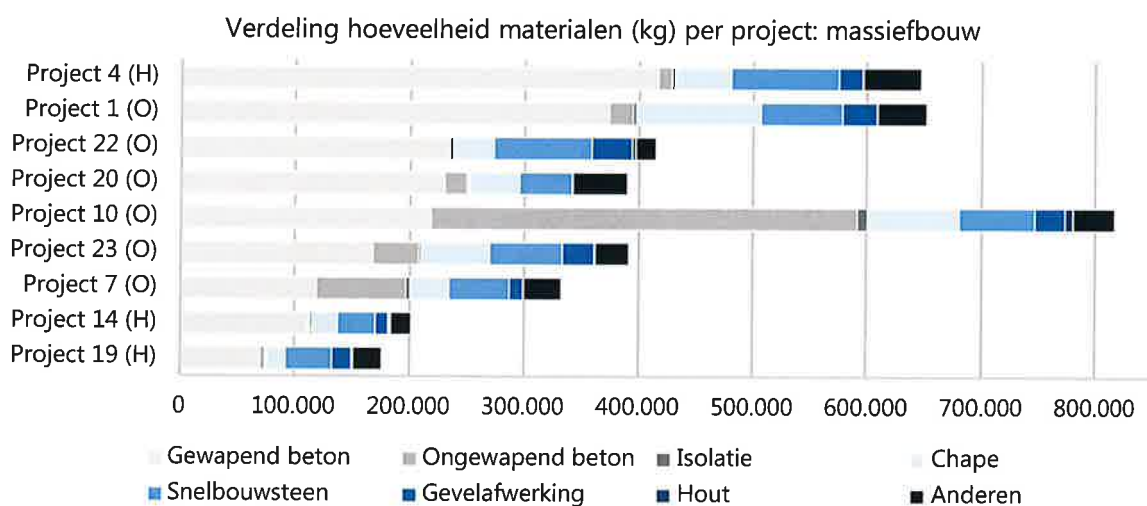
Vervolgens wordt de verhouding van de volledige hoeveelheid materiaal in een project per m² netto vloeroppervlakte bekeken. Gemiddeld bevat een massiefbouwwoning 1.729,50 kg bouw materiaal per m², met als maximale waarde 2.181,95 kg/m² voor project 1 en minimale waarde 1.115,07 kg/m² voor

project 19 (Tabel 4). De draagstructuur van de vloeren in project 19 is opgebouwd volgens het Stalton systeem (balken en potten) en heeft maar een dichtheid van 850 kg/m^3 t.o.v. 2.500 kg/m^3 voor gewapend beton. Dit project heeft ook een hellend dak, wat gewoonlijk minder materiaal (qua gewicht) vraagt dan een plat dak omdat de houten draagstructuur minder weegt dan een betonnen draagstructuur. De hoge waarde voor project 1 is enerzijds te danken aan de aanwezigheid van de ondergrondse (betonnen) muren (deze vallen onder de categorie 'anderen') en anderzijds heeft het project een plat dak met een draagstructuur uit gewapend beton (23,3% van het totaalgewicht).

Ook voor de verhouding van de volledige materiaalhoeveelheid in een project per m^2 netto vloeroppervlakte kan de aanname gemaakt worden wanneer geen van de massiefbouwprojecten een kelder zou hebben. Niet enkel de gemiddelde materiaalhoeveelheid daalt bij het aftrekken van de kelder (350.790,73 kg t.o.v. 447.290,95 kg), ook de netto vloeroppervlakte van de projecten (projecten 4, 20 en 22) daalt. Voor project 10 blijft de netto vloeroppervlakte gelijk omdat ze een kruipkelder heeft. De nieuwe gemiddelde netto vloeroppervlakte wordt dan $223,56 \text{ m}^2$ (t.o.v. $249,47 \text{ m}^2$). De gemiddelde hoeveelheid materiaal in een massiefbouwproject per m^2 netto vloeroppervlakte is nu $1.552,87 \text{ kg/m}^2$ (t.o.v. $1.729,50 \text{ kg/m}^2$). Gezien dit weer gebaseerd is op een reeks aannames, is dit slechts een theoretische waarde die in de praktijk sterk kan afwijken.

Opdeling per materiaalsoort

Na de bespreking van de verschillende constructieonderdelen kan ook gekeken worden naar de verschillende soorten materialen die aanwezig zijn in de massiefbouwoningen. Het meest gebruikte materiaal in een massiefbouwwooning is gewapend beton, gemiddeld 48,2% van het totaalgewicht. Teruggekoppeld aan de constructieonderdelen is gewapend beton in de massiefbouwoningen terug te vinden in de fundering, de kelder, de vloer op volle grond, de verdiepingsvloer(en) en het plat dak. Snelbouwsteen staat op de tweede plaats qua materialen die het meest voorkomen in massiefbouwoningen, met gemiddeld 13,8% van het totaalgewicht. Ongewapend beton vervolledigt de top drie (gemiddeld 13,7% van het totaalgewicht) (Tabel 7 & Grafiek 18).



(O): open bebouwing - (H): halfopen bebouwing

Grafiek 18: Verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project: massiefbouw

Bron: (Vanherck, 2015)

In de massiefbouwwoningen bedraagt de gemiddelde hoeveelheid snelbouwstenen 63.857,52 kg (13,7% van het totaalgewicht). De gemiddelde hoeveelheid materiaal in de wanden (binnen- en buitenwand) van een massiefbouwwoning bedraagt 91.951,92 kg. Uit deze waardes kan afgeleid worden dat gemiddeld ca. 68,8% van de wanden bestaat uit snelbouwstenen. De waardes variëren van 78,9% voor project 4 tot 53,7% voor project 20. Deze snelbouwstenen worden gebruikt voor zowel de opbouw van het binnenspouwblad als de opbouw van de (niet-) dragende binnenmuren. Er kan dus gekeken worden de verhouding van de hoeveelheid snelbouwstenen (qua gewicht) voor het binnenspouwblad t.o.v. de hoeveelheid snelbouwstenen voor de binnenmuren (Tabel 8).

Verhouding snelbouwsteen binnenspouwblad & binnenmuren

	SNELBOUWSTEEN BINNENSPOUW- BLAD (kg)	SNELBOUWSTEEN BINNENMUREN (kg)	TOTAAL SNELBOUWSTEEN (kg)	VERHOUDING BINNENSPOUW- BLAD (%)	VERHOUDING BINNENMUREN (%)
Project 1	32.382,00	39.564,00	71.946,00	45	55
Project 4	48.538,00	46.998,00	95.536,00	51	49
Project 7	39.536,00	13.594,00	53.130,00	74	26
Project 10	28.952,00	37.226,00	66.178,00	44	56
Project 14	22.934,94	9.991,10	32.926,04	70	30
Project 19	34.482,00	5.446,00	39.928,00	86	14
Project 20	40.740,00	5.866,00	46.606,00	87	13
Project 22	44.676,24	41.108,06	85.784,30	52	48
Project 23	51.307,20	12.868,10	64.175,30	80	20
Gemiddelde	38.172,04	23.629,03	61.801,07	65,5	34,5

Tabel 8: Verhouding snelbouwsteen binnenspouwblad & binnenmuren
Bron: (Vanherck, 2015)

Gemiddeld is er een verhouding van ca. 65%-35% tussen de hoeveelheid snelbouwstenen (qua gewicht) van het binnenspouwblad en de hoeveelheid snelbouwstenen van de binnenmuren. Dit is slechts een gemiddeld waarde want enkel de projecten 7 en 10 wijken niet sterk af van deze gemiddelde verhouding (Tabel 8). Bij de projecten 19 en 20 zijn een deel van de binnenmuren opgebouwd met betonblokken (deze vallen onder de categorie 'ongewapend beton'), waardoor het percentage van de binnenmuren laag blijft. De verhouding van 65%-35% (ca. $2/3^{de}$ - $1/3^{de}$) werd enkel bepaald door frequenties in MS Excel, om te spreken over een significant(e) verband (of afwijking) zal een statistische analyse uitgevoerd moeten worden.

Tot slot wordt gekeken naar de hoeveelheid snelbouwsteen per m² netto vloeroppervlakte. De gemiddelde waarde bedraagt 251,63 kg snelbouwsteen/m². De maximale waarde bedraagt 313,08 kg snelbouwsteen/m² voor project 10 en de minimale waarde bedraagt 176,49 kg snelbouwsteen/m².

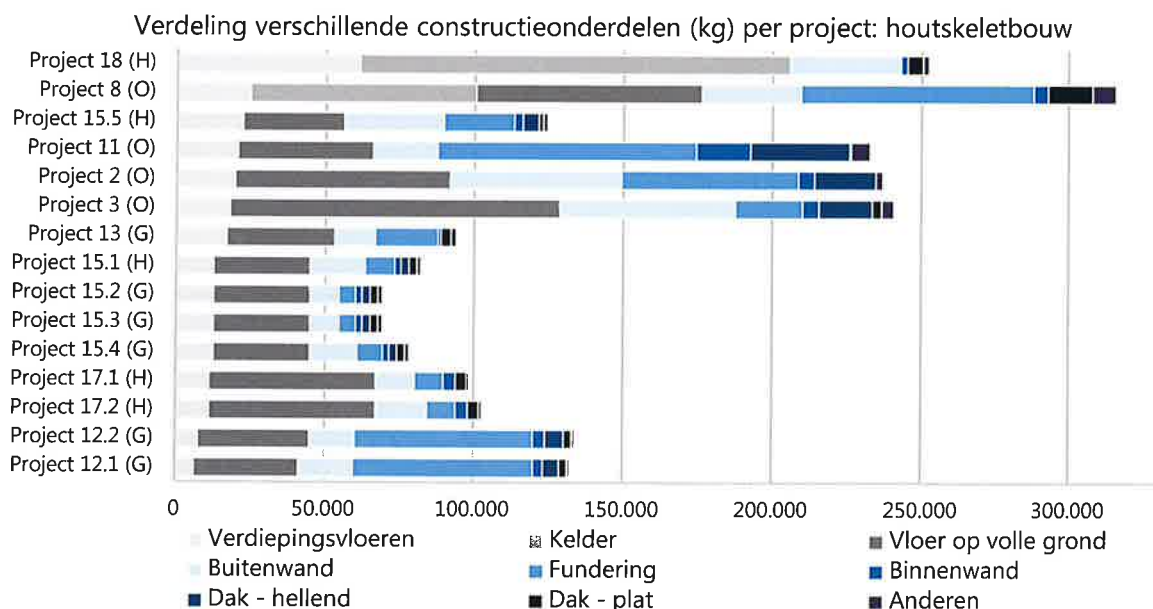
Alle massiefbouwprojecten uit het veldonderzoek hebben een gevelafwerking met gevelsteen, behalve project 20, deze heeft een afwerking met gevelpleister. Ondanks een ander, lichter, afwerkingsmateriaal is project 20 niet veel 'lichter' (1.661,47 kg/m²) dan het gemiddelde van de andere massiefbouwwoningen (1.729,50 kg/m²).

4.3.1.2 Houtskeletbouw

Negen projecten uit het veldonderzoek zijn opgebouwd volgens het principe van de houtskeletbouw, maar deze negen projecten bevatten vijftien verschillende woningen. De woningen hebben een gemiddelde netto vloeroppervlakte van 167,38m² en een gemiddeld netto gebouwvolume van 474,17m³. Beide waarden zijn kleiner dan de gemiddelde waarden uit het hele veldonderzoek (respectievelijk 206,65m² en 617,11m³). De compactheid van de woningen bedraagt gemiddeld 2,17m (t.o.v. totaal gemiddeld 2,08m). Het gemiddelde totaalgewicht aan materiaal van deze projecten bedraagt 150.887,28 kg, wat bijna de helft minder is dan de gemiddelde waarde van alle projecten van de verschillende constructietypes uit het veldonderzoek (297.397,36 kg) (Tabel 3). Toch zijn er twee projecten die opvallen door hun hoog totaalgewicht, project 8 (315.901,09 kg) en project 18 (252.449,42 kg). Beide projecten hebben een kelderkuip, een constructieonderdeel dat doorgaans vervaardigd is uit gewapend beton en dus een hoog gewicht heeft. Om meer gelijkheid te creëren tussen de woningen wordt een theoretische aanname gemaakt voor deze projecten wanneer ze geen kelder zouden hebben (zie ook 4.2.3 'Algemene bevindingen') (Tabel 5). De gemiddelde hoeveelheid materiaal voor de houtskeletbouwwoningen zou dan dalen naar 136.164,48 kg (i.p.v. 150.887,28 kg). Project 8 is een grotere woning dan de gemiddelde houtskeletbouwwoning (260,98m² versus gemiddeld 167,38m²) wat een verklaring kan zijn voor het nog steeds totaalgewicht (240.048,72 kg) van het project.

Opdeling per constructieonderdeel

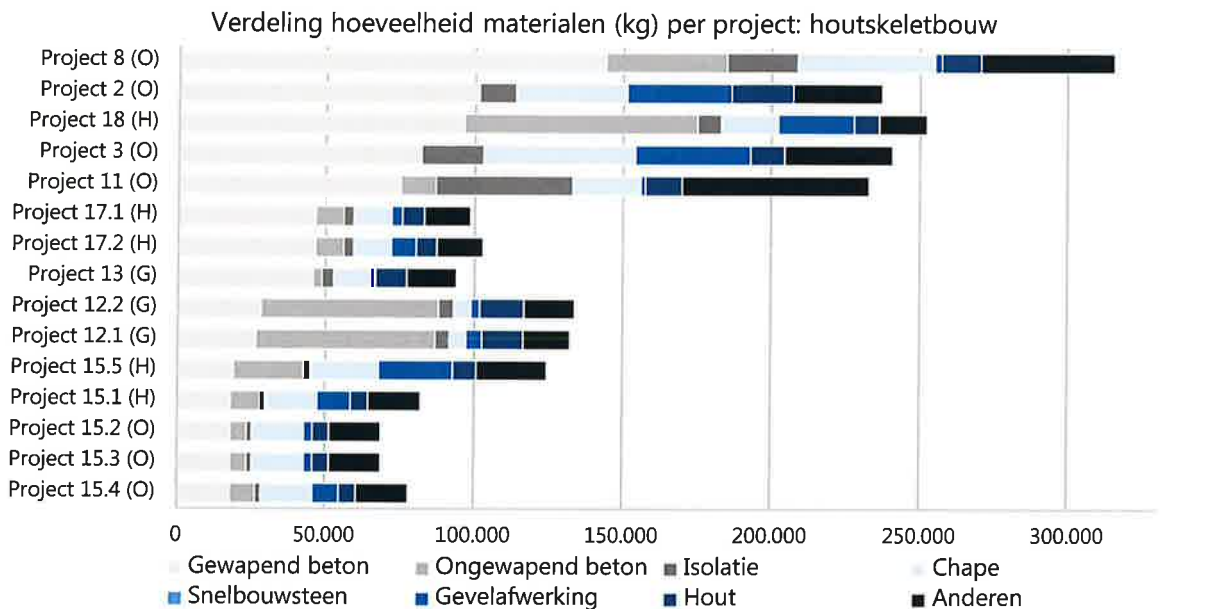
Terug gekeken naar de reële situatie van het veldonderzoek is bij een houtskeletbouwwoning het zwaarste constructieonderdeel de vloer op volle grond (30,3% van het totaalgewicht), gevolgd door de fundering (gemiddeld 20,4% van het totaalgewicht). Beide constructietype-elementen bevatten een hoeveelheid (on)gewapend beton wat een zwaar materiaal is. Op de derde plaats komt de buitenwand (gemiddeld 16,5% van het totaalgewicht) (Tabel 6 & Grafiek 19).



(O): open bebouwing - (H): halfopen bebouwing - (G): gesloten bebouwing
 Grafiek 19: Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: houtskeletbouw
 Bron: (Vanherck, 2015)

Opdeling per materiaalsoort

Gewapend beton heeft het grootste aandeel in het totaalgewicht van deze woningen (34,6%), gevolgd door de categorie 'anderen' (16,2% met onder andere houtvezelplaten, dakpannen, blauwe hardsteen, tegels enz. ...) en om de top drie af te ronden is er nog het ongewapend beton (14,5%) (Tabel 7 & Grafiek 20).



(O): open bebouwing - (H): halfopen bebouwing - (G): gesloten bebouwing
 Grafiek 20: Verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project: houtskeletbouw
 Bron: (Vanherck, 2015)

Het aandeel hout, wat het kenmerkend materiaal is voor een houtskeletbouwwoning staat slechts op de zesde en voorlaatste plaats met gemiddeld 6,6% van het totaalgewicht. Project 13 is een project met de grootste waarde aan hout, nl. 11,1% van het totaalgewicht en project 18 is een project met de kleinste waarde aan hout, nl. 3,4% van het totaalgewicht. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn dat project 13 een project is met vier bouwlagen die allemaal zijn opgebouwd uit hout (densiteit: 750 kg/m³), dit in vergelijking met project 18 dat slechts drie bouwlagen heeft waarvan één bouwlaag het kelderniveau is dat opgebouwd is in beton (densiteit: 2.500 kg/m³). In vergelijking met de andere constructietypes beslaat het hout hier een groot aandeel in het gewicht van de woningen. In de staalbouwwoning is er slecht 1,03% hout, in de massiefbouwwoning gemiddeld 0,39% en in de betonbouwwoning gemiddeld 0,14% (Grafiek 26). Natuurlijk is dit hier wel logisch, gezien het hier om houtskeletbouwwoningen gaat, met hout als voornaamste constructiemateriaal.

Twee woningen binnen dit constructietype hebben een kelder (project 8 & 18), waarbij een aanname kan gemaakt worden wanneer deze woningen geen kelder zouden hebben (Tabel 5). Na afdruk van de kelder, stijgt het aandeel hout in deze woning, voor project 8 naar 5,37% (t.o.v. 4,24%) en voor project 18 naar 7,91% (t.o.v. 3,37%). Het gemiddelde aandeel hout voor alle houtskeletbouwwoningen na deze aanname stijgt naar 7,32% (t.o.v. 6,63%).

Algemeen gekeken (geen aannames meer) heeft een houtskeletbouwwoning in het veldonderzoek gemiddeld 907,54 kg materiaal per m² vloeroppervlakte. Hierbij springt project 18 uit met een hoge waarde van 2.002,61 kg/m² (de aanwezigheid van de betonnen kelder) en project 11 met een lage waarde van 598,12 kg/m². De vloerplaat van de vloer op volle grond is in dit project opgebouwd in glasschuim met een dichtheid van 170 kg/m³, wat veel lager is dan de gebruikelijke vloerplaat uit gewapend beton (dichtheid 2.500kg/m³). Binnen deze hoeveelheid materiaal kan gekeken worden naar het aandeel hout. Per vierkante meter vloeroppervlakte is er in een houtskeletbouwwoning uit het veldonderzoek gemiddeld 62,8 kg hout, met opvallende waarden voor project 15 (woning 2 en woning 3) met 99,0 kg hout en project 2 met slechts 31,8 kg hout per m² netto vloeroppervlakte. Vervolgens kan gekeken worden naar de verhouding van houtgewicht voor het binnenspouwblad t.o.v. het aandeel hout voor de binnenwanden. Er is een gemiddelde verhouding van ca. 67%-33% (2/3^{de} - 1/3^{de}) tussen de hoeveelheid hout (qua gewicht) van het binnenspouwblad en de hoeveelheid hout van de binnenmuren (Tabel 9). Projecten 8, 13, 15 (woning 2 en 3) zijn projecten waarbij deze verhouding zeer sterk afwijkt. Project 13 is een woning in gesloten bebouwing en heeft slecht op één van de vier bouwlagen binnenmuren (Tabel 3). De afwijkingen van de andere woningen hebben geen directe verklaring. De verhouding werd ook enkel bepaald door frequenties uit MS Excel, om te spreken van een significant verband moet een statistische analyse uitgevoerd worden.

Opmerkelijk is wel dat de verhouding van hoeveelheid snelbouwstenen (qua gewicht) voor het binnenspouwblad t.o.v. de hoeveelheid snelbouwstenen voor de binnenmuren (massiefbouw) én de verhouding van het houtgewicht voor het binnenspouwblad t.o.v. het aandeel hout voor de binnenwanden (houtskeletbouw) ongeveer gelijk zijn (2/3^{de} - 1/3^{de}) ondanks de verschillen tussen beide constructietypes.

Verhouding hout binnenspouwblad & binnenmuren

	HOUT BINNENSPOUW- BLAD (kg)	HOUT BINNENMUREN (kg)	TOTAAL HOUT (kg)	VERHOUDING BINNENSPOUW- BLAD (%)	VERHOUDING BINNENMUREN (%)
Project 2	7.897,50	2.992,50	10.890,00	73	27
Project 3	1.762,50	855,00	2.617,50	67	33
Project 8	1.435,20	1.586,25	3.021,45	48	52
Project 11	1.426,00	688,69	2.114,69	67	33
Project 12.1	3.969,00	702,00	4.671,00	85	15
Project 12.2	3.836,70	809,25	4.645,95	83	17
Project 13	4.253,74	283,79	4.537,53	94	6
Project 15.1	1.419,12	1.081,79	2.500,91	57	43
Project 15.2	1.218,04	1.081,79	2.299,83	53	47
Project 15.3	1.218,04	1.081,79	2.299,83	53	47
Project 15.4	1.309,20	1.081,79	2.390,99	55	45
Project 15.5	2.068,50	1.264,48	3.332,98	62	38
Project 17.1	2.325,41	1.169,16	3.494,57	67	33
Project 17.2	2.325,41	1.169,16	3.494,57	67	33
Project 18	1.562,74	532,50	2.095,24	75	25
Gemiddelde	2.535,14	1.092,00	3.627,14	66,9%	33,1%

Tabel 9: Verhouding hout binnenspouwblad & binnenmuren
Bron: (Vanherck, 2015)

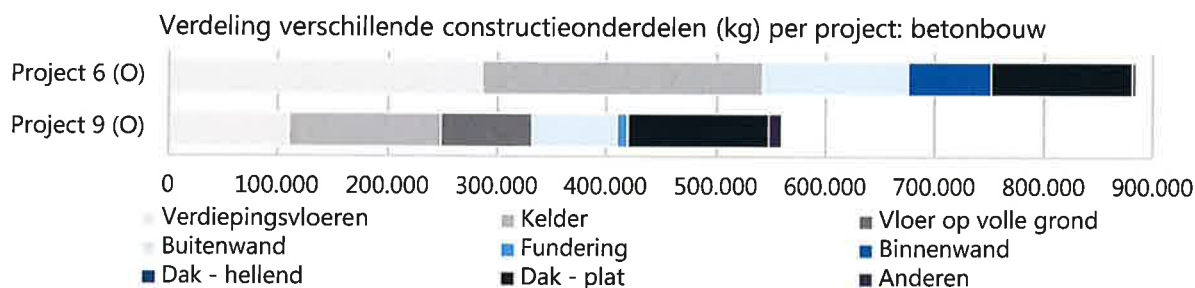
Tot slot kan gekeken worden naar de verhouding van de hoeveelheid materiaal t.o.v. het netto gebouwwolume. Gemiddeld heeft een houtskeletbouwwoning 319,36 kg materiaal per m³ gebouwwolume, waarvan gemiddeld 21,6 kg hout. Project 2 heeft hierbij een opvallend hoge waarde van 29,5 kg hout per m³ gebouwwolume en project 11 heeft een lage waarde met 13,3 kg hout per m³ gebouwwolume. Project 11 heeft een kelderkuip waardoor dit een project is met een zware structuur (en veel materiaal), het aandeel hout blijft hierin dan kleiner.

4.3.1.3 Betonbouw

Twee projecten uit het veldonderzoek zijn projecten volgens het principe van de betonbouw (Grafiek 25 & Grafiek 26). Deze twee woningen hebben samen een gemiddelde netto vloeroppervlakte van 321,09m² en een gemiddeld netto gebouwwolume van 1135,87m³ (t.o.v. totaal gemiddelde van respectievelijk 206,55m² en 617,11m³). Deze gemiddelde waarden zeggen weinig over deze projecten, omdat project 6 een woning een vloeroppervlakte heeft dat bijna twee keer zo groot is als dat van project 9 (407,80 m² t.o.v. 234,38m²), het verschil in gebouwwolume is kleiner, 1.242,14 m³ (voor project 6) t.o.v. 1.029,60 m³ (voor project 9). Project 9 heeft een grote vide in de woning wat dit verschil (deels) verklaart. Beide projecten hebben ook een kelder en zijn, voor woningen in open bebouwing, compacte gebouwen met een gemiddelde compactheid van 2,31m. Hun gemiddelde hoeveelheid materiaal bedraagt 722.033,13 kg wat 2,4 keer meer is dan de gemiddelde waarde over alle projecten uit het veldonderzoek (297.397,36 kg) (Tabel 3).

Opdeling per constructieonderdeel

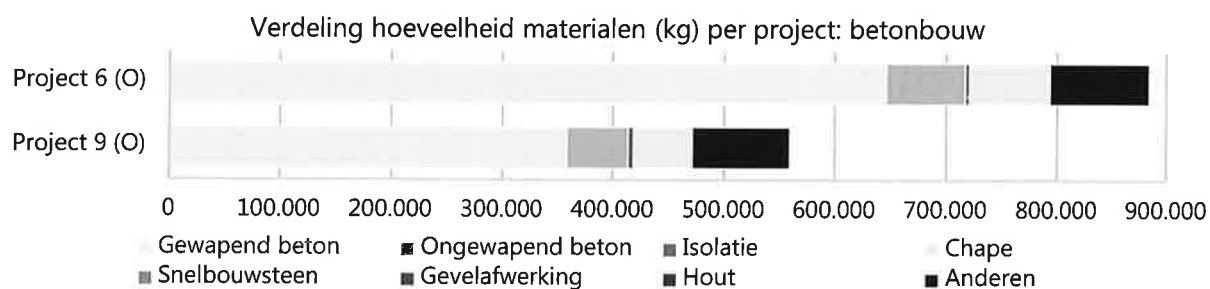
Het constructieonderdeel met gemiddeld het meeste materiaal (qua gewicht) zijn de verdiepingsvloeren, ca. 27,5% van het totaalgewicht. Op de tweede plaats is de kelderkuip terug te vinden met 27,3% van het totaalgewicht. Als derde constructieonderdeel is er het plat dak, met 17,8% van het totaalgewicht (Tabel 6 & Grafiek 21). In bijna al de constructieonderdelen van beide betonbouwwoningen is (on)gewapend beton terug te vinden, enkel de binnenwanden van project 9 zijn opgebouwd uit gipskartonplaten.



(O): open bebouwing
Grafiek 21: Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: betonbouw
Bron: (Vanherck, 2015)

Opdeling per materiaalsoort

Niet erg verrassend is het meest gebruikte materiaal (qua gewicht) in de betonbouwwoningen gewapend beton met 69,6% van het totaalgewicht. Deze hoge waarde is vrij voorspelbaar omdat bijna alle constructieonderdelen gewapend beton bevatten. Op de tweede plaats komt de categorie 'anderen', met 12,4% van het totaalgewicht en op de derde plaats, met 8,7% van het totaalgewicht, volgt ongewapend beton (Tabel 7 & Grafiek 22).



(O): open bebouwing
Grafiek 22: Verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project: betonbouw
Bron: (Vanherck, 2015)

Gemiddeld bevat een betonbouwwoning uit het veldonderzoek 2.278,14 kg materiaal per m² netto vloeroppervlakte en 627,77 kg materiaal per m³ netto gebouwwolume (Tabel 4). Daarbij aansluitend kan de grote hoeveelheid gewapend beton kan in verhouding gebracht worden met de vloeroppervlakte en het gebouwwolume. Gemiddeld bevat een betonbouwwoning uit het veldonderzoek 1.557,37 kg beton per vierkante meter. Voor beide projecten liggen de waardes rond dit gemiddelde (1.584,94 kg/m² voor project 6 vs. 1.529,84 kg/m² voor project 9). De woningen hebben gemiddeld 434,3 kg gewapend beton per kubieke meter. Voor project 9 ligt deze waarde lager dan voor project 6 (respectievelijk 348,26 kg/m³ vs. 520,34 kg/m³).

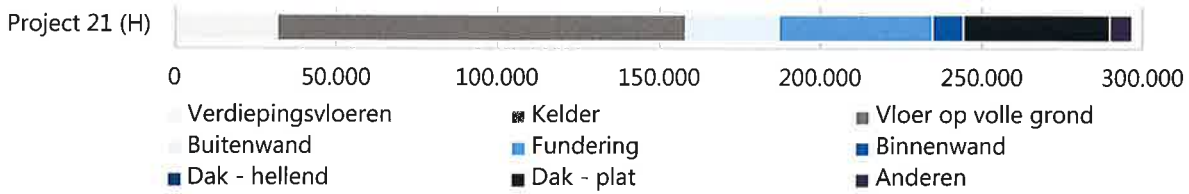
4.3.1.4 Staalbouw

In het veldonderzoek is slecht één project volgens het constructietype staalbouw opgenomen, nl. project 21. Het project heeft geen kelder. De netto vloeroppervlakte van het project bedraagt 181,49m² wat kleiner is dan de gemiddelde netto vloeroppervlakte (nl. 206,55m²). Het project heeft een netto gebouwwolume van 508,71m³ (ook kleiner dan het gemiddelde, nl. 617,11m³). De compactheid van het gebouw is kleiner (1,67m) dan de gemiddelde waarde (2,08m) (Tabel 3).

Opdeling per constructieonderdeel

In deze staalbouwwoning beslaat de vloer op volle grond het grootste aandeel (42,7% van het totaalgewicht). Op de tweede plaats staat de fundering met 16,0% en als derde het plat dak met 15,4% van het totaalgewicht (Tabel 6 & Grafiek 23).

Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: staalbouw

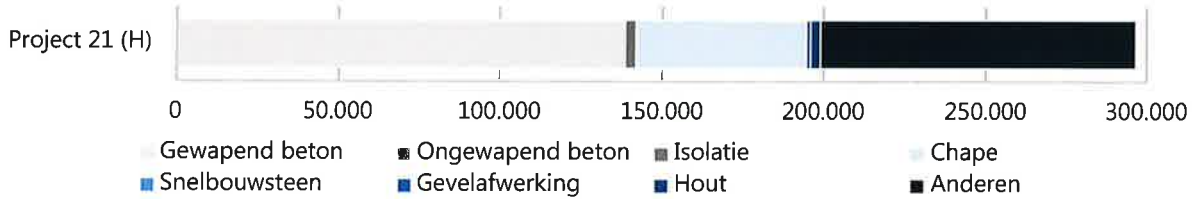


(H): halfopen bebouwing
 Grafiek 23: Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: staalbouw
 Bron: (Vanherck, 2015)

Opdeling per materiaalsoort

Bij de materialen staat gewapend beton op nummer één met 46,6% van het totaalgewicht, gevolgd door de categorie 'anderen' met 33,0% van het totaalgewicht. In dit project is de categorie 'anderen' opvallend groter dan bij de andere constructietypes (gemiddeld 12,0% van het totaalgewicht). Oorzaak hiervoor is dat binnen deze categorie ook constructieve elementen in staal opgenomen zijn. Waar in andere projecten geen of zeer weinig (<1% van het totaalgewicht) staal aanwezig is, is dit in dit project 26,9% (de wapening in het gewapend beton wordt hier niet in rekening gebracht). Het staal in deze woning zit verwerkt in de wanden (zowel buiten- als binnenwanden), de verdiepingsvloer en het plat dak, gezien hier stalen elementen gebruikt worden als draagstructuur van het gebouw. Gemiddeld bestaat elk van deze constructieonderdelen voor 68,9% uit staal. De chape komt op de derde plaats met 17,8% van het totaalgewicht (Tabel 7 & Grafiek 24).

Verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project: staalbouw

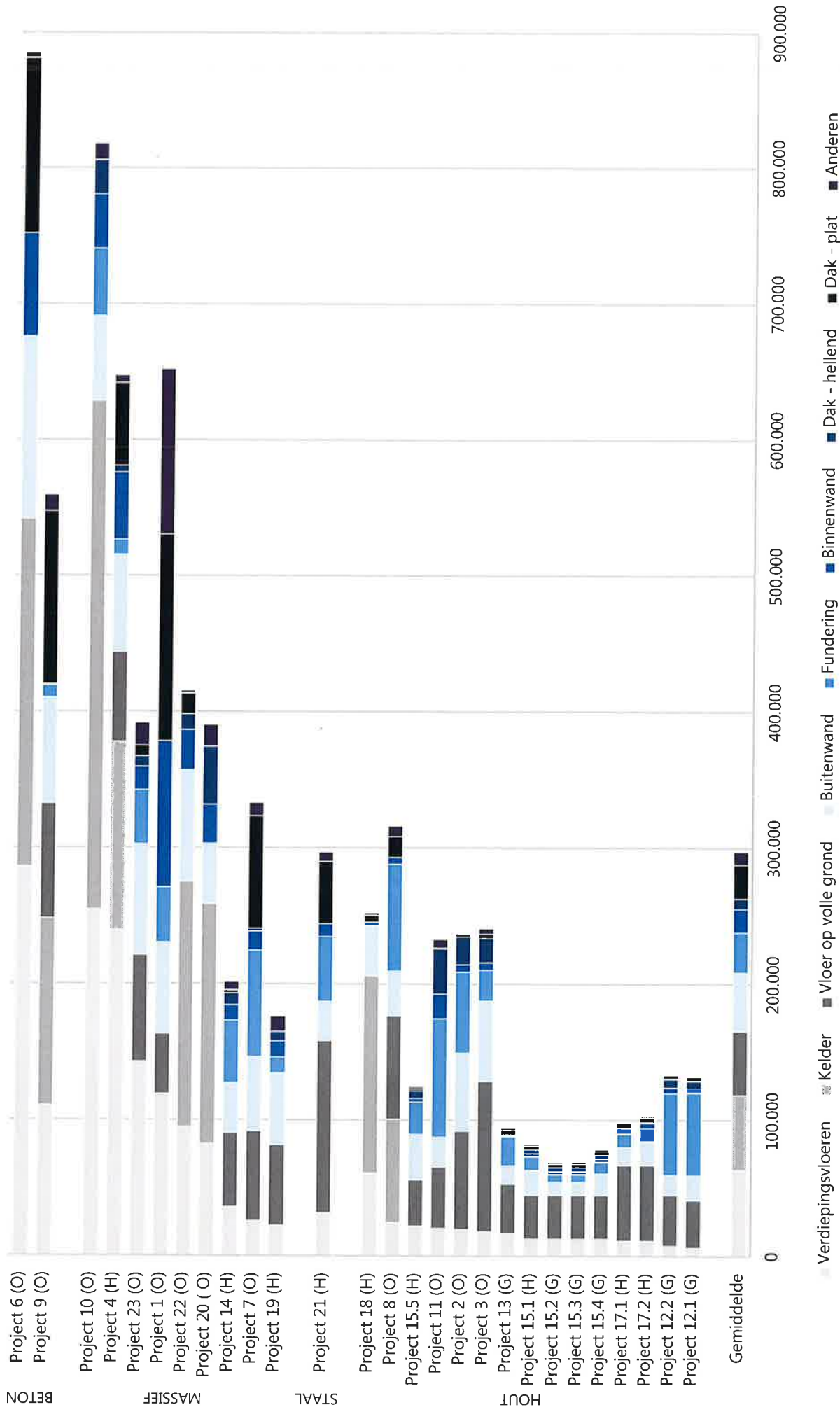


(H): halfopen bebouwing
 Grafiek 24: Verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project: staalbouw
 Bron: (Vanherck, 2015)

4.3.1.5 Besluit

Elke woning, ongeacht het constructietype, is opgebouwd volgens éénzelfde stappenplan. De woning wordt gefundeerd en/of heeft een kelder, gevolgd door een vloer op volle grond en de verdiepingsvloer(en). Wanden worden geplaatst voor het creëren van ruimtes en het geheel wordt dichtgemaakt met een plat of hellend dak. Ondanks dit basisidee kunnen de onderdelen opgebouwd worden met een brede waaier aan verschillende materialen en deze worden mede bepaald door de keuze van het constructietype. Elk constructietype heeft een kenmerkend materiaal. Voor de massiefbouw is dat de snelbouwsteen, voor een houtskeletbouw is dat hout, voor een betonbouw is het beton en voor een staalbouw gaat het om staal. Deze materialen zullen dan ook in hun constructietype t.o.v. de andere constructietypes meer voorkomen. Snelbouwsteen is enkel terug te vinden in een massiefbouwwoning en beslaat daar gemiddeld 14,2% van het totaalgewicht. Hout is terug te vinden in alle constructietypes maar in een houtskeletbouwwoning zit gemiddeld 12,7 keer meer hout dan in een ander constructietype (zijnde 6,6% bij houtskelet en gemiddeld 0,5% bij andere). Ook bij staalbouw is de hoeveelheid constructiestaal veel groter (26,9% van het totaalgewicht) in vergelijking met de andere constructie waar geen of zeer weinig (<1% van het totaalgewicht) in verwerkt zit. In een betonbouwwoning is gemiddeld 1,5 keer meer (on)gewapend beton dan in de andere constructietypes (78,3% versus gemiddeld 52,5%). (On)gewapend beton speelt over alle constructietypes heen een bepalende rol voor het materiaalgewicht van de projecten door zijn hoog soortelijk gewicht (ca. 2.400 kg/m³ voor ongewapend beton en ca. 2.500 kg/m³ voor gewapend beton). Bij de analyse van de constructieonderdelen was er een minder duidelijk beeld over kenmerkende elementen van de constructietypes. Voor de houtskeletbouwwoning en de staalbouwwoning is de vloer op volle grond het constructieonderdeel dat het meeste materiaal (qua gewicht) bevat, voor de betonbouwwoning en de massiefbouwwoning (de kelder hier buiten beschouwing gelaten) is dit de verdiepingsvloer(en). Verder komen de fundering, het plat dak en de buitenwand ook aan bod als constructieonderdelen die veel materialen vereisen (gekeken op basis van het gewicht). Deze constructieonderdelen bevatten doorgaans allemaal beton of een andere massief materiaal (snelbouwsteen) wat automatisch zorgt voor een groter aandeel in het totale gewicht van de woningen. Wel is er bij de massiefbouwwoning en de houtskeletbouwwoning een verhouding gevonden van het materiaalgewicht van het binnenspouwblad ten opzichte van het materiaalgewicht van de binnenmuren. Voor massiefbouw bedraagt de verhouding van de snelbouwstenen voor deze constructieonderdelen 65% - 35%, voor houtskeletbouw bedraagt de verhouding van het hout voor deze constructieonderdelen 67% - 33%. Voor beide constructietypes komt dit neer op een verhouding van ca. 2/3^{de} - 1/3^{de}, maar dit moet verder nagegaan worden door een statistische analyse.

Constructietypes: verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project



Grafiek 25: Constructietypes: verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project
Bron: (Vanherck, 2015)

4.3.2 Materiaalgebruik in functie van woningtypologie

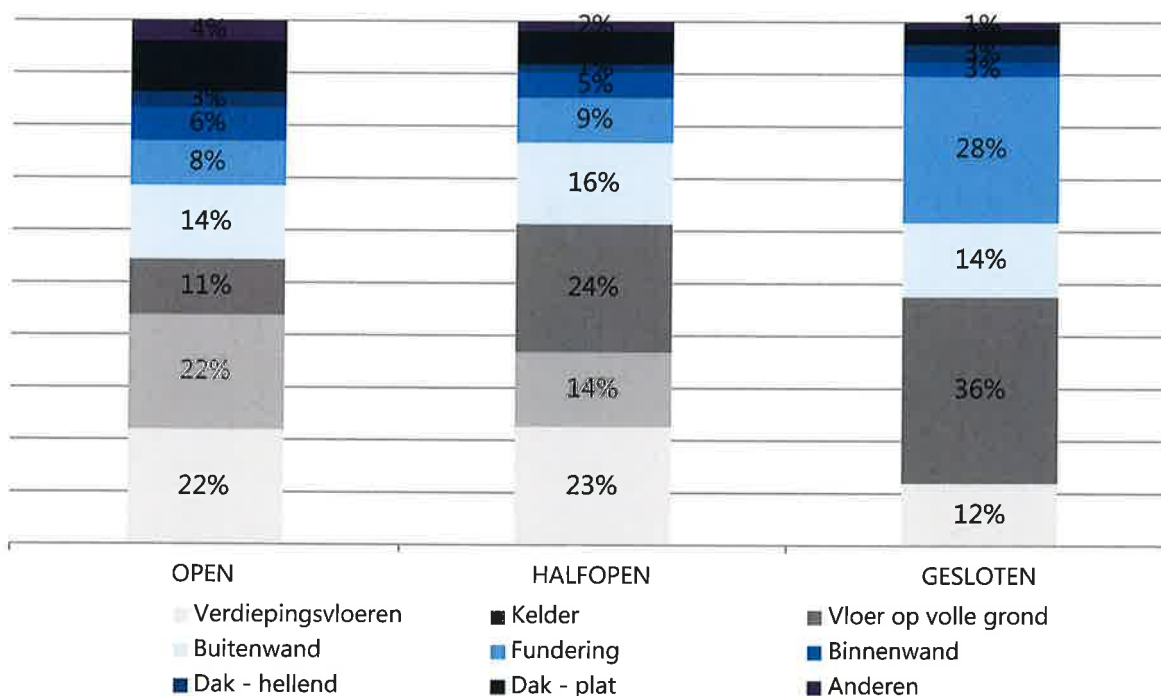
In dit hoofdstuk worden de verschillende woningtypologieën uit het veldonderzoek besproken. Het grote verschil tussen de open, halfopen en gesloten bebouwing is het aantal vrije en gedeelde gevels. Ook hier verloopt de bespreking steeds op dezelfde wijze: de algemene gegevens, gevolgd door een kijk op de constructieonderdelen in de projecten en tot slot de verschillende materiaalsoorten die gebruikt worden binnen woningtypologieën. Onderstaande tabellen (Tabel 10 & Tabel 11) vormt samen met de grafieken (Grafiek 35 & Grafiek 36) op het einde van dit hoofdstuk de basisgegevens van het hoofdstuk.

Gemiddelde materiaalhoeveelheid (kg) van de verschillende woningtypologieën:
constructieonderdelen

Projecten	OPEN BEBOUWING	HALFOPEN BEBOUWING	GESLOTEN BEBOUWING	GEMIDDELDE ALLE PROJECTEN
	1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 20, 22 & 23	4, 14, 15.1, 15.5, 17.1, 17.2, 18, 19 & 21	12.1, 12.2, 13, 15.2, 15.3 & 15.4	
Constructieonderdelen				
Fundering	38.700,11	18.831,75	26.870,89	28.405,93
Kelder	99.980,63	31.456,61	0	60.281,73
Vloer op volle grond	48.069,67	53.761,56	34.189,93	46.882,58
Verdiepingsvloeren	99.847,27	49.743,55	11.473,03	63.084,87
Buitenwand	64.576,96	34.384,67	13.604,85	43.185,73
Binnenwand	29.006,82	10.808,22	2.486,58	14.565,70
Dak - hellend	13.343,84	3.197,41	3.293,59	7.728,31
Dak - plat	44.500,00	13.980,73	2.814,18	25.063,40
Anderen	17.905,74	4.089,77	1.311,61	8.199,12
TOTAAL	455.931,03	220.254,26	96.044,66	297.397,36

Tabel 10: Gemiddelde materiaalhoeveelheid (kg) van de verschillende woningtypologieën: constructieonderdelen
Bron: (Vanherck, 2015)

Verdeling constructieonderdelen per woningtypologie (%)



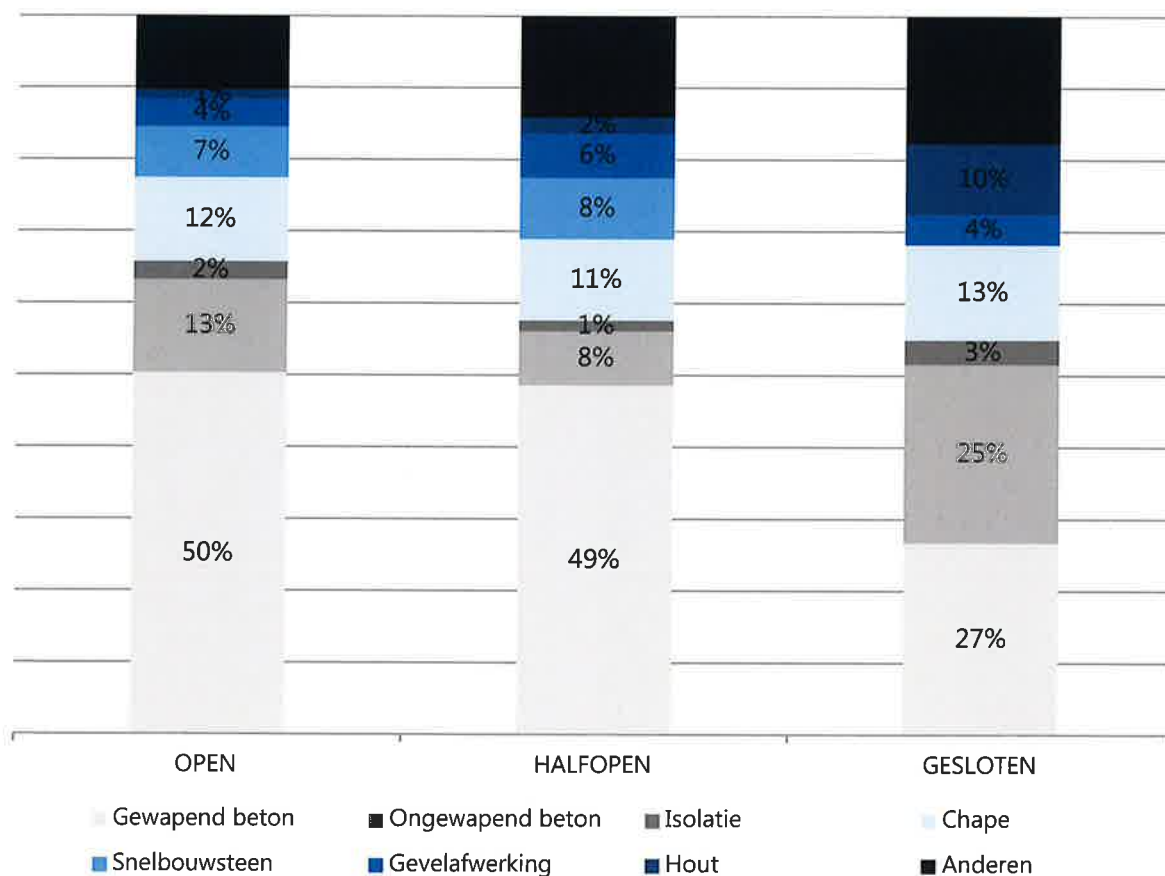
Grafiek 27: Verdeling constructieonderdelen per woningtypologie (%)
Bron: (Vanherck, 2015)

Gemiddelde materiaalhoeveelheid (kg) van de verschillende woningtypologieën: materiaalsoorten

Projecten	OPEN BEBOUWING	HALFOPEN BEBOUWING	GESLOTEN BEBOUWING	GEMIDDELDE ALLE PROJECTEN
	1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 20, 22 & 23	4, 14, 15.1, 15.5, 17.1, 17.2, 18, 19 & 21	12.1, 12.2, 13, 15.2, 15.3 & 15.4	
Materiaalsoorten				
Gewapend beton	229.218,20	107.000,72	25.664,65	143.244,92
Ongewapend beton	59.229,05	16.572,80	23.826,04	37.142,96
Isolatie	11.321,06	3.232,62	3.252,56	6.831,91
Chape	53.317,82	25.060,72	12.745,93	34.882,81
Snelbouwsteen	32.318,30	18.710,00	0	20.600,36
Gevelafwerking	17.598,99	13.746,60	4.138,45	13.323,63
Hout	5.963,16	4.798,45	9.325,04	6.322,01
Anderen	46.964,45	31.132,35	17.092,01	35.048,76
TOTAAL	455.931,03	220.254,26	96.044,66	297.397,36

Tabel 11: Gemiddelde materiaalhoeveelheid (kg) van de verschillende woningtypologieën; materiaalsoorten
Bron: (Vanherck, 2015)

Verdeling materiaalsoorten per woningtypologie (%)



Grafiek 28: Verdeling materiaalsoorten per woningtypologie (%)
Bron: (Vanherck, 2015)

Er zijn in deze eerste gegevensreeks een aantal opvallende waardes. De waarde voor de funderingen in gesloten bebouwing is een hoge waarde, zeker omdat dit enkel houtskeletbouwwoningen zijn (26.870,89 kg). Bij een eerste kijk zijn deze woningen zelfs zwaarder gefundeerd dan de woningen in halfopen bebouwing (18.831,75 kg). Twee projecten in halfopen bebouwing (project 4 en 18) hebben een kelder, hierdoor is geen aparte fundering meer nodig. Dit zorgt ervoor dat de waarde voor de funderingen laag blijft (Tabel 10).

Vervolgens is er de hoge isolatiewaarde voor de gebouwen in open bebouwing. Enerzijds zijn vier projecten binnen deze woningtypologie een houtskeletbouwwoning. Een houtskeletbouwwoning bevat doorgaans meer isolatie dan een ander constructietypes (Tabel 7). Anderzijds zijn de woningen in open bebouwing gemiddeld ook veel groter dan de woningen in halfopen en gesloten bebouwing. Deze twee aspecten kunnen een verklaring zijn voor de hoge waarde (Tabel 11).

Volgende opvallende waardes zijn de waardes van de gemiddelde hoeveelheid chape, deze dalen op een gelijkmatige manier t.o.v. de gemiddelde netto vloeroppervlakte (53.317,82 kg bij 282,28m², 25.060,72 kg bij 160,14m² en 12.745,93 kg bij 125,16m²). Een gelijkaardige fenomeen is te zien bij de gemiddelde waardes van de gevelafwerking, deze daalt wanneer de gemiddelde verliesoppervlakte van de projecten daalt (17.598,99 kg bij 453,28m², 13.746,60 kg bij 256,78m² en 4.138,45 kg bij 140m²).

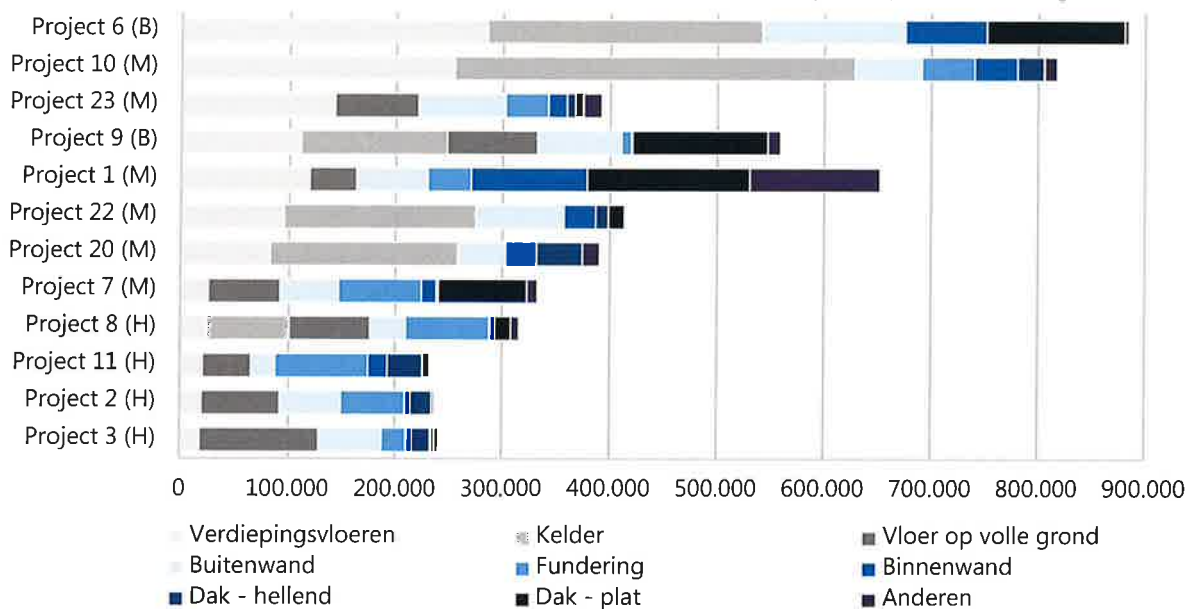
4.3.2.1 Open bebouwing

In het veldonderzoek zijn er twaalf projecten volgens de woontypologie open bebouwing. Deze woningen hebben samen een gemiddelde vloeroppervlakte van 282,28m² en een gemiddeld gebouwwolume van 846,50m³ (t.o.v. totaal gemiddelde van 206,55m² en 617,11m³). De woningen hebben een gemiddelde compactheid van 1,87m en een verliesoppervlakte van 453,28m². De gemiddelde hoeveelheid materiaal bedraagt 455.931,03 kg, de gemiddelde hoeveelheid materiaal per vierkante meter is 1.615,17 kg/m² en per kubieke meter is dat 538,61 kg/m³ (Tabel 3 & Tabel 4). De verhouding tussen de bruto verliesoppervlakte en de netto vloeroppervlakte bedraagt gemiddeld 1,64.

Opdeling per constructieonderdeel

Acht woningen hebben een kelder waardoor het constructieonderdeel dat het meeste materiaal bevat (qua gewicht) dan ook de kelderkuip is (gemiddeld 21,9% van het totaalgewicht). Wanneer er een aanname wordt gemaakt waarbij deze acht woningen geen kelder meer zouden hebben (zie ook 4.2.3 'Algemene bevindingen) (Tabel 5) daalt de gemiddelde materiaalhoeveelheid naar 355.950,40 kg. Een waarde die nog steeds ver boven de gemiddelde materiaalhoeveelheid (297.397,36 kg) van dit veldonderzoek ligt. Op de tweede plaats komen de verdiepingsvloeren met gemiddeld 21,9% van de het totaalgewicht en als derde is er nog de buitenwand met gemiddeld 14,2% van het totaalgewicht (Tabel 10 & Grafiek 29).

Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: open bebouwing

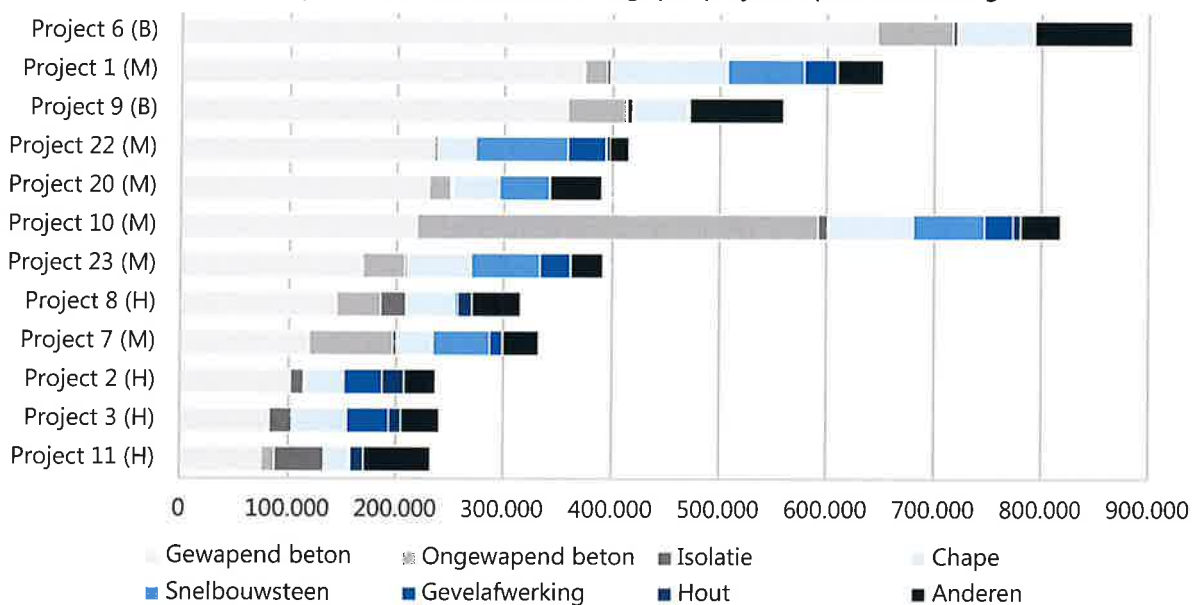


(B): betonbouw - (M): massiefbouw - (H): houtskeletbouw
 Grafiek 29: Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: open bebouwing
 Bron: (Vanherck, 2015)

Opdeling per materiaalsoort

Als meeste gebruikte materiaal (qua gewicht) komt op de eerste plaats het gewapend beton met 50,3% van het totaalgewicht, op de tweede plaats het ongewapend beton met 13,0% en op de derde plaats de chape met 11,7% (Tabel 11 & Grafiek 30). De zware steenachtige materialen nemen dus de bovenhand in de woningen in open bebouwing in dit veldonderzoek.

Verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project: open bebouwing



(B): betonbouw - (M): massiefbouw - (H): houtskeletbouw
 Grafiek 30: Verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project: open bebouwing
 Bron: (Vanherck, 2015)

Tot slot wordt gekeken naar de verhouding van de hoeveelheid gevelafwerkingsmateriaal t.o.v. de totale netto vloeroppervlakte van een project. Gemiddeld bedraagt deze waarde voor de woningen in open bebouwing 73,25 kg/m², maar hierbij moet opgemerkt worden dat project 9 niet is meegerekend. Dit project heeft een gevelafwerking van ongewapend beton die dan ook onder diezelfde categorie geplaatst is. Project 1, 2, 3, 7, 10, 22 en 23 hebben een waarde hoger dan de gemiddelde waarde, wat te verklaren is door de gevelafwerking in gevelsteen. Deze zeven projecten hebben een gemiddelde waarde van 112,56 kg/m². Projecten 6, 8, 11 en 20 hebben een veel lagere gemiddelde waarde (4,45 kg/m²) die te verklaren is door de gevelpleister als gevelafwerking. De dichtheid van gevelsteen en gevelpleister verschillen maar zeer weinig (1.400 kg/m³ versus 1.300 kg/m³), maar de gevelpleister is veel dunner aangebracht dan een gevelsteen die in het veldonderzoek telkens een dikte heeft van 0,09m.

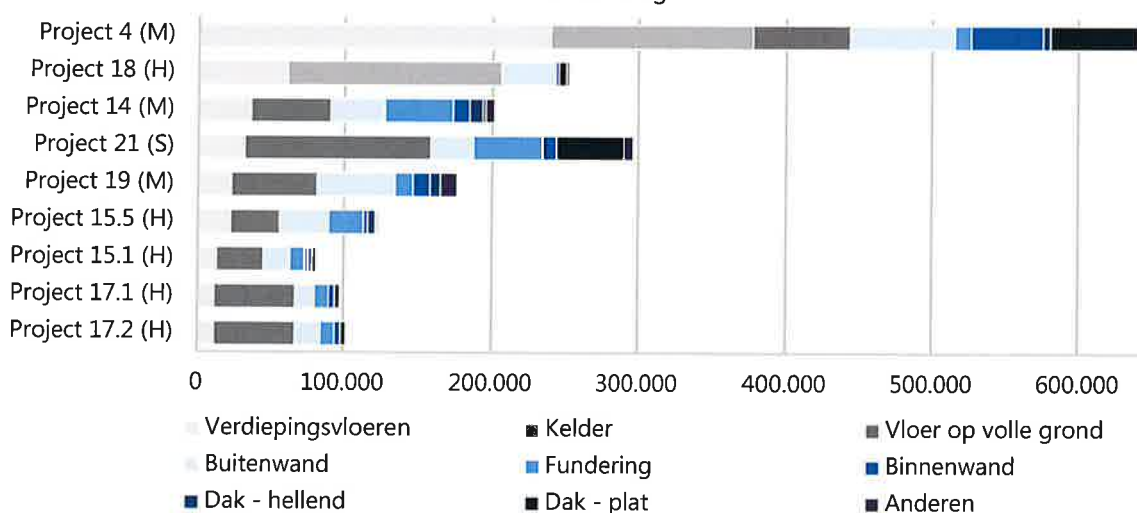
4.3.2.2 Halfopen bebouwing

Zeven projecten, negen woningen, uit het veldonderzoek, zijn projecten in halfopen bebouwing. Ze hebben een gemiddelde netto vloeroppervlakte van 160,14m² en een netto gebouwwolume van 457,95m³. Hun gemiddelde verliesoppervlakte bedraagt 256,75m² en hebben een gemiddelde compactheid van 1,73m. De gemiddelde hoeveelheid materiaal bedraagt 220.254,26 kg, de gemiddelde hoeveelheid materiaal per vierkante meter is 1.375,40 kg/m² en per kubieke meter is dat 480,96 kg/m³ (Tabel 3 & Tabel 4).

Opdeling per constructieonderdeel

Bij de woningen in halfopen bebouwing is het de vloer op volle grond waarin het meeste materiaal vevat zit met 24,4% van het totaalgewicht, gevolgd door de verdiepingsvloeren (22,6% van het totaalgewicht en als derde is de buitenwand (15,6% van het totaalgewicht) (Tabel 10 & Grafiek 31).

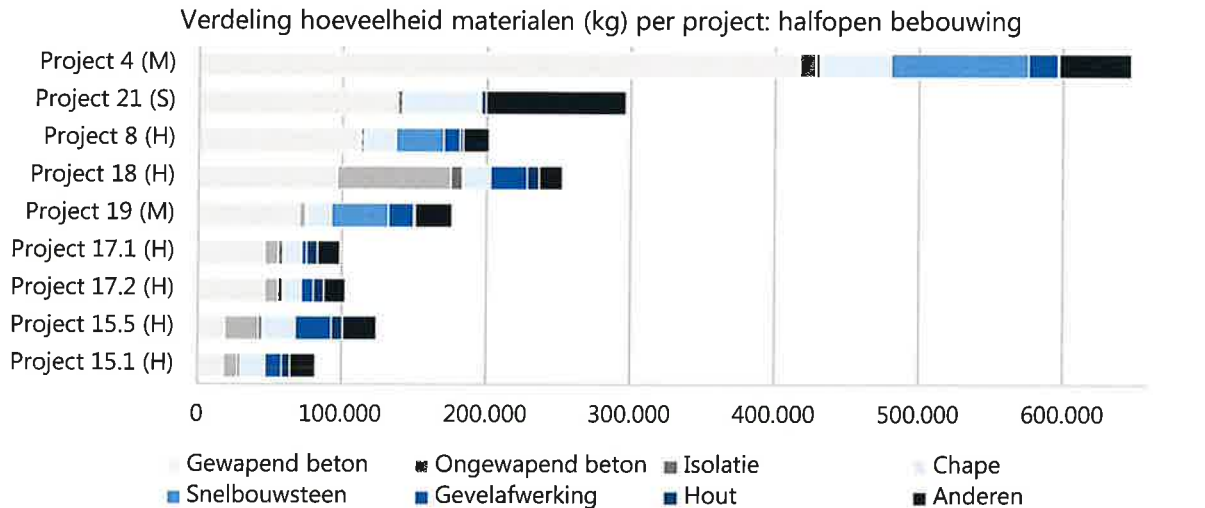
Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: halfopen bebouwing



(M): massiefbouw - (H): houtskeletbouw - (S): staalbouw
 Grafiek 31: Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: halfopen bebouwing
 Bron: (Vanherck, 2015)

Opdeling per materiaalsoort

Voor de materialen is ook hier weer gewapend beton het meeste gebruikte materiaal met 48,6% van het totaalgewicht. Op de tweede plaats komt de categorie 'anderen' en als derde de chape met 11,4% van het totaalgewicht (Tabel 11& Grafiek 32).



(M): massiefbouw - (S): staalbouw - (H): houtskeletbouw
Grafiek 32: Verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project: halfopen bebouwing
Bron: (Vanherck, 2015)

De verhouding van de hoeveelheid gevelafwerkingsmateriaal t.o.v. de totale netto vloeroppervlakte van een project bedraagt hier gemiddeld 90,26 kg/m². Project 4, 14, 18 en 19 zijn woningen met een gevelafwerking in gevelsteen, hun gemiddelde (112,66 kg/m²) ligt dan ook hoger. Bij project 17, woning 1 en woning 2, en project 15, woning 1 en woning 5, is de gevelafwerking een combinatie van gevelsteen en hout, hun ligt dan ook lager (88,68 kg/m²) dan het gemiddelde van alle woningen in halfopen bebouwing. Project 21 heeft een gevelafwerking in aluminium, wat een waarde geeft van slechts 6,96 kg/m².

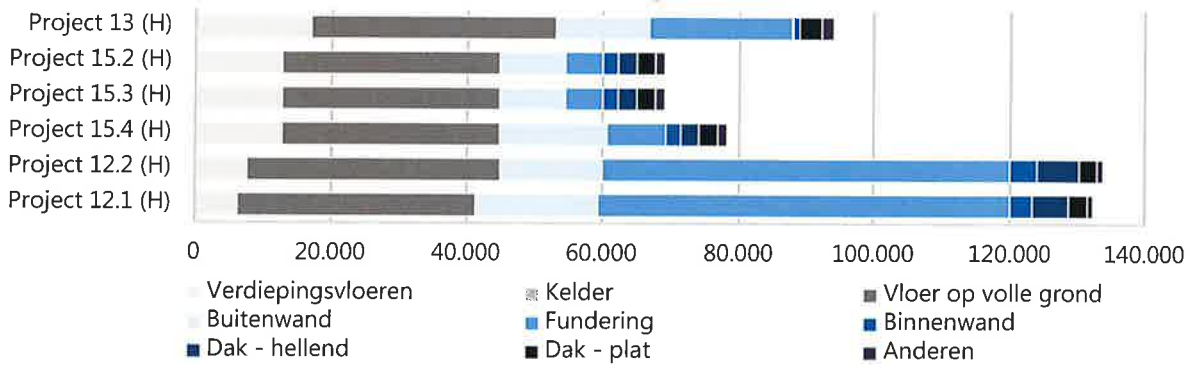
4.3.2.3 Gesloten bebouwing

In gesloten bebouwing zijn er in dit veldonderzoek drie projecten, zes woningen, opvallend allemaal houtskeletbouwoningen. De woningen hebben gemiddelde vloeroppervlakte van 125,16m² en een gemiddeld gebouwwolume van 397,08m³. Hun verliesoppervlakte bedraagt gemiddeld 140,0m² en hun compactheid 3,01m. De gemiddelde hoeveelheid materiaal bedraagt 220.254,26 kg, de gemiddelde hoeveelheid materiaal per vierkante meter is 767,35 kg/m² en per kubieke meter is dat 241,88 kg/m³ (Tabel 3 & Tabel 4). De verhouding tussen de bruto verliesoppervlakte en de netto vloeroppervlakte bedraagt gemiddeld 1,08.

Opdeling per constructieonderdeel

Het constructieonderdeel waarnaar het meeste materiaal gaat is hier de vloer op volle grond, met 35,6% van het totaalgewicht. Op de tweede plaats is de fundering terug te vinden met 28,0% van het totaalgewicht en om de top drie af te ronden is er de buitenwand met 14,2% (Tabel 10 & Grafiek 33).

Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: gesloten bebouwing

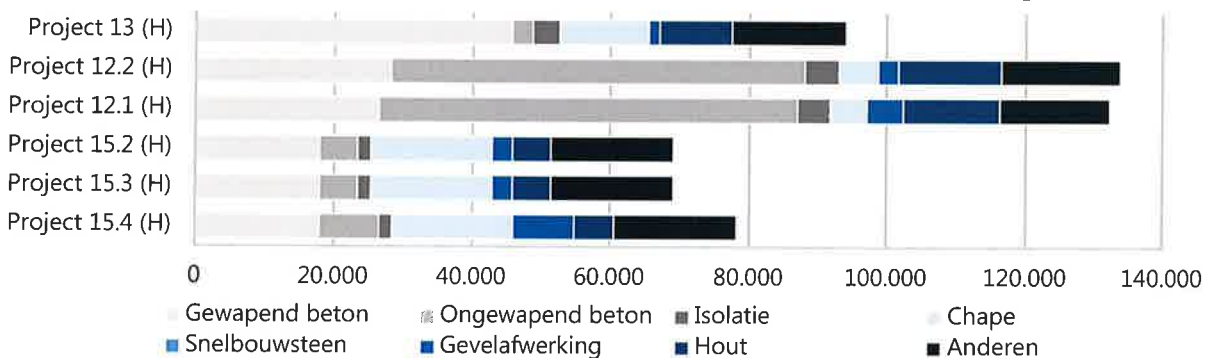


(H): houtskeletbouw
Grafiek 33: Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: gesloten bebouwing
Bron: (Vanherck, 2015)

Opdeling per materiaalsoort

Bij de materialen komt als eerste het gewapend beton (26,7% van het totaalgewicht), gevolgd door het ongewapend beton (24,8% van het totaalgewicht) en op de derde plaats is de categorie 'anderen' (Tabel 11 & Grafiek 34).

Verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project: gesloten bebouwing



(H): houtskeletbouw
Grafiek 34: Verdeling hoeveelheid materiaal (kg) per project: gesloten bebouwing
Bron: (Vanherck, 2015)

De projecten 12 (woning 1 en 2) en 15 (woning 2, 3 en 4) hebben een gecombineerde gevelafwerking van hout en gevelstenen (gemiddelde waarde van 39,12 kg/m²). Het afwerkingsmateriaal voor project 13 is enkel hout (11,90 kg/m²). De gemiddelde hoeveelheid gevelmateriaal t.o.v. de netto vloeroppervlakte bedraagt hier 34,58 kg/m².

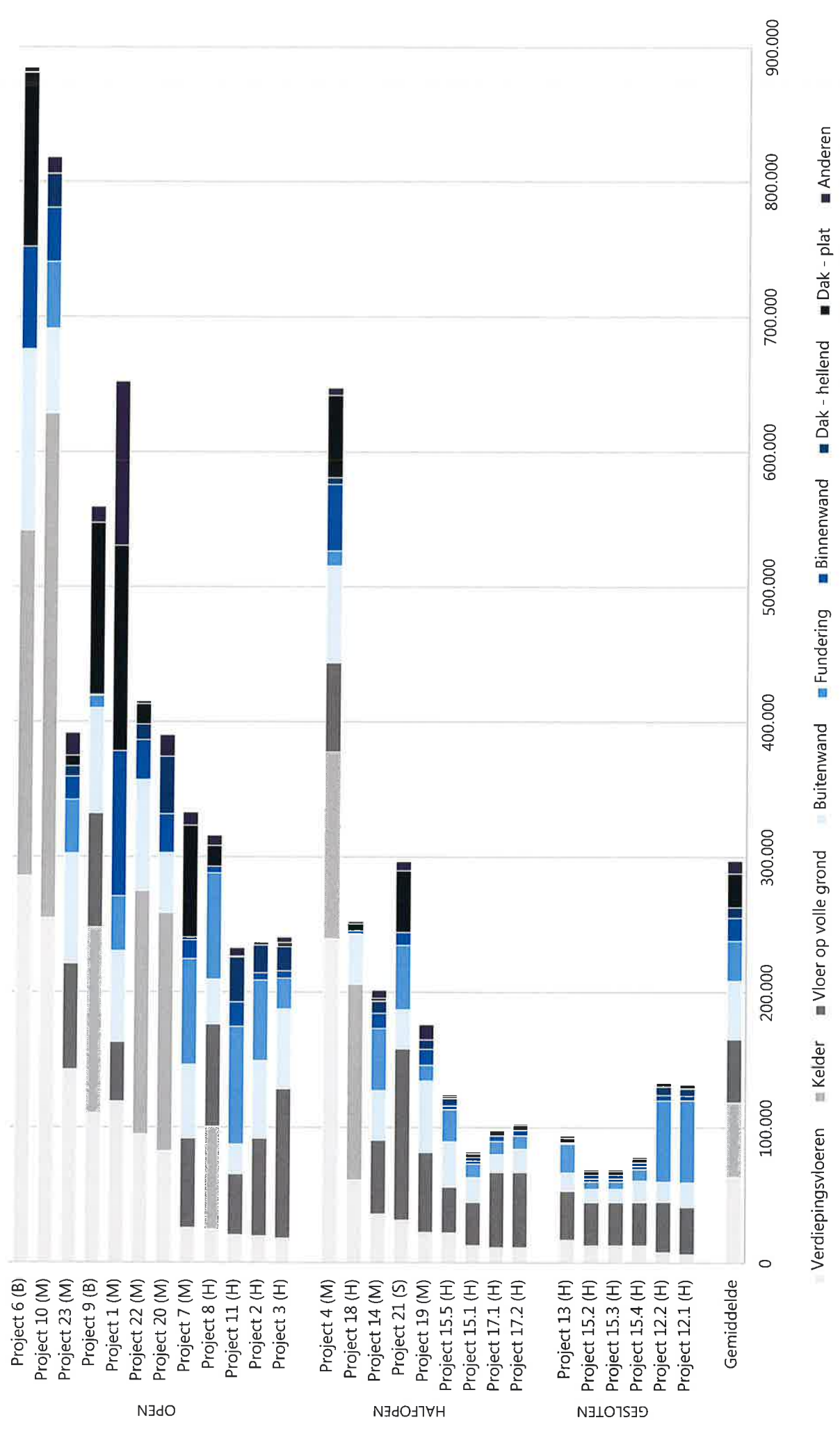
4.3.2.4 Besluit

In dit hoofdstuk zijn er enkele opvallende vaststellingen terug te vinden waarvan sommigen tegengesteld zijn met de verwachting van dit veldonderzoek. Een eerste vaststelling in dit veldonderzoek is de verhouding tussen de woningtypologie, de netto vloeroppervlakte van de woningen en de hoeveelheid materiaal in deze woningen. De woningen in open bebouwing zijn gemiddeld grote woningen (gemiddeld 282,28m²) en hebben daarbij een grote hoeveelheid materiaal (gemiddeld 457.473,36 kg). De woningen in halfopen bebouwing zijn gemiddeld kleiner (160,14m²) en bevatten daarbij ook gemiddeld minder materiaal, 220.254,26 kg. Tot slot, de woningen in gesloten bebouwing hebben een nog kleinere gemiddelde vloeroppervlakte (125,16m²) en daarbij ook een kleinere hoeveelheid materiaal (gemiddeld 96.044,66 kg). Ook de verhouding tussen de hoeveelheid materiaal en de netto vloeroppervlakte daalt steeds (1.615,17 kg/m² voor open bebouwing, 1.375,40 kg/m² bij halfopen bebouwing en 767,35 kg/m² bij gesloten bebouwing. Bij gesloten bebouwing moet wel opgemerkt worden dat dit enkele houtskeletbouwoningen zijn, deze zijn in het algemeen al lichter dan bv. massief- of betonbouwoningen. Vervolgens is ook vast te stellen dat woningen in open bebouwing doorgaans meer verliesoppervlakte hebben dan de woningen in gesloten bebouwing, wat logisch is door de vier vrije gevels van de open bebouwing en de twee vrije en twee gedeelde gevels van de gesloten bebouwing (gemiddeld 453,28m² voor open bebouwing, 256,78m² voor halfopen bebouwing en 140,0m² voor gesloten bebouwing).

Wat niet voldoet aan de verwachtingen is de verhouding van de bruto verliesoppervlakte t.o.v. de netto vloeroppervlakte. Door de dalende gemiddelde vloeroppervlakte van de verschillende woningtypologieën en de dalende gemiddelde verliesoppervlakte wordt ook in de verhouding een daling verwacht, dit is niet het geval. De verhouding van de halfopen bebouwing is hoger dan die van de open bebouwing (1,68 t.o.v. 1,64), wel is de verhouding van de halfopen bebouwing hoger dan deze van de gesloten bebouwing (1,68 t.o.v. 1,08). Voor de compactheid zou verwacht worden dat deze stijgt wanneer een woning minder vrije gevels heeft. Maar in dit veldonderzoek geldt ook deze verwachting niet, de compactheid van de woningen in open bebouwing (gemiddeld 1,87m) is inderdaad lager dan de compactheid van de woningen in gesloten bebouwing (gemiddeld 3,01m), maar de compactheid van de woning in halfopen bebouwing (gemiddeld 1,73m) is lager dan de compactheid van de woningen in gesloten bebouwing (gemiddeld 1,87m) (Tabel 4).

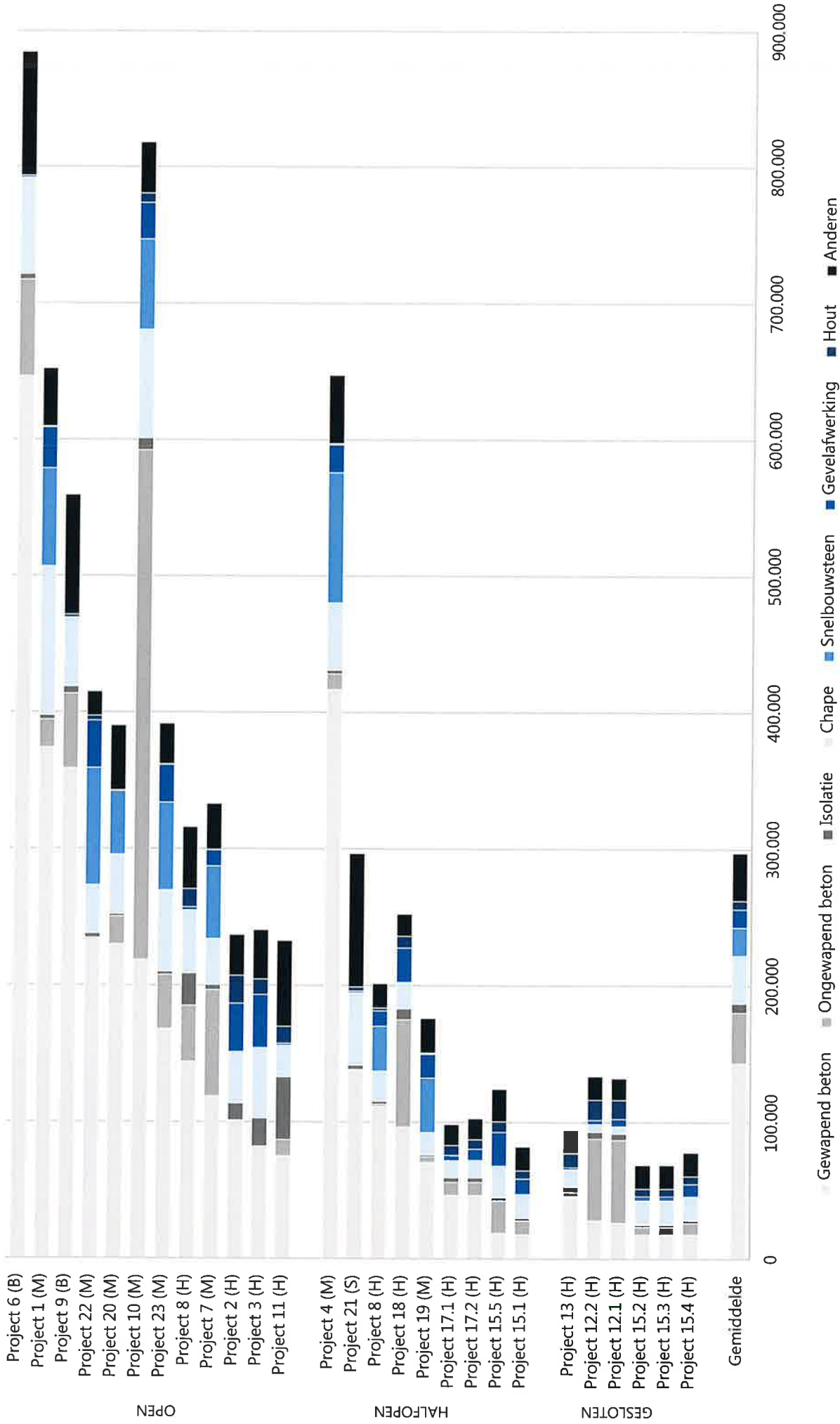
Tot slot wordt gekeken naar de verhouding van het gevelafwerkingsmateriaal t.o.v. de netto vloeroppervlakte. Ook deze voldoet niet aan de verwachtingen (hoe meer vrije gevels, hoe meer gevelafwerkingsmateriaal per m² netto vloeroppervlakte). Voor de open bebouwing is deze waarde lager dan deze voor de halfopen bebouwing (73,25 kg/m² t.o.v. 90,26 kg/m²). De woningen in halfopen bebouwing hebben, op één project na, allemaal een gevelafwerking in gevelstenen (gecombineerd met hout). Wat doorgaans zwaarder is dan een gevelafwerking is gevelpleister (vier projecten van de open bebouwing). De woningen in gesloten bebouwing zijn, op één project na, allemaal afgewerkt met gevelstenen en hout, wat een gemiddelde waarde van 38,58 kg/m² geeft.

Woningtypologie: verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project



(B): betonbouw - (M): massiefbouw - (H): houtskeletbouw - (S): staalbouw
 Grafiek 35: Woningtypologie: verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project
 Bron: (Vanherck, 2015)

Woningtypologie: verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project



(B): betonbouw - (M): massiefbouw - (H): houtskeletbouw - (S): staalbouw
 Grafiek 36: Woningtypologie: verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project
 Bron: (Vanherck, 2015)

4.4 Besluit

Dit veldonderzoek bestaat uit 21 Vlaamse projecten met 27 unieke woningen. De voornaamste basisgegevens van deze woningen werd opgelijst in tabel 3 en tabel 4 en aan de hand hiervan werden ze onderverdeeld per constructietype en woningtypologie.

Bij de onderverdeling volgens het constructietype wordt een onderscheid gemaakt tussen massiefbouw, houtskeletbouw, betonbouw en staalbouw.

De betonbouw, in dit onderzoek twee projecten, is het constructietype waarin het meest materiaal (qua gewicht) verwerkt zit (gemiddeld 722.033,13 kg) en is dus het zwaarste constructietype. Daarbij aansluitend is, zeer logisch, (on)gewapend beton het materiaal dat het meest gebruikt wordt. Gemiddeld bestaat 69,6% van een betonbouw uit beton (Grafiek 16). Het zwaarste constructieonderdeel bij dit constructietype zijn de verdiepingsvloeren (27,4% van het totaalgewicht) (Grafiek 15). De verhouding van het gebouwgewicht per m² netto vloeroppervlakte bedraagt gemiddeld 2.278,14 kg/m², wat veel hoger is dan het algemeen gemiddelde in dit veldonderzoek (1.312,27 kg/m²).

Op de tweede plaats als zwaarste constructietype staat de massiefbouw (negen projecten), met een gemiddeld gewicht van 447.290,96 kg. Ook in dit constructietype is het meest gebruikte materiaal (qua gewicht) het (on)gewapend beton (61,9% van het totaalgewicht), gevolgd door de snelbouwsteen, met ca. 13,8% van het totaalgewicht (Grafiek 16). De snelbouwsteen is het kenmerkend materiaal voor een massiefbouwwoning, omdat zowel het binnenspouwblad als de binnenmuren (in dit onderzoek) zijn opgebouwd met dit materiaal. De verhouding tussen beide materiaalhoeveelheden bedraagt gemiddeld 65%-35% (oftewel $2/3^{de}$ - $1/3^{de}$), maar moet nog verder onderzocht worden door een statistische analyse. Het constructieonderdeel waarin het meest materiaal verwerkt zit qua gewicht is de verdiepingsvloer (25,3% van het totaalgewicht) (Grafiek 15). Per m² netto vloeroppervlakte bevat een massiefbouwwoning gemiddeld 1.729 kg materiaal.

Na de massiefbouw volgt de staalbouw. Hierover kan algemeen weinig gezegd worden omdat in dit onderzoek slechts één woning volgens dit constructietype opgebouwd is. Het meest gebruikte materiaal (qua gewicht) in deze woning is gewapend beton met ca. 46,6% van het totaalgewicht (staal komt op de tweede plaats met ca. 26,9%) en het zwaarste constructieonderdeel is de vloer op volle grond (42,7%) (Grafiek 16 & Grafiek 15).

Als laatste constructietype volgt nog de houtskeletbouw, het lichtste constructietype. Negen projecten in dit onderzoek zijn opgebouwd volgens dit principe en hebben een gemiddeld gewicht van 150.887,28 kg. Gewapend beton is hier het materiaal dat het meest vevat zit in deze woningen (34,6% van het totaalgewicht). Hout, het kenmerkend materiaal, heeft slechts een waarde van 6,6% van het totaalgewicht, in vergelijking met de andere constructietypes is dit een hoge waarde (gemiddeld 0,5% van het totaalgewicht) (Grafiek 16). Er werd hier ook gekeken naar de verhouding van het hout in het binnenspouwblad t.o.v. het hout in de binnenmuren, hiervoor geldt de verhouding 67%-33% (ook ca. $2/3^{de}$ - $1/3^{de}$). Deze waarde moet nog verder worden onderzocht om na te gaan of dit werkelijk een significant verband is. Per m² netto vloeroppervlakte heeft houtskeletbouwwoning gemiddeld 907,54 kg materiaal.

In alle bovenstaande constructietypes is (on)gewapend beton het meest gebruikte materiaal qua gewicht. Gemiddeld bestaat een woning in dit onderzoek voor 48,2% uit gewapend beton. De kelderkuip is een constructieonderdeel dat hoofdzakelijk uit dit materiaal bestaat en waarover dus moet nagedacht worden. Zeker wanneer in de toekomst ook gekeken wordt naar de milieu-impact van de woningen en nadrukkelijk op de milieu-impact van beton (Bijleveld, Bergsma, & van Lieshout, 2013).

Een tweede onderverdeling in dit onderzoek is gemaakt volgens de woningtypologie. Open, halfopen en gesloten bebouwing worden hier van elkaar onderscheiden.

Twaalf woningen in het onderzoek zijn woning in open bebouwing. Deze woningen hebben een gemiddelde vloeroppervlakte van 282,28m². De gemiddelde hoeveelheid materiaal van deze woningen bedraagt 455.931,03 kg (Tabel 10) en in verhouding met de netto vloeroppervlakte wordt een waarde bekomen van 1.1615,17 kg/m². De gemiddelde hoeveelheid gevelafwerkingsmateriaal bedraagt hier 73,25 kg/m² netto vloeroppervlakte.

Voor halfopen bebouwing zijn er negen projecten, met een gemiddelde vloeroppervlakte van 160,14m², die een gemiddelde hoeveelheid materiaal hebben van 220.254,26kg (Tabel 10). Per m² vloeroppervlakte bevatten deze woningen 1.375,40kg materiaal en de gemiddelde hoeveelheid gevelafwerkingsmaterialen is hier 90,26 kg/m² netto vloeroppervlakte.

Tot slot zijn er nog de woningen in gesloten bebouwing die een gemiddelde netto vloeroppervlakte van 125,16m² hebben. Dit zijn enkel houtskeletbouwoningen en hebben een gemiddeld gewicht van 96.044,66 kg (Tabel 10). De verhouding van het materiaal t.o.v. de netto vloeroppervlakte is 767,35 kg/m² en de verhouding van het gevelafwerkingsmaterialen t.o.v. de netto vloeroppervlakte bedraagt 38,58 kg/m².

Verwacht wordt dat er voor de woningen in halfopen bebouwing minder gevelafwerkingsmateriaal nodig was dan voor de woningen in open bebouwing. Dit is niet geval en is te verklaren door de verschillende afwerkingsmaterialen die gebruikt zijn bij de verschillende projecten. De projecten in halfopen bebouwing hebben een afwerking hoofdzakelijk in gevelstenen (gecombineerd met hout), de projecten in open bebouwing hebben een afwerking in gevelstenen of gevelpleister. Deze laatste is lichter dan een gevelsteenafwerking. Zeven woningen in open bebouwing en vier woningen in halfopen bebouwing hebben een gevelafwerking van gevelsteen en toch is de verhouding van de gevelafwerking t.o.v. de netto vloeroppervlakte van de woningen bijna gelijk (112,56 kg/m² voor open bebouwing vs. 112,66 kg/m² in halfopen bebouwing). De gevelafwerking waarbij gevelstenen en hout gecombineerd worden komen voor in vier woningen in halfopen bebouwing en vijf woningen in gesloten bebouwing, hier heeft de verhouding een meer (verwachtte) realistische waarde (88,68 kg/m² voor halfopen bebouwing t.o.v. 39,12 kg/m² voor gesloten bebouwing).

In dit onderzoek hadden de analyses nog uitgebreid kunnen worden door verbanden te zoeken binnen elk constructietype t.o.v. elke woningtypologie. Dit werd niet gedaan omdat er bv. binnen het constructietype massiefbouw geen gegevens waren van een woning in gesloten bebouwing, of omdat er van het constructietype staalbouw slechts gegevens beschikbaar waren van één project, een project in halfopen bebouwing.

Conclusie

HOOFDSTUK 5

5. Conclusie

Het aantal Vlaamse nieuwbouwwoningen stijgt nog elk jaar, dit doorgaans zonder na te denken over het materiaalgebruik in deze woningen en de milieu-impact van deze materialen. De nadruk bij deze woningen ligt hoofdzakelijk op het beheersen van het energieverbruik tijdens de gebruiksfase van het gebouw en nog niet op de milieu-impact van het materiaalgebruik over de volledige levensduur van deze materialen. Deze vaststelling vormt de basis van deze scriptie, waarin onderzoek gedaan wordt naar het materiaalgebruik-profiel van een Vlaamse woning.

In de eerste plaats wordt door een literatuurstudie (hoofdstuk 1, 2 & 3) een beeld geschetst van het Vlaamse gebouwenpatrimonium. Op basis van een geschiedkundige achtergrond is vast te stellen dat de Vlaming 'een baksteen in z'n maag' heeft. De Vlaming bleef in het verleden trouw aan de massiefbouw en leeft doorgaans in een grote woning (gemiddeld 128m²). Bijkomend staan de meest Vlaamse woningen in open bebouwing. Nieuwe toekomstperspectieven voorspellen voor de volgende 25 jaren hierin een verandering. De Vlaming gaat meer bouwen met andere constructietypes (houtskeletbouw, betonbouw en staalbouw) en zal ook tevreden moeten zijn met een woning door steeds kleiner wordt (gemiddeld 108m²), al zijn deze woningen, in vergelijking met onze buurlanden (gemiddeld 75m²), nog steeds groot. Het aandeel woningen in open bebouwing zal ook dalen en een stijging wordt verwacht voor de woningtypologieën halfopen en gesloten bebouwing.

Via een eigen veldonderzoek (hoofdstuk 4) worden 21 projecten (27 woningen) geanalyseerd en wordt hun materiaalprofiel opgesteld. Hieruit blijkt dat het meest gebruikte materiaal, op basis van het gewicht, gewapend beton is, met gemiddeld 48,2% van het totaalgewicht van een woning. Of de Vlaming 'een baksteen in z'n maag' heeft kan hier in twijfel worden getrokken. Het kan in de toekomst dus interessant zijn om voor deze materiaal op zoek te gaan naar alternatieven, zeker met het oog op de milieu-impact van (on)gewapend beton (Bijleveld et al., 2013). De kelderkuip en de verdiepingsvloeren zijn de constructieonderdelen waarin dit materiaal het meest verwerkt zit.

Gemiddeld heeft een Vlaamse woning uit dit onderzoek 1.312,27 kg/m² netto vloeroppervlakte, voor woningen in open bebouwing ligt deze hoger dan voor woningen in gesloten bebouwing door het groter aantal vrije gevels (m.a.w. ze hebben een hoger materiaalgewicht: 1.620,18 kg/m² vs. 753,72 kg/m²). Ditzelfde kan bekeken worden met oog op de verschillende constructietypes, een houtskeletbouwwoning is doorgaans lichter (907,54 kg/m²) dan een woning volgens een ander constructietype. Betonbouwwoningen zijn het zwaarste constructietype met gemiddeld 2.278,14 kg/m² netto vloeroppervlakte. Tot slot is bij de massiefbouwwoningen en de houtskeletbouwwoningen gekeken naar de verhouding van de materiaalhoeveelheid voor het binnensponwblad t.o.v. de materiaalhoeveelheid van de binnenmuren. In beide gevallen is een verhouding van ca. 2/3^{de} - 1/3^{de} aanwezig, al gaat hier over een gemiddelde waarde en niet over een waarde die bepaald werd door een statistische analyse (wat in de toekomst wel relevant kan zijn).

Bibliografie

- AAM. (2016). Michel Paul-Amaury Retrieved from <http://aam.be/nl/lijst-van-archieven/>
- Agentschap Onroerend Erfgoed. (2015a). Arbeiderswoningen. Retrieved from <https://id.erfgoed.net/erfgoedobjecten/7117>
- Agentschap Onroerend Erfgoed. (2015b). Architectenwoning De Passer. Retrieved from <https://inventaris.onroenderfgoed.be/dibe/relict/6371>
- Agentschap Onroerend Erfgoed. (2015c). Langgesterkte hoeve. Retrieved from <https://id.erfgoed.net/erfgoedobjecten/10798>
- Agentschap Onroerend Erfgoed. (2015d). Neoclassicistisch herenhuis. Retrieved from <https://id.erfgoed.net/erfgoedobjecten/7501>
- Agentschap Onroerend Erfgoed. (2015e). Noodwoning Brugseweg 164 (Sint-Jan - WOI). Retrieved from <https://id.erfgoed.net/erfgoedobjecten/94437>
- Agentschap Onroerend Erfgoed. (2015f). Noodwoning type Jouret & Speltinckx. Retrieved from <https://id.erfgoed.net/erfgoedobjecten/30864>
- Agentschap Onroerend Erfgoed. (2015g). Noodwoning uit het interbellum. Retrieved from <https://id.erfgoed.net/erfgoedobjecten/209040>
- Agentschap Onroerend Erfgoed. (2015h). Wooncomplex met architectenwoning Willy Van Der Meeren. Retrieved from <https://inventaris.onroenderfgoed.be/dibe/relict/201211/beelden>
- Agentschap Onroerend Erfgoed. (2016). Tuinwijk Klein Rusland. Retrieved from <https://inventaris.onroenderfgoed.be/dibe/geheel/121964/beelden>
- Allacker, K. (2010). *Sustainable building - The development of an evaluation method*. Katholieke Universiteit Leuven, Heverlee.
- Belgische Baksteenfederatie. (2006). *Muur uit baksteenmetselwerk*. Retrieved from Brussel:
- Bijleveld, M., Bergsma, G., & van Lieshout, M. (2013). *Milieu-impact van betongebruik in de Nederlandse bouw*. Retrieved from Delft:
- Blaazer, A., van Gessel, F. T., Glas, G., Hijlkema, D., & Ledderhof, J. (2006). *Bouwproducten*. Utrecht/Zutphen: ThiemeMeulenhoff.
- Boonen, K., Bergmans, J., Hoof, V. V., Nielsen, P., Vanderreydt, I., Broos, K., & Dierckx, P. (2014). *Kortetermijn opdracht: evolutie vraag en aanbod zand in Vlaanderen*. Retrieved from Leuven:
- Ceulemans, W., & Verbeeck, G. (2015). *Grote Woononderzoek 2013*. Retrieved from Leuven:
- D'haeseleer, W. (2005). *Energie vandaag en morgen - beschouwingen over energievoorziening en -gebruik*. Leuven: Uitgeverij Acco.
- Danilith. (unknown). Historiek. Retrieved from <http://www.danilith.be/nl/over-bouwonderneming-danilith/historiek>
- De Caigny, S. (2010). *Bouwen aan een nieuwe thuis: wooncultuur in Vlaanderen tijdens het interbellum*. Leuven: Universitaire Pers Leuven.
- De Vos, E. (unknown). Wie houdt van de fermette? Stereotiep. Retrieved from <http://www.hetvirtueleland.be/cag/exhibits/show/geschiedenis-fermette/136/3>
- Deloof, W., Lemmens, B., & De Wilde, C. (2011). *De exterieurbijbel*. Houtvenne: Uitgeverij 2voor5.
- Dubois, M., & Poulain, N. (1987). Interbellumarchitectuur in Vlaanderen en Brussel: een historische schets. *Openbaar kunstbezit in Vlaanderen, 4*, 39.
- Floré, F. (2010). *Lessen in goed wonen: woonvoorlichting in België 1945-1958*. Leuven: Universitaire Pers Leuven.
- Frère, H. (2013). *Houtbouw in België 2011 en 2012*. Retrieved from Unknown:
- Frère, H. (2015). *Houtbouw in België 2011 en 2014*. Retrieved from Unknown:
- Heynen, H., Loeckx, A., De Cauter, L., & Van Herck, K. (2009). *Dat is architectuur: Sleutelteksten uit de twintigste eeuw*. Rotterdam: Uitgeverij 010.
- Jorna, R., van Engelen, J., & Hadders, H. (2004). *Duurzame innovatie, organisaties en de dynamiek van kenniscreatie*. Assen: Koninklijke Van Gorcum.
- Lanclus, K. (2009). Tuinwijk Klein Rusland. Retrieved from <https://inventaris.onroenderfgoed.be/dibe/geheel/21964>

- Liebaut, E. (2016). Woning Liebaut. Retrieved from <http://eugeenliebaut.be/index.php?/fun/sint-antelinks/>
- Meex, E. (2015). *Development of a methodology for architects for the assessment and integration of sustainable material use from the early design phase on*. Universiteit Hasselt, Hasselt.
- Meire, J. (2003). *De stilte van de salient, de herinnering aan de eerste wereldoorlog rond Ieper*. Tielt: Uitgeverij Lannoo nv.
- Passiefhuis-Platform vzw. (unknown). Bouwdetails. Retrieved from www.bouwdetails.be/2Ddetails.html
- Statistics Belgium. (2013a, 12.09.2014). Bouwvergunningen. Retrieved from http://statbel.fgov.be/nl/statistieken/cijfers/economie/bouw_industrie/gebouwenpark/
- Statistics Belgium. (2013b, 12.09.2014). Het gebouwenpark. Retrieved from http://statbel.fgov.be/nl/statistieken/cijfers/economie/bouw_industrie/gebouwenpark/
- Strauven, F. (2008). *Modernisme : van het Zwart Huis tot de Boekentoren* (Vol. 4). Tielt: Lannoo.
- Strauven, F., & Boone, V. (2008). *Nieuwe eenvoud en high tech : van Villa M tot het Fotomuseum* (Vol. 2). Tielt: Lannoo.
- Strauven, F., & Bral, G. J. (2008). *Art Nouveau : van Old England tot het Palais Stoclet* (Vol. 6). Tielt: Lannoo.
- Torfs, M. (2014). Vlaming gaat steeds kleiner wonen. Retrieved from <http://deredactie.be/cm/vrtnieuws/binnenland/1.2129045>
- Unknown. (2009). Batibouw: 50 jaar evolutie in architectuur en bouwen. Retrieved from <http://www.bouwenwonen.net/nieuwbouw/read.asp?id=21103>
- Unknown. (2011). Terugblik Ik ga Bouwen: houtskelet en inflatie. Retrieved from <http://ikgabouwen.knack.be/bouwen-renovatie/nieuws/terugblik-ik-ga-bouwen-houtskelet-en-inflatie/article-normal-439627.html>
- Van Gerrewey, C. (2014). *Architectuur België: 25 jaar in 75 projecten*. Tielt: Lannoo.
- Van Herck, K., & Avermaete, T. (2006). *Wonen in welvaart, Woningbouw en wooncultuur in Vlaanderen, 1948-1973*. Rotterdam: Uitgeverij 010.
- Van Laecke, W. (1989). Vloerverwarming - een combinatie van leidingen en dekvloer. *WTCB-tijdschrift*.
- Van Laecke, W. (1993). *Technische voorlichting 189: Dekvloeren*. Retrieved from Brussel: <http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=publ&doc=TVN%20237.pdf&lang=nl>
- Van Steenkiste, J. (2012). *Levensduur van bouwmaterialen voor massiefbouw*. Universiteit Gent, Gent.
- Vanden Bremt, I. (2013). *Je huis goed geregeld: een helder antwoord op de meest gestelde vragen*. Tielt: Lannoo.
- Vanherck, I. (2015). *Interne rekenfile o.b.v. verkregen projectinformatie*. Universiteit Hasselt.
- Vanhove, T. (2014). Vlaming woont tussen 7 en 12 procent compacter. Retrieved from <http://www.habitos.be/nl/kopen-huren/vlaming-woont-tussen-7-en-12-procent-compacter-9878/>
- Vanhove, T. (2015, 23 september 2015). Kleuren binnen de lijntjes. *Extra Knack - Special vastgoed*, 60.
- Verpoest, L., & Bral, G. J. (2008). *Neostijlen en eclecticisme : van het Justitiepaleis tot de Cogels-Osylei* (Vol. 7). Tielt: Lannoo.
- Verver, M. W., & Fraaij, A. L. A. (2004). *Materiaalkunde*. Groningen/Houten: Noordhoff Uitgevers
- zvd. (2012). Huizen in asbeton kregen pas in 1955 een gevel. *Nieuwsblad*. Retrieved from http://www.nieuwsblad.be/cnt/dmf20120920_00303887

Lijst met afbeeldingen, grafieken en tabellen

Afbeeldingen

Figuur 1: Woning De Passer	11
Figuur 2: Links: type 'Zanen&Moenaert' - rechts: Nissen Huts.....	12
Figuur 3: Tuinwijk Klein Rusland.....	123
Figuur 4: La Maison de Verre - achtergevel.....	123
Figuur 5: EGKS-huis	14
Figuur 6: Woning Liebaut.....	16
Figuur 7: Tijdslijn 1830 - 2015	18
Figuur 8: Detail: opbouw van een muur (massiefbouw)	22
Figuur 9: Volle muur - spouwmuur	23
Figuur 10: Detail: opbouw van een vloer op volle grond.....	25
Figuur 11: Hechtende, niet-hechtende en zwevende dekvloer	26
Figuur 12: Detail: opbouw van een vloer met vloerverwarming	27
Figuur 13: Detail: opbouw van een hellend dak (massiefbouw).....	28
Figuur 14: Detail: opbouw van een plat dak (massiefbouw).....	30
Figuur 15: Detail : opbouw van een muur (houtskeletbouw)	33

Grafieken

Grafiek 1: Constructietypes van Vlaamse woningen	20
Grafiek 2: Woningen in België: woontypologie.....	39
Grafiek 3: Woningen in België: bouwperiodes	39
Grafiek 4: Woontypologie: open bebouwing.....	40
Grafiek 5: Woontypologie: halfopen bebouwing	40
Grafiek 6: Woontypologie: gesloten bebouwing.....	40
Grafiek 7: Vlaamse woningtypologieën tussen 1995 en 2014.....	41
Grafiek 8: Vloeroppervlakte van Vlaamse woningen in open bebouwing	42
Grafiek 9: Vloeroppervlakte van Vlaamse woningen in halfopen bebouwing.....	43
Grafiek 10: Vloeroppervlakte van Vlaamse woningen in gesloten bebouwing.....	44
Grafiek 11: Constructietypes in Vlaanderen: literatuurstudie & veldonderzoek	53
Grafiek 12: Woontypologie in Vlaanderen: literatuurstudie & veldonderzoek	54
Grafiek 13: Verdeling hoeveelheid materialen (kg) voor projecten met een kelder.....	56
Grafiek 14: Verdeling materiaalhoeveelheid constructieonderdelen (%)	57
Grafiek 15: Verdeling constructieonderdelen per constructietype (%).....	59
Grafiek 16: Verdeling materiaalsoorten per constructietype (%)	60
Grafiek 17: Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: massiefbouw	61
Grafiek 18: Verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project: massiefbouw	62
Grafiek 19: Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: houtskeletbouw.....	64
Grafiek 20: Verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project: houtskeletbouw	65
Grafiek 21: Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: betonbouw	67
Grafiek 22: Verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project: betonbouw	68
Grafiek 23: Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: staalbouw.....	69
Grafiek 24: Verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project: staalbouw.....	69
Grafiek 25: Constructietypes: verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project	71
Grafiek 26: Constructietypes: verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project	72
Grafiek 27: Verdeling constructieonderdelen per woningtypologie (%).....	73
Grafiek 28: Verdeling materiaalsoorten per woningtypologie (%)	74
Grafiek 29: Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: open bebouwing	76
Grafiek 30: Verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project: open bebouwing.....	76
Grafiek 31: Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: halfopen bebouwing	77
Grafiek 32: Verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project: halfopen bebouwing	78

Grafiek 33: Verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per project: gesloten bebouwing.....	79
Grafiek 34: Verdeling hoeveelheid materiaal (kg) per project: gesloten bebouwing	79
Grafiek 35: Woningtypologie: verdeling verschillende constructieonderdelen (kg) per projecten.....	81
Grafiek 36: Woningtypologie: verdeling hoeveelheid materialen (kg) per project.....	82

Tabellen

Tabel 1: Het aantal houtskeletbouwwoningen in België	21
Tabel 2: Vlaamse woningtypologieën tussen 1995 en 2014.....	41
Tabel 3: Overzicht: beschikbare projecten	51
Tabel 4: Overzicht: beschikbare projecten	52
Tabel 5: Aanneمة gegevens: projecten met een kelder	55
Tabel 6: Gemiddelde materiaalhoeveelheid (kg) van de verschillende constructietypes: constructieonderdelen	58
Tabel 7: Gemiddelde materiaalhoeveelheid (kg) van de verschillende constructietypes: materiaalsoorten.....	59
Tabel 8: Verhouding snelbouwsteen binnenspouwblad & binnenmuren	63
Tabel 9: Verhouding hout binnenspouwblad & binnenmuren	66
Tabel 10: Gemiddelde materiaalhoeveelheid (kg) van de verschillende woningtypologieën: constructieonderdelen	73
Tabel 11: Gemiddelde materiaalhoeveelheid (kg) van de verschillende woningtypologieën: materiaalsoorten.....	74

Bijlages

De materiaaloverzichten van de projecten zijn terug te vinden in het extra bijlageboek 'Onderzoek naar materiaalgebruik in Vlaamse woningen - materiaalgebruik-profiel van de projecten'.

ABSTRACT

Het aantal nieuwbouwwoningen in Vlaanderen kennen nog steeds een groei en dit zonder na te denken over het materiaalgebruik in deze woningen en de milieu-impact van deze materialen. Binnen de huidige Vlaamse context ontbreekt een materiaalgebruik-profiel van de woningen. In deze scriptie wordt hiernaar onderzoek gedaan door middel van een literatuurstudie en een veldonderzoek met als doel een eerst beeld te creëren van het materiaalgebruik-profiel van een Vlaamse woning. Uit de literatuurstudie blijkt dat de Vlaming 'een baksteen in z'n maag' heeft en graag groot woont, al wordt verwacht dat dit in de toekomst zal veranderen. Het veldonderzoek bestaat uit een overzicht van het materiaalgebruik-profiel van 27 woningen waaruit blijkt dat gewapend beton het meest gebruikte materiaal is in een Vlaamse woning (48,2% van het totaalgewicht). Daarnaast wordt verwacht dat de constructietypes houtskeletbouw, betonbouw en staalbouw in de toekomst meer zal worden toegepast. Met deze resultaten kan in de toekomst gekeken worden naar de milieu-impact van de gebruikte materialen in een Vlaamse woning.