

**Casestudy ontwerp van
gebouwen in functie van
aanpasbaarheid:
Mahatma Gandhiwijk
Mechelen**



**SAMEN MAKEN WE
MORGEN MOOIER**





Documentbeschrijving

1. *Titel publicatie*
Casestudy ontwerp van gebouwen in functie van aanpasbaarheid:
Mahatma Gandhiwijk Mechelen
2. *Verantwoordelijke Uitgever*
Danny Wille, OVAM, Stationsstraat 110, 2800 Mechelen
3. *Wettelijk Depot nummer*
D/2013/5024/27
4. *Aantal bladzijden*
102
5. *Aantal tabellen en figuren*
9 tabellen en 101 figuren
6. *Prijs**
7. *Datum Publicatie*
Juni 2013
8. *Trefwoorden*
dynamisch (ver)bouwen, (sociale) huisvesting, evaluatiecriteria,
duurzaamheidsevaluatiekader, LCA, LCC
9. *Samenvatting*
Onderzoek leert dat dynamische bouwoplossingen belangrijke milieuvoordelen kunnen hebben ten opzichte van de standaardoplossingen toegepast in de huidige bouw. In dit rapport wordt onderzocht hoe een dynamische ontwerpvisie kan worden toegepast voor sociale woningbouw op het elementniveau, gebouw- en wijkniveau. Er worden daartoe voorbeelden gegeven van dynamische oplossingen, geëvalueerd in het kader van de Gandhiwijk. Op basis van een vergelijking van de levenscyclusmilieu-impact en financiële kosten worden ontwerpaanbevelingen gegeven voor een mogelijke integratie van dynamische oplossingen in de huidige (sociale) woningbouw. Aanvullend worden hieromtrent tevens beleidsaanbevelingen geformuleerd naar algemene specifieke overheidsactoren.
10. *Begeleidingsgroep en/of auteur*
Anne Paduart (Vrije Universiteit Brussel), Niels De Temmerman (Vrije Universiteit Brussel), Damien Trigaux (KULeuven), Frank De Troyer (KULeuven), Wim Debacker (VITO), Stefan Danschutter (WTGB)
11. *Contactperso(n)en(en)*
Niels De Temmerman, Niels.De.Temmerman@vub.ac.be, 02/629.36.75
Roos Servaes, OVAM
12. *Andere titels over dit onderwerp*
-

Gegevens uit dit document mag u overnemen mits duidelijke bronvermelding.

De meeste OVAM-publicaties kunt u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website: <http://www.ovam.be>

Inhoudstafel

1	Inleiding	7
1.1	Achtergrond	7
1.1.1	Situering van de opdracht	7
1.1.2	Dynamisch bouwen binnen bestaande ontwerp- en evaluatie-instrumenten	9
1.2	Plan van aanpak	10
1.3	Opbouw van het rapport	10
2	Evaluatiemethodologie dynamisch bouwen voor (sociale) woningen	11
2.1	Inleiding	11
2.2	Definities	11
2.2.1	Dynamisch (ver)bouwen	12
2.2.2	Multi-inzetbaarheid & multi-functionaliteit	13
2.2.3	Polyvalentie	13
2.2.4	Flexibiteit	13
2.2.5	Aanpasbaarheid	14
2.2.6	Drager - inbouw	14
2.2.7	Hergebruik	15
2.3	Evaluatiecriteria dynamisch bouwen	15
2.3.1	Werkwijze	15
2.3.2	Evaluatiecriteria op elementniveau	16
2.3.3	Evaluatiecriteria op gebouwniveau	24
2.3.4	Evaluatiecriteria op wijkniveau	30
2.4	Evaluatiekader op basis van levenscyclusbenadering	35
3	Evaluatie van de casestudy: Mahatma Gandhijwijk te Mechelen	39
3.1	Inleiding	39
3.2	Evaluatie op elementniveau	39
3.2.1	Doorlichting evaluatiecriteria dynamisch bouwen	39
3.2.2	Levenscyclusevaluatie van verticale gebouwelementen	49
3.2.3	Conclusies	58
3.3	Evaluatie op gebouwniveau	59
3.3.1	Doorlichting evaluatiecriteria dynamisch bouwen	59
3.3.2	Levenscyclusevaluatie	66
3.3.3	Conclusies	74
3.4	Evaluatie op wijkniveau	74
3.4.1	Doorlichting evaluatiecriteria dynamisch bouwen	74
3.4.2	Levenscyclusevaluatie	80
3.4.3	Conclusies	83
4	Aanbevelingen	84
4.1	Specifieke ontwerpaanbevelingen	84
4.1.1	Elementniveau	84
4.1.2	Gebouwniveau	85
4.1.3	Wijkniveau	86
4.2	Algemene ontwerpaanbevelingen	87
4.2.1	Elementniveau	87
4.2.2	Gebouwniveau	89
4.2.3	Wijkniveau	89
4.3	Beleidsaanbevelingen	90
4.3.1	Algemene beleidsaanbevelingen	90
4.3.2	Specifieke beleidsaanbevelingen naar de OVAM	92
4.3.3	Specifieke beleidsaanbevelingen naar het Vlaams gebouwbeleid	93
4.3.4	Specifieke beleidsaanbevelingen naar de VMSW	94
4.4	Verder onderzoek	94
Bijlage 1.	Lijst van tabellen	96
Bijlage 2.	Lijst van figuren	97
Bijlage 3.	Bibliografie	101

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

1.1.1 Situering van de opdracht

Tussen 1950 en 1980 bestond een relatief groot gedeelte van de na-oorlogse bouwactiviteiten uit de nieuwbouw van sociale huurwoningen (Vanderleyden et al. 2009). Dit betreft een periode waar fossiele brandstoffen relatief goedkoop waren en ecologische bewustwording nog niet opgenomen werd door de publieke massa. Vanaf de jaren 1980 viel het bouwen van sociale woningen nagenoeg stil, voornamelijk door de naderende federalisering van België en de gevolgen van de oliecrisis in de jaren 1970 (Declerck 2004). Ondanks enkele ambitieuze Vlaamse noodplannen vanaf de jaren 1990 om via versnelde nieuwbouw de lange wachtlijsten te verminderen, wordt menig sociale huisvestingsmaatschappij (SHM) tegenwoordig geconfronteerd met een verouderd woningpatrimonium gekenmerkt door een slechte energieprestatie en hoge onderhouds- en leefkosten. De SHM *Woonpunt Mechelen* ondervindt dezelfde problemen en heeft daarom concrete plannen om enerzijds haar gebouwpatrimonium te renoveren en anderzijds belangrijke nieuwbouwprojecten uit te voeren in de komende jaren.

In 2010 lanceerde de Vlaamse Bouwmeester samen met Woonpunt Mechelen (toen nog de Mechelse Goedkope Woning) daarom een open oproep voor de gefaseerde opwaardering van de Mechelse Mahatma Gandhijwijk, een typisch voorbeeld van een na-oorlogse sociale woonwijk voor circa 3000 bewoners. Over een periode van 10 jaar zullen na het slopen van enkele verouderde gebouwen en het bouwen van nieuwe collectieve woonblokken 381 nieuwe appartementen gecreëerd worden. De vervangingsbouw werd opgesplitst in 3 percelen. Via de wedstrijdvraag werd voor elke perceel een bouwteam aangesteld (Woonpunt Mechelen 2012):

- Perceel 1 (kant Jubellaan 49-51): KPW Architecten
- Perceel 2 (huidig gebouw 13-47): Comodo Architecten
- Perceel 3 (kant Tervuursesteenweg 1/11): Architectenburo Jef Van Oevelen

Deze OVAM-studie neemt de Gandhijwijk (en meer speciek Perceel 1) op als een voorbeeld case voor het bestaand Vlaams sociaal woonpatrimonium.

Vanaf de wedstrijdvraag tot en met het verwezenlijken van de verschillende woonprojecten staat duurzaamheid centraal. De Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO) werd reeds betrokken bij de screening van de ingediende wedstrijdontwerpen voor de nieuwbouwsites en het leveren van duurzaamheidsadvies op vlak van energietechnieken en waterbeheer voor de winnende bouwteams.



Figuur 1: Impressie van de nieuwe Mahatma Gandhiwijk in 2020, respectievelijk voor Perceel 1, 2 en 3 (van boven naar beneden) (Woonpunt Mechelen 2012)

Gezien duurzaam beheer van energie (en water) reeds opgenomen wordt in de ontwerpvoorstellen van de winnende bouwteams, zal het relatief belang van de milieu-impact en financiële kosten van de gebouwelementen¹ - en de samenstellende (verwerkte) materialen - over de gehele levenscyclus van het gebouw (des te meer) stijgen. Vertrekkend van een geïntegreerd duurzaamheidsadvies, zal het belangrijk zijn bouwoplossingen te selecteren die niet alleen gekenmerkt worden door een lage initiële milieu-impact en lage financiële kosten, maar ook een meerwaarde bieden bij periodieke vervangingen, onderhoud en aanpassingen die eigen zijn aan iedere woning. Maar zelden wordt er tijdens het ontwerpen rekening gehouden met zowel verwachte als onvoorzienbare veranderingen over de lange levensduur van de meeste gebouwen. Dit vereist een geïntegreerde ontwerpaanpak waarbij de noden van zowel de bouwheer (hier: sociale huisvestingsmaatschappijen (SHM) en in het bijzonder Woonpunt Mechelen) als de gebruikers (hier: de bewoners) en de plichten van ondermeer de ontwerpers (i.e. architecten en studiebureaus), aannemers en gebouwbeheerders meegenomen worden in het ontwerpproces. Gezien deze noden en plichten zelden onveranderd blijven over de lange looptijd van het ontwerpproces, het verbouwproces en het gebruiksproces, is het van cruciaal belang dat de tijdsfactor meegenomen wordt in het ontwerpproces, strevend naar dynamische bouwoplossingen waar concepten/principes zoals ontmantelbaarheid, aanpasbaarheid, transformeerbaarheid, multi-functionaliteit, e.a. centraal staan². Dergelijke innovatieve - maar vaak ook eenvoudig toepasbare - oplossingen worden

¹ Voorbeelden van gebouwelementen zijn de gevel, het dak, de binnenwanden, etc.

² Een meer uitgebreide definitie van dynamische (ver)bouwoplossingen wordt gegeven in §2.2.1.

zelden opgenomen in de standaardbestekken voor sociale woningbouw en zijn slecht gekend bij architecten, studiebureaus en aannemers.

Deze OVAM-studie heeft dan ook als algemene doelstelling om een beter inzicht te bieden in dergelijke dynamische bouwoplossingen, ze (beperkt) te evalueren en gerichte aanbevelingen te formuleren om deze oplossingen al dan niet te integreren. De opwaardering van de Gandhiwijk, in het bijzonder het nieuwbouwproject van KPW Architecten op Perceel 1 (fase I), wordt als onderzoekscase genomen om deze opdracht te vervullen.

1.1.2 Dynamisch bouwen binnen bestaande ontwerp- en evaluatie-instrumenten

Binnen deze studie wordt een onderscheid gemaakt tussen twee evaluatie-instrumenten voor *dynamische* bouwoplossingen binnen (sociale) woningbouw. Enerzijds wordt een set van evaluatiecriteria opgesteld om het *dynamisch gehalte* van de ontwerpvoorstellen op element-, gebouw- en wijkniveau te evalueren. Dit eerste evaluatie-instrument is noodzakelijk om inzicht te verschaffen in de verschillende (algemene) ontwerpmaatregelen. Daarnaast maakt het *duurzaamheidsevaluatiekader* het mogelijk om de milieu- en financiële winsten of lasten over de gehele levenscycli van dynamische bouwoplossingen in kaart te brengen. Dit tweede instrument zal gebruikt worden om een uitspraak te maken welke dynamische bouwprincipes - in functie van een context - een meerwaarde hebben op vlak van duurzaamheid.

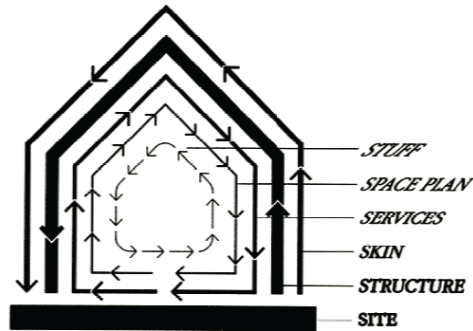
Voorafgaand aan het opstellen van een geschikte evaluatiemethodologie en de doorlichting van de case van de Gandhiwijk, werden bestaande ontwerp- en duurzaamheidsinstrumenten binnen de Vlaamse/Belgische bouwcontext beschouwd. Hieruit blijkt dat er binnen de woningbouw slechts in geringe mate rekening gehouden wordt met aspecten gerelateerd met *dynamisch bouwen*.

Het bestek "C2008 Concepten voor sociale woningbouw - Leidraad voor bouwheer en ontwerpers" (VMSW 2008, zie hoofdstuk 6) van de Vlaamse Maatschappij voor Sociaal Wonen (VMSW) geeft de nodige aandacht aan het ontwerpen van sociale woningen die *aangepast zijn* of *aanpasbaar zijn* voor personen met een handicap, bejaarden en rolstoelbezoekers e.a. De focus wordt hier gelegd op *toegankelijkheid* van de woningen (door ondermeer het toepassen van 'Design for All') en *levenslang wonen* en niet zo zeer op materiaalgerelateerde aspecten gerelateerd aan dynamisch verbouwen zoals het gemakkelijk vervangen van gebouw(element)onderdelen (bijv. door de demonteerbaarheid ervan te bevorderen), hergebruik ervan en het verlengen van de levensduur van gebouw(onderdel)en.

Binnen de Vlaamse Maatstaf "Duurzaam wonen en bouwen in Vlaanderen – woningbouw" (2012) worden sociale aspecten gerelateerd aan dynamisch bouwen, zoals "functionele flexibiliteit en aanpasbaarheid", behandeld binnen het thema "Gezondheid, Comfort en Sociale waarde" (LNE 2012, hoofdstuk 8). In tegenstelling tot het C2008 bestek worden ook duurzaamheidsmaatregelen ten aanzien van *hergebruik van bouwcomponenten* (en gebouwen) en *modulair en demonteerbaar bouwen* besproken in de Vlaamse Maatstaf (LNE 2012, hoofdstuk 6), respectievelijk om de materiaalinstroom en de afvaluitstroom te beperken. In tegenstelling tot het C2008 bestek worden binnen de Vlaamse Maatstaf echter geen ontwerprichtlijnen gegeven hoe men deze maatregelen kan realiseren in praktijk.

Het Belgisch Referentiekader "Referentie(e)l B"³ gaat dieper in op materiaalgerelateerde aspecten ten aanzien van dynamisch bouwen door de "Shearing layers of change" van Stewart Brand (1995) als onderbouw te nemen. Hierdoor worden maatregelen met betrekking tot de draagconstructie, de gebouwschil, de technische installaties en het interieur individueel besproken. Ook al wordt het belang van een goede detaillering aangehaald, toch kan het Belgisch Referentiekader eveneens niet als ontwerp-gids gebruikt worden.

³ Het Belgisch Referentiekader is bij het schrijven van dit rapport nog in testfase en daardoor niet publiek toegankelijk. Zowel OVAM, VITO als WTCB zijn betrokken als stakeholder en hebben toegang tot de bijna-gefinaliseerde versie via <http://www.ref-b.be/nl/referentiel.html>. Er wordt verwacht dat in de loop van 2013 het Belgisch Referentiekader publiek gemaakt zal worden.



Figuur 2: Illustratie van de “Shearing layers of change”, waarbij iedere “laag” een stijgende vervangingsfrequentie heeft (van buiten naar binnen): van roerende zaken, interieur, technische installaties, bouwschil, draagconstructie tot de site (Brand 1995)

Algemeen kan gesteld worden dat de bestaande beleidsinstrumenten te weinig ondersteuning bieden aan ontwerpers om dynamische bouwaspecten te integreren in (sociale) woningbouw. Daarenboven krijgt men als bouwprofessional, bouwheer en overheid weinig zicht op implicaties van dynamisch (ver)bouwen op milieu-impact, financiële kosten en kwaliteiten over de gehele levensduur van gebouwen en wijken. Deze studie wenst deze problematiek tegemoet te komen.

1.2 Plan van aanpak

Het onderzoekproject werd uitgewerkt in meerdere werkpakketten. In een eerste werkpakket werd na de situering van de opdracht binnen de Vlaamse/Belgische duurzaamheidsproblematiek een algemene evaluatiemethodologie opgesteld voor het aftoetsen van het dynamisch karakter van ontwerpvoorstellen op verscheidene niveaus (i.e. wijk, gebouw en element). In eerste instantie werden de criteria opgesteld om het dynamisch (ontwerp)gehalte op de verschillende niveaus te bepalen. Vervolgens werd de (kwantitatieve) evaluatiemethode beschreven op basis van levenscyclusanalyse (in Engels: Life Cycle Assessment - LCA) en levenscycluskostanalyse (in Engels: Life Cycle Costing - LCC). Zowel de evaluatiecriteria als de beschrijving van de levenscyclusevaluatie werden voorgelegd aan een stuurgroep⁴. Na goedkeuring werd binnen een tweede werkpakket een beperkt gedeelte van de opwaarderingsplannen van de Gandhiwijk (voornamelijk gefocust op het nieuwbouwproject van KPW-architecten op Perceel 1) per ontwerpniveau kritisch afgetoetst volgens het opgesteld evaluatiekader. De getrokken lessen uit de twee vernoemde werkpakketten werden ten slotte gebruikt om advies te formuleren. In een derde werkpakket werden ten eerste specifieke ontwerpaanbevelingen geformuleerd gerelateerd aan de onderzochte case (naar onder andere Woonpunt Mechelen, KPW architecten, Comodo Architecten en architectenburo Jef Van Oevelen). Ten tweede werden algemene ontwerpaanbevelingen opgesteld met betrekking tot het opnemen van dynamische bouwoplossingen in andere (sociale) woonprojecten (naar o.a. de VMSW en Woonpunt Mechelen). Tenslotte werden ook beleidsaanbevelingen geformuleerd (zowel algemene, als specifieke naar de OVAM, het Vlaams gebouwbeleid en de VMSW).

1.3 Opbouw van het rapport

Conform de aanpak van het onderzoeksproject werden de bevindingen in dit rapport samengevat in de volgende hoofdstukken:

Hoofdstuk 2: Evaluatiemethodologie

Hoofdstuk 3: Evaluatie van de case “Mahatma Gandhi” te Mechelen

Hoofdstuk 4: Aanbevelingen

⁴ Bestaande uit vertegenwoordigers van de OVAM, het Woonpunt Mechelen, de VMSW, KPW architecten, architectenburo Jef Van Oevelen en COMODO architecten.

2 Evaluatiemethodologie dynamisch bouwen voor (sociale) woningen

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de evaluatiemethodologie toegelicht die van toepassing is op de verschillende ontwerp-niveaus (i.e. wijk, gebouw en element). De algemene evaluatiemethodologie bestaat uit 2 onderdelen. In het eerste deel wordt het dynamisch gehalte van elementen/gebouwen/wijken via evaluatiecriteria nagegaan. Deze criteria werden opgesteld op basis van de kennis van de verschillende onderzoeksinstellingen. In het tweede deel wordt een evaluatiekader voorgesteld voor de analyse van de financiële en milieu-impact van dynamische ontwerpvoorstellen. Dit duurzaamheidsevaluatiekader is gebaseerd op een levenscyclusbenadering die LCC (in Engels: Life Cycle Costing) en LCA (in Engels: Life Cycle Assessment) berekeningen combineert. De evaluatiecriteria voor de verschillende niveaus en het evaluatiekader worden respectievelijk in paragrafen § 2.3 en § 2.4 beschreven. Eerst worden een aantal definities betreffende het concept “dynamisch (ver)bouwen” meer in detail omschreven.

2.2 Definities

Dynamisch (ver)bouwen brengt een eigen jargon mee. Zoals Figuur 3 het aangeeft worden bepaalde termen zoals “aanpasbaarheid” op verscheidene manieren geïnterpreteerd wat vaak leidt tot verwarring. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van Tabel 1.

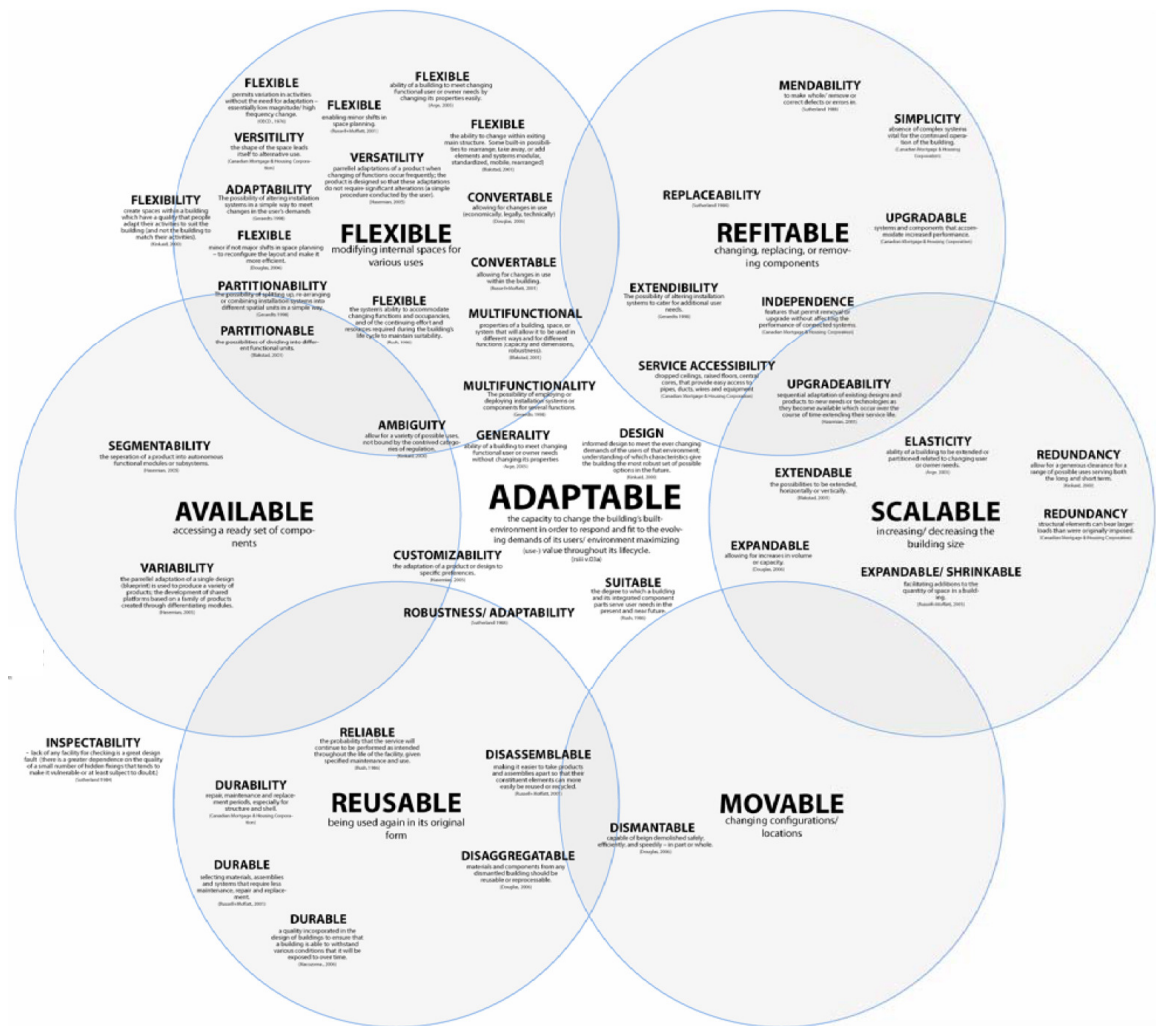
Verklaring / definitie	Bron
Aanpasbaar bouwen: “mogelijkheden om later aanpassingen en/of uitbreidingen te doen.” Aangepast bouwen: “woningen aangepast aan specifieke handicaps om zelfstandig wonen mogelijk te maken” ⁵	C2008 bestek (VMSW 2008: p.108)
Aanpasbaarheid: “...het potentieel van de woning voor mogelijke aanpassingen in de toekomst. Aanpasbaarheid beperkt zich tot woningaanpassing in functie van de eindgebruiker.” ⁶	Vlaamse Maatstaf (LNE 2012: p.170)
“Aanpasbaar bouwen is het realiseren van woonruimte die van meet af aan voor iedereen beter bruikbaar is en die daarenboven op eenvoudige en daardoor relatief goedkope wijze kan worden aangepast indien daar om een of andere reden behoefte toe ontstaat.”	Ontwerpgids meegroeiwonen (Enter 2009; p.30)
“Een aanpasbare woning vertrekt van een aanpasbare structuur, die later toelaat om veranderingen uit te voeren met een minimum aan inspanning. Dit kan alleen wanneer hier van bij de planningsfase rekening mee gehouden wordt.”	Meegroeiwonen: brochure (Enter et al. 2011)
Aanpasbaar: “...een gebouw/locatie dat oorspronkelijk bedoeld is voor één bepaalde functie, waarbij het gebouw of de locatie vervolgens in gebruik wordt genomen voor een andere functie, zonder daarvoor bijzondere fysieke aanpassingen te vereisen”	(IDEA Consult 2012: p. 5)

Tabel 1: Verschillende interpretaties van de term “aanpasbaarheid”

Om dit te vermijden worden de belangrijkste termen in de volgende paragrafen op een eenduidige manier gedefinieerd. Deze definities staan centraal in het opgesteld evaluatiekader, omschreven in dit hoofdstuk.

⁵ De VMSW wenst de voortrekkersrol inzake toegankelijkheid van woningen voor personen met een handicap bij sociale huisvesting te behouden. Daarom hebben de eisen inzake aanpasbaar en aangepast bouwen voornamelijk betrekking tot rolstoelgebruikers, mensen met een handicap en ouderen. (VMSW 2008)

⁶ Binnen de Vlaamse Maatstaf vallen functionele aanpassingen, zoals bijvoorbeeld omvorming tot kantoor, onder het thema functionele flexibiliteit.



Figuur 3: Literatuuroverzicht van verschillende termen rond “aanpasbaarheid” (Schmidt et al. 2010)

2.2.1 Dynamisch (ver)bouwen

In deze studie wordt “dynamisch (ver)bouwen” als koepelwoord gebruikt. Zo worden dynamische (ver)bouwoplossingen gedefinieerd als *gebouwentwerpen en industriële bouwproducten waardoor gebouwen eenvoudig aangepast kunnen worden aan de steeds veranderende noden van de maatschappij en het individu en waardoor bouwelementen en -componenten hergebruikt kunnen worden*. Deze definitie wordt tevens als tegengewicht gebruikt voor de huidige statische bouwwereld waarin de transformatiecapaciteit van gebouwen en bouwelementen en -componenten laag is. Om de nodige klemtonen te leggen binnen het evaluatiekader wordt er per analyse-niveau dieper ingegaan op de definitie van “dynamisch (ver)bouwen”.

2.2.1.1 ... op elementniveau

“Technische ontwerpprincipes die levensduur van bouwcomponenten verlengen met als doel om milieu-impact & financiële kosten over de volledige levenscyclus te verlagen”.

2.2.1.2 ... op gebouwniveau

“Technische en ruimtelijke ontwerpprincipes die enerzijds de levensduur van gebouwen verlengen en anderzijds de veranderlijke noden van de individuele gebruikers ondersteunen met als doel om milieu-impact & financiële kosten over volledige levenscyclus te verlagen en (individuele) gebruikerskwaliteiten te verhogen”.

2.2.1.3 ... op wijkniveau

“Ruimtelijke ontwerp- en planningsprincipes die de veranderlijke noden van individuele gebruikers en buurtbewoners ondersteunen om milieu-impact & financiële kosten over de volledige levenscyclus van de wijk (m.i.v. infrastructuur) te verlagen en individuele en maatschappelijke gebruikerskwaliteiten te verhogen”.

2.2.2 Multi-inzetbaarheid & multi-functionaliteit

IDEA Consult (2012) definieert een *multi-inzetbaar* gebouw of locatie als een gebouw/locatie waarin één ruimte afwisselend door verschillende functies/organisaties gebruikt wordt (bijv. een *multifunctionele* ruimte die op maandag door een zorgorganisatie gebruikt wordt en op dinsdag door een vereniging). In een multi-functioneel gebouw zijn de ruimtes zo opgebouwd dat ze meerdere functies toelaten zonder dat structurele aanpassingen nodig zijn. Dergelijke gebouwen zijn meestal opgebouwd volgens een *open plan*indeling waarbij de locatie van de draagconstructie, de circulatiezones en de technieken bepalend zijn.

2.2.3 Polyvalentie

Een *polyvalent* gebouw of *polyvalente* ruimte wordt gedefinieerd als een multi-inzetbaar gebouw of ruimte waarbij de ‘ruwbouw’ en planopdeling van (multi-inzetbare) gebouwen zodanig is opgebouwd dat een verandering in functiewijziging mogelijk is zonder aanzienlijke technische wijzigingen. Dit hoeft niet rechtstreeks het gevolg zijn van een (technische) ontwerpmatige beslissing. Zo bezit menig bestaand industrieel pand deze handige eigenschap. Bij de renovatie van de Van Nelle-fabriek in Rotterdam werd gebruik gemaakt van de bestaande *open plan*opdeling om er een nieuwe kantoorfunctie in onder te brengen.



Figuur 4: Renovatie van de Van Nelle-fabriek in Rotterdam waarbij er handig gebruik gemaakt wordt van de open planopdeling (<http://dyanvanputten.blogspot.be/2012/05/van-nelle.html>)

2.2.4 Flexibiteit

In een *flexibel* gebouw (of deel ervan) dienen net als bij polyvalente gebouwen (of ruimten) geen wijzigingen aan de ruwbouw gemaakt te worden bij een eventuele functiewijziging. Door middel van plooibare, draai-, rol-, schuifbare en/of wegneembare wanden worden op een relatief snelle manier wijzigingen in de plan-opdeling toegelaten. Kenmerkend is dat er geen (structurele) ontmanteling nodig is. Men vertrekt dan ook meestal van een (bestaande) open planindeling waarbij op een strategische wijze de plaatsing van de mobiele onderdelen gekozen wordt. Figuur 5 toont enkele flexibele binnenwandoplossingen. Dergelijke oplossingen worden vaak gekenmerkt door zwakkere akoestische prestaties en worden zelden gebruikt in de (sociale) woningbouw.



Figuur 5: Overzicht van enkele flexibele binnenwandoplossingen: (a) plooiwanden (b) wegneembare wanden (c) draai/schuifwanden en (d) schuif/rolwanden

2.2.5 Aanpasbaarheid

IDEA Consult (2012) definieert een aanpasbaar gebouw of aanpasbare locatie als een gebouw/locatie dat oorspronkelijk bedoeld is voor één bepaalde functie, waarbij het gebouw of de locatie vervolgens in gebruik wordt genomen voor een *andere* functie, zonder daarvoor bijzondere fysieke aanpassingen te vereisen (bijv. een school die omgebouwd wordt tot kantoren).

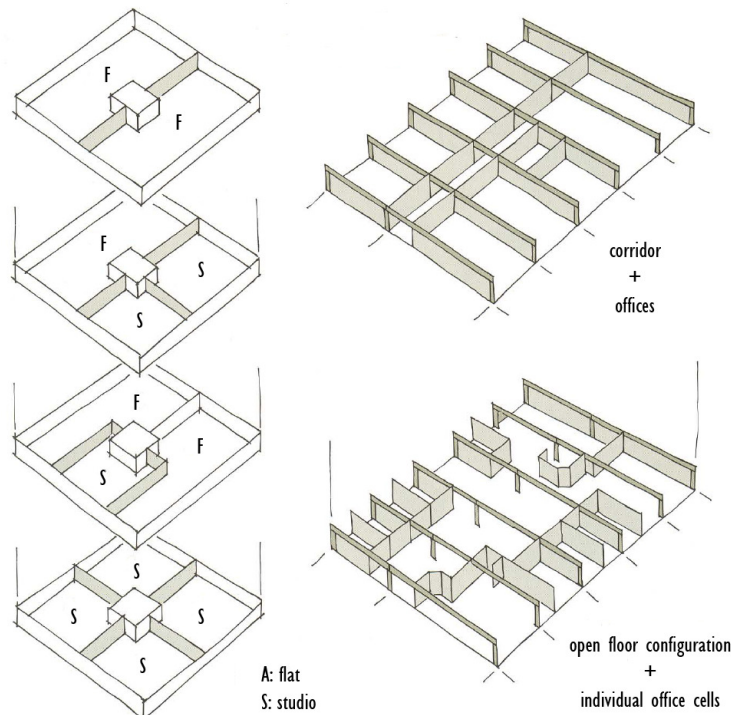
Waar een flexibele en polyvalente gebouwlay-out geen ontmanteling vraagt om op een snelle en afwisselende manier functiewijzigingen toe te laten, is bij aanpasbare gebouwen (of delen ervan) het (eenvoudig) verwijderen van structurele en niet-structurele elementen noodzakelijk. In tegenstelling tot een statische opbouw worden in aanpasbare gebouwen (of delen ervan) de elementen zodanig ontworpen dat ze eenvoudig te ontmantelen zijn. De graad van aanpasbaarheid kan zeer verschillend zijn, gaande van ruimtes waarbij niet-dragende binnenwanden eenmalig ontmanteld kunnen worden om een alternatief gebruik toe te laten, tot gebouwen waarbij zowel dragende als niet-dragende onderdelen meermaals ontmanteld en hergebruikt kunnen worden, tot zelfs gebouwen die mobiel/transporteerbaar zijn. Meer voorbeelden hiervan worden gegeven in § 2.3.3.4.

2.2.6 Drager - inbouw

Het gebruik van bovenvermelde eigenschappen van dynamisch (ver)bouwen is niet exclusief. Tijdens de ontwerpfase kan gekozen worden voor een *graduele combinatie* van een statische en dynamische opbouw, waarbij een uitspraak kan worden gedaan over de gebouwelementen die in een zekere gebouwcontext frequenter moeten kunnen worden ontmanteld, verwijderd en vervangen dan andere gebouwelementen.

John Habraken definieert een “drager” als datgene waarover de gemeenschap zeggenschap heeft. De inbouw omvat datgene waarover het individu zeggenschap heeft (Boekholt 1987). De verdeling ‘drager en inbouw’ is een andere dan de verdeling ‘ruwbouw’ en ‘afbouw’. De aanpak van drager en inbouw maakt de afstemming mogelijk van het collectieve en het private. Bouwwerkzaamheden en gebouwenbeheer volgen deze structuur. De drager valt onder het gemeenschappelijk beheer zoals traphal, hoofdleidingenstructuur enz. De flexibele of aanpasbare afbouw daarentegen is het veld waarbinnen de gebruiker zich met de nodige vrijheid kan bewegen.

Het is dan ook van belang om de besluitvormingsniveaus technisch onafhankelijk van elkaar te houden en de overgangen goed op elkaar af te stemmen (De Troyer et al. 2002). Een voorbeeld van het 'drager-inbouw-principe' op gebouwniveau wordt gegeven in Figuur 6.



Figuur 6: Voorbeeld van 'drager-inbouwprincipe' op gebouwniveau: de drager (hier: draagconstructie) leidt tot polyvalent gebruik, en de inbouw (hier: binnenwanden) leidt tot flexibel of aanpasbaar gebruik (gebaseerd op (De Troyer 2002))

2.2.7 Hergebruik

De bovenvermelde dynamische eigenschappen hebben voornamelijk toepassing op wijzigingen ten aanzien van *maatschappelijke en/of individuele* veranderingen. De wijzigingen die vandaag doorgevoerd dienen te worden binnen gebouwen en hun infrastructuur zijn echter vaak te wijten aan hun begrensde levensduur. Dit heeft als gevolg belangrijke implicaties op de instroom en uitstroom van materialen binnen de huidige bouwwereld. Om tegemoet te komen aan een optimaal gebruik van bouwmaterialen, bouwcomponenten, gebouw(onderdel)en, infrastructuur, wijk(del)en, enz. is *hergebruik* noodzakelijk. Kenmerkend aan deze studie is dat het concept van 'hergebruik' over de verschillende schaalniveaus toegepast wordt.

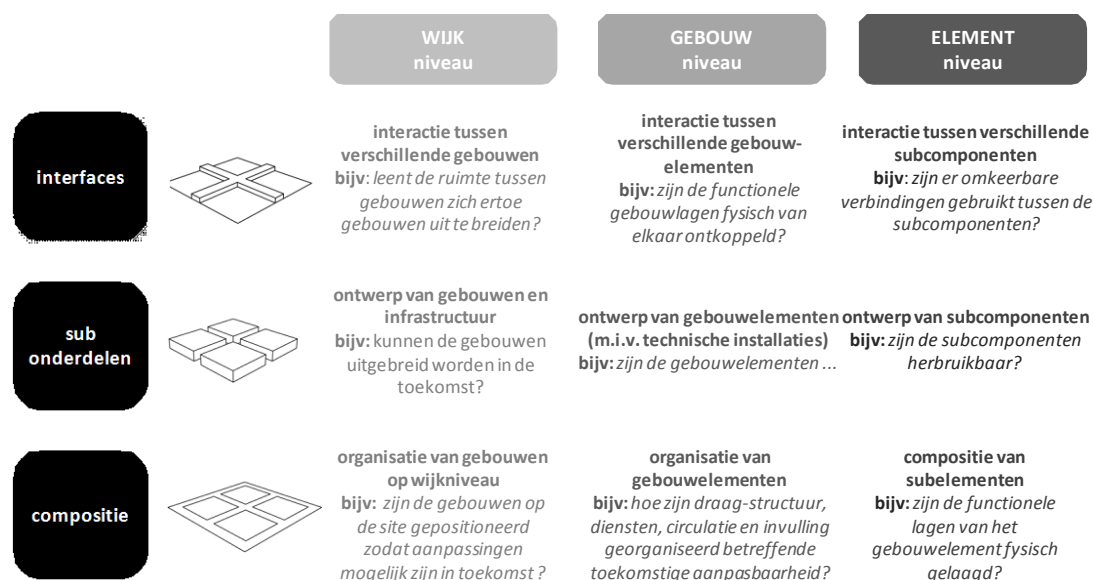
Hergebruik wordt gedefinieerd als het 'secundair' gebruik van materialen, componenten, e.a. waarbij de initiële eigenschappen niet veranderd worden en deze materialen, componenten e.a. hergebruikt kunnen worden voor dezelfde of andere (lieft geen laagwaardigere) toepassingen, mits de nodige herstellings- en onderhoudsprocedures.

2.3 Evaluatiecriteria dynamisch bouwen

2.3.1 Werkwijze

De evaluatiecriteria hebben als doel om ontwerpers een beter inzicht te verschaffen over de praktisch te hanteren ontwerpregels voor het dynamisch bouwen binnen een residentiële context. In de volgende paragrafen worden daarom de *evaluatiecriteria* voor het dynamisch bouwen besproken voor het *elementniveau*, *gebouwniveau* en *wijkniveau*. Dit overkoepelend overzicht over de drie schaalniveaus verzekert een holistische ontwerpvisie op dynamisch bouwen. Elk evaluatiecriterium zal beoordeeld kunnen worden aan de hand van een aantal *kernvragen*, die telkens gebundeld zullen worden in een *overzicht* per ontwerpniveau.

Om de *cohesie* te verzekeren tussen de drie ontwerpniveaus worden de evaluatiecriteria telkens onderverdeeld onder de volgende thema's: **interfaces**, **subonderdelen**⁷ en **compositie**. Figuur 7 illustreert de doorwerking volgens deze indeling over de verschillende niveaus. Zo hebben de 'interfaces' bijvoorbeeld op wijkniveau te maken met de ruimte tussen gebouwen, op gebouwniveau met de (ont)koppeling van de gebouwelementen (bijv. draagstructuur en invulling) en op elementniveau met de verbindingen tussen bouwcomponenten.



Figuur 7: Bespreking van evaluatiecriteria voor dynamisch bouwaspecten op elk schaalniveau (wijk, gebouw, gebouwelement) volgens indeling in 'interfaces', 'subonderdelen' en 'compositie'

De opgestelde evaluatiecriteria in dit rapport vormen een niet-limitatief overzicht van richtlijnen en ontwerpregels omtrent het dynamisch bouwen. Hoewel we in deze studie onze analyse beperken tot evaluatiecriteria van toepassing op de Vlaamse sociale huisvesting, is een dergelijk evaluatiekader ook gemakkelijk uitbreidbaar en vormt het een goede basis om in de toekomst bijkomende criteria door te lichten.

2.3.2 Evaluatiecriteria op elementniveau

2.3.2.1 Waarom dynamisch bouwen op elementniveau?

In de huidige bouwpraktijk worden bouwcomponenten in vele gevallen slechts gedurende een fractie van hun volledige technische levensduur gebruikt binnen gebouwen. Door de toepassing van ondermeer onomkeerbare assemblagetechnieken tussen de bouwcomponenten dienen immers naast te onderhouden of te vervangen bouwcomponenten ook vaak aanliggende bouwcomponenten verwijderd te worden - zelfs al is hun technische levensduur nog lang niet bereikt. Ook waar nood is aan *functionele* wijzigingen, zoals bijvoorbeeld tijdens de herindeling van appartementen, moeten de gebouwelementen (in dit geval de binnenwanden) vaak volledig afgebroken en verwijderd worden, om dan opnieuw heropgebouwd te worden met *nieuwe* bouwmaterialen.

Dit overdadig verbruik van natuurlijke grondstoffen zou drastisch verminderd kunnen worden indien bouwcomponenten hergebruikt zouden kunnen worden totdat hun technische levensduur bereikt is. Om tot deze gebruiksverlenging van bouwcomponenten te komen is het daarom cruciaal om vandaag gebouwelementen zodanig te ontwerpen dat niet-destructieve demontage van deze gebouwelementen uitvoerbaar wordt en zodat waar mogelijk bouwcomponenten hergebruikt kunnen worden. In principe betekent dit dat tijdens de *ontwerpfase* rekening dient gehouden te worden met demontage en hergebruik van bouwcomponenten, meer bepaald

⁷ De criteria onder het thema 'subonderdelen' hebben bij het beschouwen van het **wijk** niveau betrekking op het subonderdeel *gebouw*, bij het **gebouw** niveau betrekking op het subonderdeel *gebouwelement* (bijv. *gevels, dak, draagstructuur, binnenwanden*), en bij het **element** niveau betrekking op het subonderdeel *bouwcomponent*.

volgens een ontwerpbenadering die beter bekend staat als '*Design for Disassembly*' of kortweg '*DfD*'.

Design for Disassembly past ondermeer binnen het kader van de "Cradle to Cradle" beweging waarbij gesloten materiaalkringlopen een cruciale rol spelen. Door gebouwen dynamisch te ontwerpen volgens de principes van *Design for Disassembly* kunnen een aantal interessante voordelen gerealiseerd worden voor zowel het milieu, als voor gebouweigenaars en hun gebruikers. Zo vereenvoudigt deze ontwerpbenadering ondermeer het onderhoud, de uitvoering van periodieke herstellingen, de aanpassing en de demontage van gebouwen, zodat hergebruik van bouwcomponenten en recyclage van bouwmaterialen geoptimaliseerd kan worden en de kostprijs gerelateerd met frequente onderhouds-, aanpassings- en demontagewerken van gebouwen verlaagd kan worden.

Op gebouwelementniveau wordt daarom de focus gelegd op evaluatiecriteria die bijdragen tot de volgende doelstellingen tijdens de levenscyclus van gebouwen:

- Vervangingen en wijzigingen van bouwcomponenten
Eenvoudig *onderhouden, vervangen en upgraden* van (sub)componenten⁸ zonder aanliggende (sub)componenten (destructief) te verwijderen en met maximaal hergebruik;
- Aanpassingen van gebouwelementen
Eenvoudige *aanpassingen* doorvoeren op gebouwelementniveau, bijv. herindeling van de wooneenheden, op niet-destructieve wijze en met maximaal hergebruik van de samenstellende bouwcomponenten;
- Levens einde van gebouwelementen
Eenvoudig niet-destructief *ontmantelen* van gebouwelementen in hun bouwcomponenten zodat selectief gesorteerd kan worden in maximale fracties voor hergebruik en recyclage.

2.3.2.2 Interfaces

Omkeerbaarheid

Interfaces op elementniveau hebben betrekking op de verbindingen tussen de verschillende subonderdelen van gebouwelementen, namelijk de bouwcomponenten en hun subcomponenten. De toegepaste verbindingstechnieken om bouwcomponenten tot gebouwelementen te assembleren zijn van primordiaal belang om de slaagkans te vergroten van dynamische ontwerpstrategieën passende binnen een *Design for Disassembly* (DfD) benadering. De graad van *omkeerbaarheid* van de verbindingen toegepast tussen (sub)componenten is bepalend voor de *haalbaarheid* van *niet-destructieve* ontmanteling van gebouwelementen (Durmisevic 2006, Debacker 2009). Om *hergebruik* van bouwcomponenten te optimaliseren dient er voorrang gegeven te worden aan omkeerbare verbindingstechnieken die ontmanteling toelaten zonder hierbij schade te veroorzaken aan de componenten.

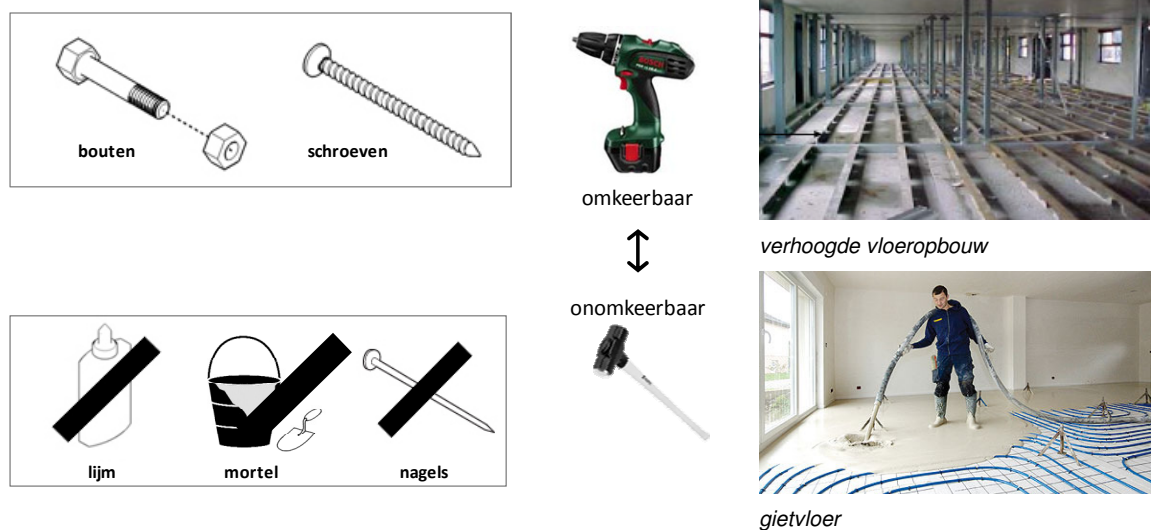
De meest optimale verbindingstypes op vlak van hun potentieel tot *ontmanteling, hergebruik* van de verbinding, *verbindingsterkte* en *assemblagesnelheid* worden weergegeven in Tabel 2. Zo vertonen bijv. bouten goede eigenschappen voor wat betreft het potentieel tot ontmanteling en het hergebruik van de verbinding, maar bieden zijn daarnaast ook een sterke verbinding die snel geassembleerd kan worden. Verbindingstechnieken zoals (sterke) lijmen, lassen en harsbindingen daarentegen hebben een laag potentieel tot ontmanteling en hergebruik van de verbinding, waardoor een niet-destructieve ontmanteling zo goed als onmogelijk wordt.

⁸ Een *bouwcomponent* is gewoonlijk samengesteld uit meerdere *subcomponenten*. Een voorbeeld voor de bouwcomponent 'deur' (binnen het gebouwelement 'binnenwand'): de binnenwanddeuren zijn opgebouwd uit hun verschillende *subcomponenten*, namelijk bijv. het houten deurvlak, de deurklink en de verschillende onderdelen van het ophangssysteem.

Verbinding	Type	snelheid van assemblage	sterkte van verbinding	hergebruik van verbinding	potentieel tot ontmanteling
metselen	opvullend	-	- to +	- - to -	+/-
lijmen	opvullend	+/-	- to ++	- -	- -
lassen	opvullend	+/-	++	-	- -
harsbinding	opvullend	+/-	++	-	- -
nagel-bevestigen	rechtstreeks	+/-	+/-	+/-	+/-
klinknagel slaan	rechtstreeks	+	+	+/-	-
bouten	onrechtstreeks	+	+	++	++
schroeven	onrechtstreeks	+	+/-	+	+
wrijving	onrechtstreeks	+	-	++	++

(- -) geen/slecht; (-) beperkt; (+/-) gemiddeld; (+) wezenlijk; (++) uitgebreid

Tabel 2: Vergelijkende studie van enkele veel gebruikte verbindingswijzen in de bouwwereld (op basis van Morgan et al. 2005)



Figuur 8: Omkeerbare versus onomkeerbare verbindingen

Figuur 8 illustreert voor het voorbeeld van vloersystemen het verschil tussen een eenvoudig omkeerbare en moeilijk omkeerbare assemblage van technische functies ingewerkt in vloeren. Verhoogde holle vloeropbouw met een omkeerbare vloerafwerking (bijv. INFRA+ vloersysteem⁹) laten in tegenstelling tot betonnen gietvloeren toe om op elk moment tijdens de levenscyclus op eenvoudige wijze onderhoud of aanpassingen door te voeren in de technische organisatie, of om de technische leidingen eenvoudig te verwijderen. In betonnen gietvloeren zijn daarentegen *destructieve* breekwerken nodig indien technische leidingen geïnspecteerd of aangepast dienen te worden door de aard van de materiaalkeuze en de verbindingswijze.

Eenvoud

Om de toepasbaarheid en financiële haalbaarheid van een dynamische bouwpraktijk te vergroten moet rekening gehouden worden met de eenvoud en de transparantie van de toegepaste bouwmethode voor wat betreft het assemblage- en demontageproces.

Het aanwenden van *complexe* verbindingstechnieken die enkel door *gespecialiseerde* aannemers kunnen uitgevoerd worden, vraagt op termijn ook om gespecialiseerde expertise tijdens het demontageproces. Daarenboven vertraagt complexiteit van montage- en verbindingstechnieken ook het (de)montageproces waardoor de arbeidskosten hoog kunnen oplopen voor de bouw en de afbraak van bouwoplossingen. Om te vermijden dat destructieve sloop interessanter kan lijken door zijn snellere uitvoeringstijd dan demontage en om dynamische oplossingen met goedkope bouwsystemen te laten concurreren dienen eenvoudige (functioneel en dimensioneel) gestandaardiseerde verbindingstechnieken toegepast te worden volgens de gangbare bouwpraktijk.

⁹ <http://www.nvbk.nl/download/?id=15552389>

Daarnaast is het invoeren van plaatsingstoleranties¹⁰ wenselijk binnen de context van veelvuldige assemblage en demontage om zowel tijdens de constructiefase als de eindfase de ontmanteling van elementen te vereenvoudigen en te versnellen.



Figuur 9: Toepassingen van eenvoudige gestandaardiseerde assemblage- en verbindingstechnieken

Snelheid

Visuele, fysieke en ergonomisch toegankelijke verbindingen vergroten het gemak van (de)montage en vermijden dat dure uitrusting moet voorzien worden voor de arbeiders op de bouwwerf. Daarom dient een goede bereikbaarheid van afwerkingsvoegen en -verbindingen geïntegreerd te worden. Derhalve kan de demontagepraktijk vereenvoudigd worden en zal de haalbaarheid verhoogd worden om componenten te ontmantelen en te recuperen tijdens en op het levenseinde van gebouwen.

Daarenboven dient naast de zoektocht naar snelle (de)montagetechnieken ook de hoeveelheid van verbindingen in aantal geminimaliseerd te worden. De toepassing van een laag aantal verbindingen tijdens de montage van gebouwelementen versnellen het demontageproces immers des te meer. Zodus kan een competitieve *ontmantelings*praktijk uitgebouwd worden die een alternatief biedt voor de algemeen aanvaarde *sloop*praktijk in de huidige bouwpraktijk.

2.3.2.3 Subcomponenten

Duurzaamheid van bouwmaterialen

Zoals in § 2.3.2 besproken werd, kan het gebruik van omkeerbare verbindingen in gebouwelementen niet-destructieve ontmanteling van gebouwen stimuleren. *Hergebruik* van bouwcomponenten kan echter uitsluitend gebeuren op voorwaarde dat de materialisatie van de bouwcomponenten dit ook fysisch toelaat. Veelvuldig hergebruik van componenten kan immers enkel plaatsvinden wanneer *duurzame* materialen worden gebruikt in die zin dat ze bestand dienen te zijn tegen de slijtage en beschadiging, kenmerkend voor veelvuldig transport en intensief gebruik van bouwproducten.

Voorbeelden van bouwcomponenten met een hoge slijtvastheid die hergebruik toelaten na verschillende assemblage- en demontageprocessen (indien de verbindingswijze en andere externe factoren dit toelaten) zijn ondermeer bakstenen, keramieken (dak)tegels, stalen liggers en profielen en houten planken en liggers.

¹⁰ Toelaatbare schommeling van de getalwaarde van de afstand tussen een punt, lijn of oppervlak van een geplaatste component en de overeenkomstige richtpunten, richtlijnen of richtvlakken. Deze plaatsingstolerantie laat toe om de assemblage van componenten te vergemakkelijken en kan ook de demontage vereenvoudigen indien hier aandacht aangeschonken wordt.



Figuur 10: Duurzaamheid van bouwcomponenten

Gebruiksduur

Een evaluatiecriterium om het *hergebruik* van bouwcomponenten verder te optimaliseren is de keuze van (sub)componenten met een lange technische levensduur. Het milieuvoordeel gerelateerd met hergebruik van componenten verhoogt immers naarmate de (sub)componenten (her)gebruikt kunnen worden in meerdere levenscycli van gebouwen of in andere toepassingen (bijv. voor productie van structurele elementen van meubels).

Interverwisselbaarheid

De zoektocht naar standaardisatie en compatibiliteit van bouwcomponenten door hun vormgeving en dimensionering speelt een cruciale rol in het opzet om een grote variëteit van toepassingen voor bouwcomponenten toe te laten in de toekomst. Een goed voorbeeld van de zoektocht naar een overkoepelende standaardisering van subcomponenten betreft het *OpenStructures* project¹¹ waarin via een *open modulaire* systeem getracht wordt om gebruiksartefacten vorm te geven via een fractaal grid. Het grid dat toegepast werd om producten te ontwikkelen is gebaseerd op het fractaal grid uit de Hendrickx-Vanwalleghem ontwerpstrategie (Debacker 2007). Dit vorm- en dimensioneringsgrid maakt gebruik van verdubbeling- en halveringsreeksen en reikt hierdoor een eenvoudig ontwerptool aan dat toelaat om de compatibiliteit van verscheidene ontworpen producten goed op elkaar af te stemmen.



Figuur 11: Keukenunit gebaseerd op fractaal grid (OpenStructures)

Figuur 11 toont dat dit fractaal grid (voor het voorbeeld van een keukenunit) toelaat om een veelzijdigheid aan keukenartefacten te ontwerpen bestaande uit een reeks gestandaardiseerde (sub)componenten die vervaardigd zijn uit een gevarieerd gamma van materialen, maar die toch allen compatibel en interverwisselbaar zijn met elkaar. Deze benadering laat toe om in de bouwwereld een variëteit van gestandaardiseerde doch uiteenlopende bouwoplossingen te

¹¹ www.openstructures.net/

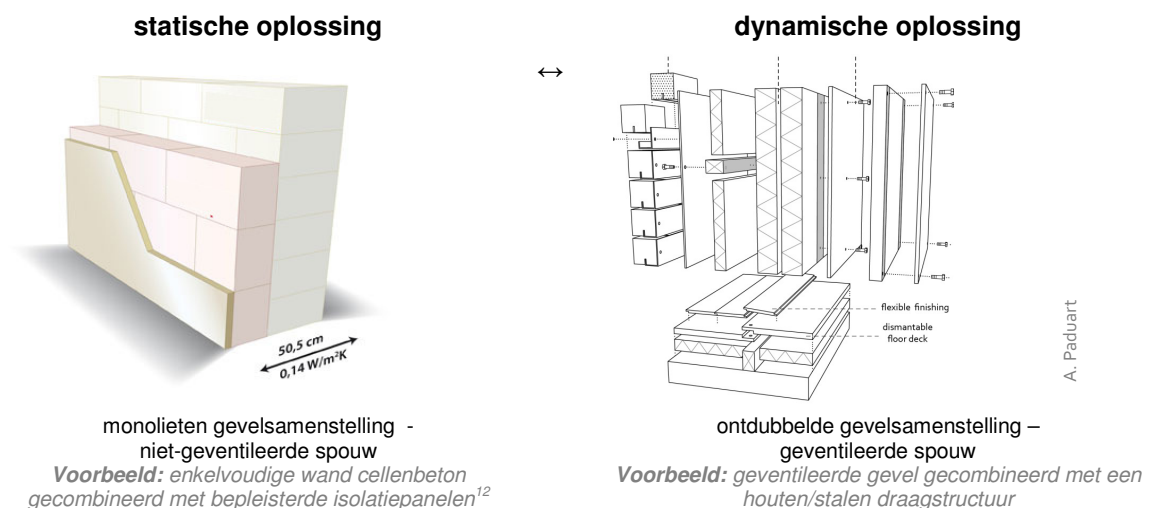
introduceren en bovendien veelvoudig hergebruik van subcomponenten in de bouw te stimuleren (Lommée 2010).

2.3.2.4 Compositie

Gelaagdheid

De *gelaagdheid* van bouwproducten in fysisch gescheiden functionele lagen is een ontwerpcriterium voor dynamisch bouwen dat toelaat om op efficiënte wijze gebouwelementen aan te passen doorheen de levenscyclus van gebouwen zonder hiervoor de volledige elementsamenstelling te moeten wijzigen. Deze gelaagdheid laat ondermeer toe om de prestatantie van elke functionele laag te doen overeenstemmen met evoluerende eisen gedurende de levenscyclus van gebouwen. Als voorbeeld wordt de gebouwgevel genomen (zie Figuur 12). Voor dit gebouwelement kan het een belangrijk voordeel zijn om in de toekomst verder in te kunnen spelen op de prestaties van de thermisch isolerende laag – bijv. in het kader van verder evoluerende richtlijnen omtrent de energieprestatie van gebouwen (zie ook § 3.2.2.3). De onderstaande figuur toont twee verschillende scenario's voor de gebouwgevel in verband gebracht met de belangrijkste functionele lagen die gevels moeten vervullen, nl. uitwendige weerbestendigheid, luchtdichtheid, isolatievermogen, dampdichtheid en draagkracht. Het linkse scenario (statische oplossing) geeft een geveloplossing weer waarin al deze genoemde functies vervat zitten in een beperkt aantal sublagen en waarin het moeilijk is om elk van deze lagen individueel aan te passen of te verbeteren. Dit is bijvoorbeeld het geval bij gevelrenovatie waarbij bestaande gevels uitwendig worden na-geïsoleerd (i.e. rechtstreekse thermische bepleistering tegen de bestaande gevel). Het rechtse scenario toont als alternatief een dynamische geveloplossing die veelvuldig gelaagd is waarbij lagen verbeterd of vervangen kunnen worden of bijkomende lagen toegevoegd kunnen worden. Een voorbeeld hiervan is een geventileerde gevel gecombineerd met een stalen draagstructuur.

Een gelaagde samenstelling van gebouwelementen (in dit geval de gevel) kan zodus het doorvoeren van veranderingen of verbeteringen in een individuele laag in de toekomst vergemakkelijken zonder hiervoor het volledige gebouwelement te moeten afbreken.



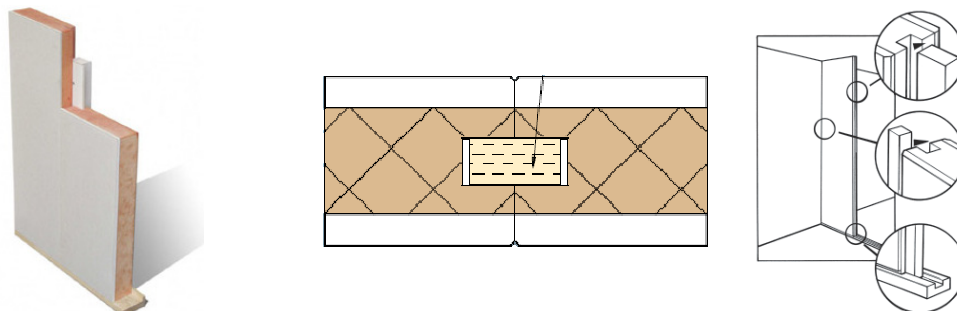
Figuur 12: Scenarios voor de gelaagdheid van bouwoplossingen voor gevels van gebouwen

Onafhankelijkheid

Het evaluatiecriterium *onafhankelijkheid* heeft betrekking op de onderlinge relatie tussen (sub)componenten binnen een beschouwd gebouwelement. Het verhogen van de onafhankelijkheid van (sub)componenten heeft als doel om de eenvoud van toekomstige verwijdering, vervanging of aanpassing van één individueel subcomponent te verhogen zonder dat hiervoor aanliggende subcomponenten moeten worden verwijderd.

¹² www.livios.be/nl/_build/_maso/_bric/8486.asp?content=Ruwbouw%20-%20Batibouw%202009

Figuur 13 toont het voorbeeld van geprefabriceerde wandpanelen, waarbij voor de vervanging van één paneel de aanliggende panelen eerst sequentieel verwijderd dienen te worden als gevolg van de afhankelijkheid van de panelen (meer bepaald hun vormgeving) binnen de toegepaste assemblage. In de onderstaande tabel wordt op abstracte wijze weergegeven hoe de vormgeving van (sub)componenten kan bijdragen tot een hogere onafhankelijkheid, die het gemak en de haalbaarheid van de ontmanteling van (sub)componenten kan verhogen.



Figuur 13: Voorbeeld van afhankelijkheid van wandpanelen (Faay wanden)

(On)afhankelijkheid van subcomponenten (horizontale snede)		
afhankelijk	↔	onafhankelijk
		

Tabel 3: Principieel voorbeeld van afhankelijkheid van aanliggende paneeloplossingen (Paduart 2012)

(Sub)componenten met een hoge onderhoudsfrequentie dienen idealiter een hoge graad van onafhankelijkheid te bezitten t.o.v. aanliggende (sub)componenten om het onderhoudsgemak van gebouwelementen tijdens de levenscyclus van gebouwen te verhogen.

Clustering

Het clusteren van bouwcomponenten voorafgaand aan de assemblage op de bouwwerf heeft duidelijk voordelen wanneer het gaat over *kwaliteitscontrole*, *uniformiteit* van bouwcomponenten, opdrijven van de *bouwsnelheid* op de werf en de algemene *kostprijsverlaging van het bouwproces*.

Door het aantal assemblagestappen op de werf te verminderen kan de montage versneld worden zodat de arbeidskosten ter plaatse sterk gedrukt kunnen worden. Anderzijds bieden preassemblage en prefabricatie belangrijke voordelen t.o.v. in-situ oplossingen door de gecontroleerde fabrieksomstandigheden waarin zijn geproduceerd worden wat betreft de productkwaliteit en het verminderd genereren van bouwafval (minder snijresten door uniformiteit van de geproduceerde bouwproducten).

Als belangrijk bijkomend voordeel voor de context van sociale huisvesting wordt door de versnelde plaatsing van gebouwelementen ook een antwoord geboden op het ongemak en de overlast die lange *renovatiewerken* voor de bewoners veroorzaken. Bij nieuwbouw en renovatie van sociale woongebouwen is het verhogen van de bouwsnelheid immers van groot belang als men denkt aan de lange bestaande wachtlijsten voor kandidaat-huurders voor sociale huisvesting.



TES Energy Facade
(www.tesenergyfacade.com)



Woning in Brugge
(Wienerberger)



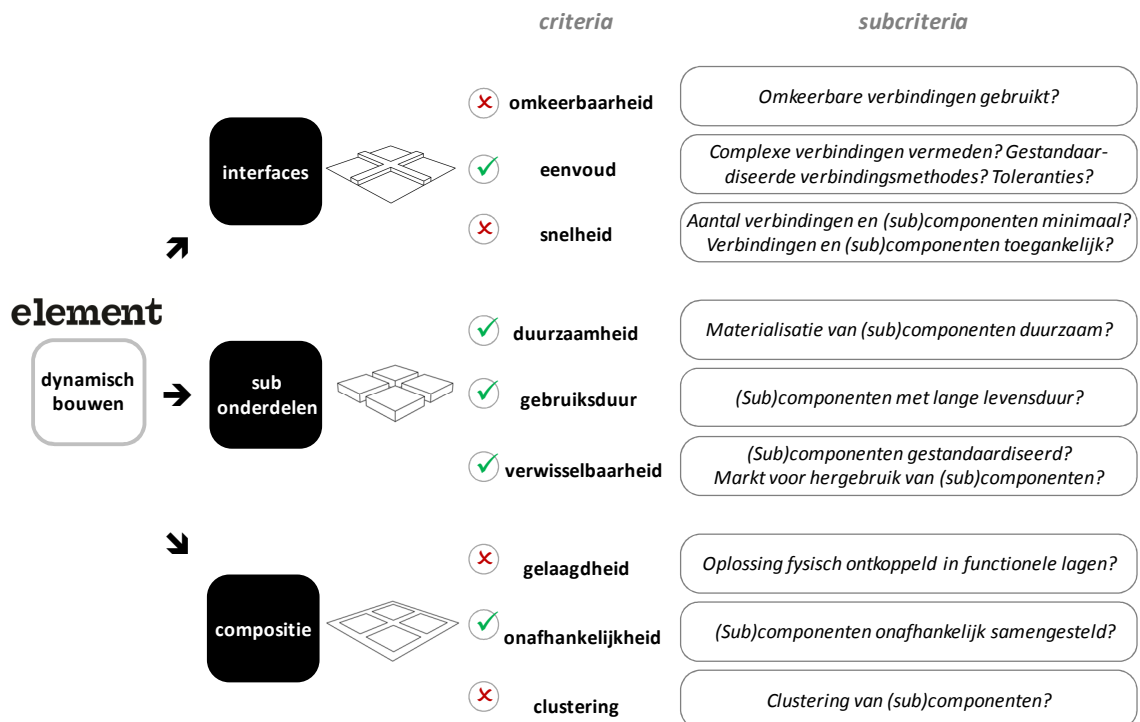
E-Cube
(Universiteit Gent)

Figuur 14: Voorbeelden van gepreassembleerde en geprefabriceerde geveldelen

Gepreassembleerde units die snel bevestigd kunnen worden tegen nieuwe of bestaande gebouwgevels ondervinden daarom een stevige opmars binnen de huidige bouw- en renovatiemarkt (BRE 2001, Donker 2004, TES 2009, Smith 2010). Deze trend voor hedendaagse oplossingen vertrekkende vanuit een industrieel bouwproces kan belangrijke voordelen bieden in de context van dynamisch bouwen (zie ook verder in § 3.2.2.1 en § 3.2.2.3).

2.3.2.5 Overzicht criteria op elementniveau

De onderstaande figuur geeft als samenvatting een overzicht van de evaluatiecriteria met bijbehorende *kernvragen* die opgesteld zijn omtrent het dynamisch bouwen van gebouwen op elementniveau. Deze evaluatiecriteria zullen in § 3.2.1 besproken worden voor het gebouw 1 op Perceel 1 van de Gandhiwijk te Mechelen.



Figuur 15: Criteria van het dynamisch ontwerpgehalte op elementniveau

2.3.3 Evaluatiecriteria op gebouwniveau

2.3.3.1 Wat is dynamisch bouwen op gebouwniveau?

Zoals reeds beschreven, wordt de huidige Vlaams/Belgische bouwpraktijk gekenmerkt door een overdadig verbruik van materialen gezien er weinig of geen rekening gehouden wordt met de technische en functionele levensduur van gebouwelementen en -componenten. Door geen of te weinig rekening te houden met mogelijke vervangingen, onderhoud en wijzigingen van gebouwelementen en -componenten tijdens de ontwerpfase wordt de technische levensduur vaak onderbenut. Dezelfde argumenten gelden op gebouwniveau, waarbij tevens getracht wordt om de dynamische eigenschappen tussen de gebouwelementen onderling te versterken.

Veel van de vermelde technische ontwerprichtlijnen op elementniveau zullen dan ook gelden op gebouwniveau. Om de functionele levensduur van het gebouw te verlengen en hiermee het hergebruikpotentieel van het gebouw te vergroten, dienen ook ruimtelijke ontwerprichtlijnen opgesteld te worden die een veranderlijk gebruik van het gebouw als geheel en de onderlinge ruimtes ondersteunen.

2.3.3.2 Interfaces

Omkeerbaarheid & onafhankelijkheid

(Gebouw)elementen (i.e. draagstructuur, buitengevel, dak, binnenwanden, etc.) binnen eenzelfde gebouw zijn gekenmerkt door een zeer uiteenlopende vervangingsfrequentie. Zo zullen niet-dragende elementen (bijv. de indeling van appartementen) vaker gewijzigd worden dan dragende elementen (i.e. de draagstructuur). Om het ontmantelen en wijzigen van elementen met een hogere frequentie niet in de weg te staan, dient de opbouw van de elementen en 'de voegen' tussen aangrenzende elementen onafhankelijk te zijn. Zo weet men bijv. dat de (niet-dragende) buitengevel in vele gevallen vaker dient aangepast te worden tijdens de volledige levensduur van gebouwen dan de draagstructuur. Hierbij hoort ook dat de juiste assemblagetechnieken gebruikt dienen te worden om de gebouwelementen met elkaar te verbinden. Om potentiële herstellingen, vervangingen en aanpassingen van de gebouwelementen – en de samenstellende bouwcomponenten – toe te laten dient er voorrang geven te worden aan omkeerbare technieken die een onafhankelijke ontmanteling toelaten. Tabel 2 kan als leidraad genomen worden om typische verbindingstechnieken in de Vlaamse/Belgische bouwwereld te analyseren.

2.3.3.3 Subcomponenten

Ontmantelbaarheid

Zoals het 'drager-inbouwprincipe' het aangeeft, dienen keuzes gemaakt te worden binnen de context van elk individueel gebouw voor wat betreft de uitwerking van de 'drager' en de 'inbouw' binnen dit gebouwconcept.

Op gebouwniveau omvat de drager meestal voornamelijk de elementen met een *constructief dragende functie* (draagstructuur) - in sommige gevallen gecombineerd met de gemeenschappelijke *circulatie-elementen* en de collectieve *technische elementen* (installaties en leidingen). Deze gecombineerde elementen zijn door hun collectief gebruik vaak minder onderhevig aan grote veranderingen tijdens de levensduur van gebouwen of dienen door hun maatschappelijk belang behoed te worden voor individuele/particuliere verbouwingspraktijken. Het is bijvoorbeeld niet wenselijk dat individuele bewoners in een collectieve (sociale) woningbouw de (fysische en technische) mogelijkheid krijgen om wijzigingen uit te voeren aan de draagconstructie en hiermee hun eigen leven en die van naburige bewoners/gebruikers in gevaar brengen. Ontmantelbaarheid van drager-elementen dient dan wel niet uitgesloten te worden voor erkende aannemers, maar wel onmogelijk gemaakt te worden voor individuele gebruikers, bijvoorbeeld via de nodige afscherming en specifieke verbindingen.

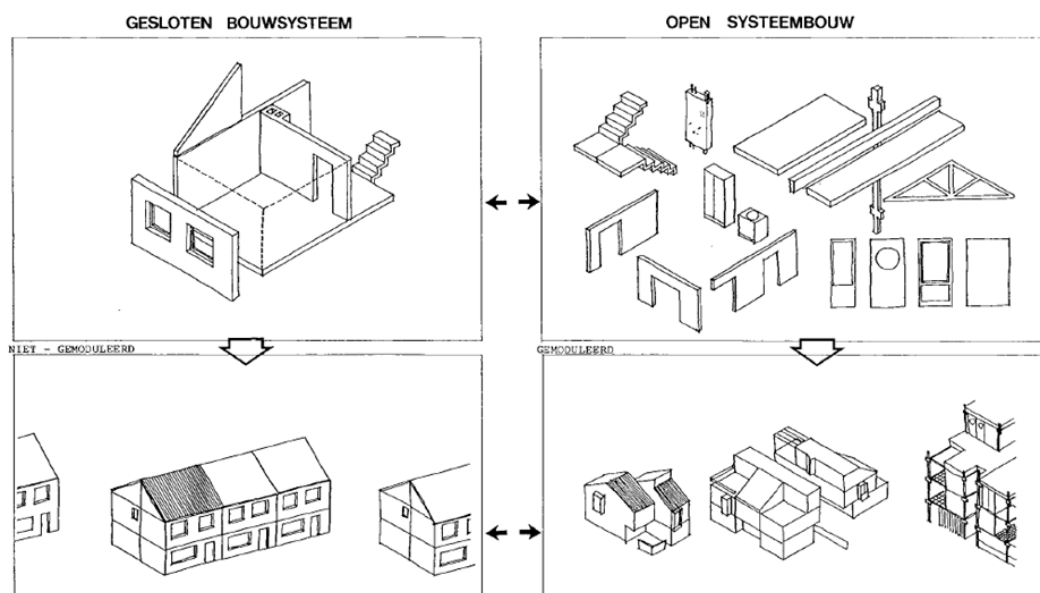
Inbouwelementen zoals niet-dragende niet-woningscheidende binnenwanden en individuele technische installaties (specifiek: leidingen) zijn bij voorkeur gemakkelijk te ontmantelen zodanig dat ze de wijzigende woon- en gebruikspatronen kunnen ondersteunen en deze elementen in hun geheel kunnen vervangen of verbeterd worden. Bij sociale huurbouw is het

aan te raden dat dergelijke bouwactiviteiten enkel toegelaten worden door erkende bouwprofessionals via de sociale huisvestingsmaatschappijen – en dus niet via de bewoners.

Tijdens de ontwerpfase dient dus rekening gehouden te worden met de ontmantelbaarheid van elementen, zodanig dat alle technische moeilijkheden uit de weg geruimd zijn om eventuele onderhoud-, herstel-, vervangings- en aanpassingswerken toe te laten tijdens de levenscyclus van gebouwen.

Hergebruik

Zoals reeds beschreven in de evaluatiecriteria op elementniveau, speelt de standaardisatie van de vorm- en maten van (basis)componenten een belangrijke rol in de hergebruikmogelijkheden. Dit concept kan verder getrokken worden op gebouwniveau waarbij alle gebouwelementen opgebouwd worden door eenzelfde of compatibele bouwsystemen. Een onderscheid dient gemaakt te worden tussen gesloten en open bouwsystemen. In de eerstgenoemde zijn de componenten (en elementen) enkel te (her)gebruiken in hetzelfde bouwproject. In de laatstgenoemde zijn de componenten zodanig ontworpen dat ze in meerdere bouwprojecten (al dan niet met dezelfde toepassing) te hergebruiken zijn. Open bouwsystemen staan centraal binnen het concept van open industrialisatie of open systeembouw, waar producenten van verschillende (open) bouwsystemen afspraken maken omtrent de compatibiliteit en interverwisselbaarheid van de verschillende bouwcomponenten zodoende het hergebruikpotentieel van de bouwproducten te verhogen (gecombineerd met de gewenste financiële voordelen door een vereenvoudiging van de productie).



Figuur 16: Tegenstelling tussen gesloten bouwsysteem en open bouwsytemen / open systeembouw (gebaseerd op De Troyer (2001))

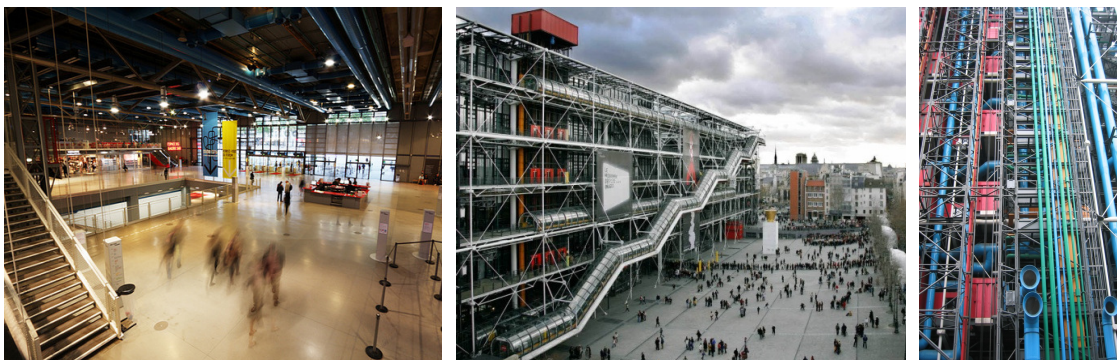
Het is echter is niet de bedoeling om woningen en gebouwoplossingen te standaardiseren via modulair ontwerpen, maar wel hergebruikmogelijkheden te verhogen door een maximale compatibiliteit tussen de verschillende (basis)componenten te realiseren.

Uitbreidbaarheid

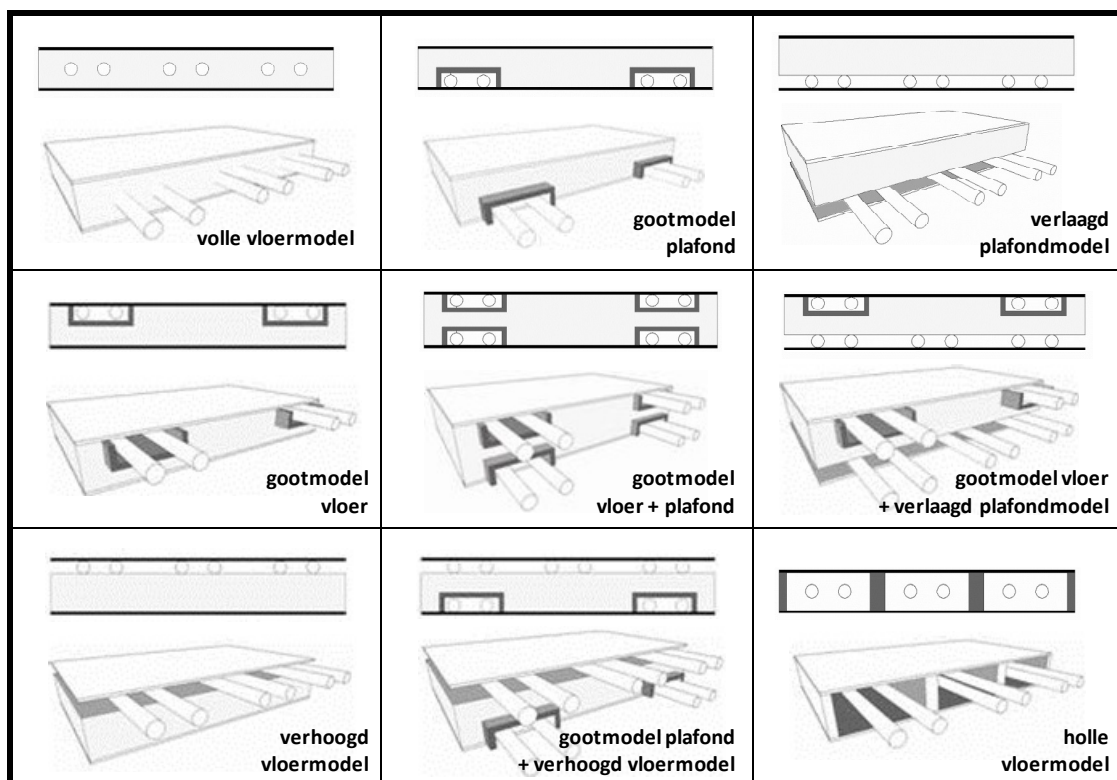
Een andere dynamisch ontwerpprincipes waar rekening dient mee gehouden te worden is de mogelijkheid op toekomstige gebouwuitbreiding. De draagconstructie en de technische leidingen hebben een belangrijke weerslag op de uitbreidingsmogelijkheden. Het is dan ook belangrijk om hiermee rekening te houden tijdens het ontwerpproces¹³.

¹³ De uitbreidbaarheid van gebouwen wordt ook bepaald door regelgeving en context. Het optoppen van een gebouw met een extra verdieping is vaak niet mogelijk omwille van stedenbouwkundige voorschriften of reglementering brandveiligheid. Met lichte structuren is het mogelijk om vrij eenvoudig één of meerdere verdiepingen toe te voegen, maar niet altijd gewenst in een bepaalde context.

Er bestaan twee manieren om reeds tijdens de ontwerpfase rekening te houden met toekomstige uitbreidingen van de draagconstructie. Ofwel worden de dragende elementen in dermate overdimensioneerd dat ze een hogere verticale en horizontale belasting aankunnen. Het High-Tech-icoon Centre Pompidou in Parijs is ontworpen door de architecten Richard Rogers en Renzo Piano opdat een verticale uitbreiding van het gebouw met een verdieping mogelijk is zonder het bestaande exoskelet te moeten verzwaken of verstevigen. Wachtelelementen en aansluitingen zijn reeds voorzien om de belasting van bijkomende vloerelementen over te brengen naar de bestaande draagconstructie. Een andere optie is om de dragende elementen zo te ontwerpen dat ze gemakkelijk aangepast, verstevigd en verstijfd kunnen worden. De eerste oplossing is vaak een statische oplossing, die een goede inschatting verschaft van toekomstige functiewijzigingen. De tweede oplossing vereist vaak ingewikkelde en kostelijke technische ingrepen.



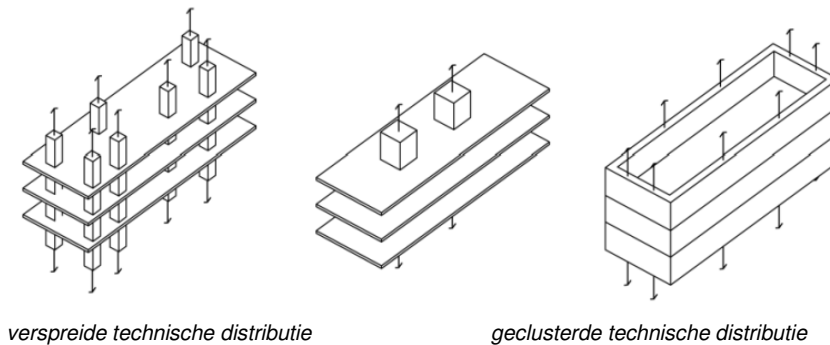
Figuur 17: De uitbreidbare draagconstructie van het Centre Pompidou te Parijs



Figuur 18: Illustratief overzicht van verscheidene voorbeelden om rekening te houden met de positionering van technische leidingen in vloeren (Debacker et al. 2007)

Ook technische leidingen en kokers voor watertoevoer-, waterafvoer-, elektriciteit- en datavoorzieningen kunnen overgedimensioneerd worden. Gezien de snelle technische vooruitgang – vooral op vlak van telecommunicatie en domotica – is echter de uitbreidingsnood ten aanzien van technische leidingen bij woningen vaak groter dan voor de draagconstructie.

Een strategische locatie in het gebouw van de technische leidingen en positionering in horizontale en verticale elementen is dan ook noodzakelijk.



Figuur 19: Vanuit het standpunt van uitbreidbaarheid en veranderlijke functieverdeling gaat de voorkeur uit naar een geclusterde verdeling van de technische leidingen – hier: verticaal (Paduart 2012)

2.3.3.4 Compositie

Veranderlijke functieverdeling

Zoals reeds vermeld in § 2.2 zijn er meerdere ontwerpmogelijkheden om wijzigende functieverdeling toe te laten. Op gebouwniveau kan dit samengevat worden tot een drietal opties. De (bestaande) gebouwlay-out laat een verandering in functieverdeling toe via:

- een polyvalente gebouwlay-out: d.m.v. de bestaande ruwbouw (bijv. open-planopdeling) waardoor geen aanzienlijke technisch wijzigingen doorgevoerd moeten worden.
- een flexibele gebouwlay-out: d.m.v. 'mobiele' gebouwelementen.
- een aanpasbare gebouwlay-out: d.m.v. eenvoudige (gedeeltelijke) ontmanteling van de gebouwelementen.

Gezien een polyvalente en flexibele gebouwlay-out gekenmerkt worden door elementen die meestal geen of weinig technische aanpassingen kunnen ondergaan, is het van belang dat de ruimtelijke relaties tussen verschillende elementen zoals de draagconstructie, technische installaties/leidingen en de circulatie goed gedefinieerd worden. In

Figuur 19 wordt de voorkeur gegeven aan een geclusterde verdeling van de technische leidingen. Daarentegen toont Figuur 20 aan dat een geclusterde circulatie echter te vermijden is ten aanzien van de (open-) planopdeling. Een lineaire toegang van de woningeenheden in combinatie met een skeletconstructie geniet de voorkeur.

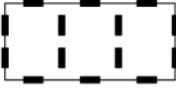
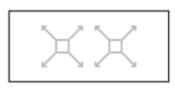
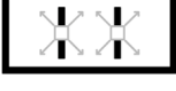
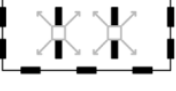
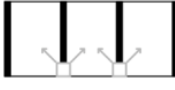
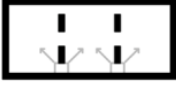
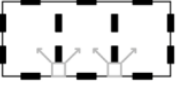
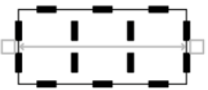
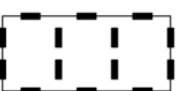
De gradatie in aanpasbaarheid kan groot zijn. De prototypewoning 'Cellophane House' van architect Kieran Timberlake (2008) wordt omschreven als een modulaire prefabwoning bestaande uit gebouwelementen die tijdelijk een configuratie vormen, gemakkelijk ontmanteld en getransporteerd kunnen worden en op een andere plek geassembleerd kunnen worden op een andere manier. Het tijdelijk gebouw is een extreme vorm van aanpasbaarheid, gezien het kan gewijzigd worden aan zowel de interne als externe omgeving.

Doeltreffende aanpasbare gebouwoplossingen moeten echter niet spectaculair zijn. De sanitaire cel ontworpen in Figuur 22 bezit de dynamische eigenschap dat ze gemakkelijk omgevormd kan worden naar een badkamer voor een rolstoelbehoevende, door middel van ontmantelbare en verplaatsbare gebouwelementen. Door deze eigenschap is de ruimte voorzien om 'mee te groeien' met de gebruiker.

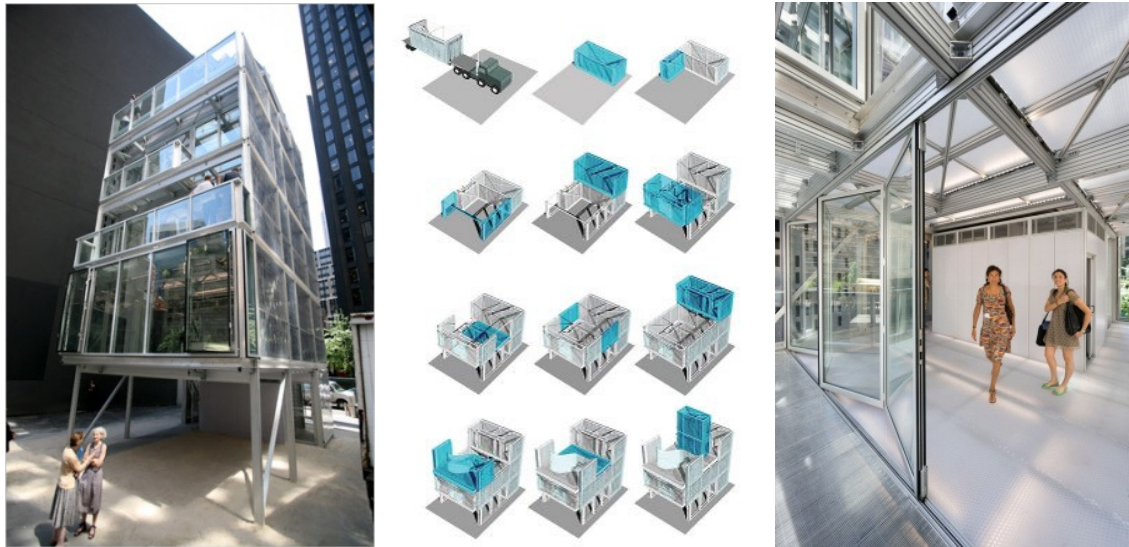
Flexibiliteit van woningtypes	Woningtypes			
				
Horizontale flexibiliteit	<i>gangtype</i>	<i>overlooptype</i>	<i>portiekttype</i>	<i>externe galerijtype</i>
intern horizontale flexibiliteit				
- <i>longitudinaal</i>	+	+/-	+	+
- <i>transversaal</i>	-	+/-	+	+
extern horizontale flexibiliteit				
- <i>longitudinaal</i>	+	+	+/-	+/-
- <i>transversaal</i>	+	+	+	+

(-) beperkt; (+/-)gemiddeld; (+) substantieel.

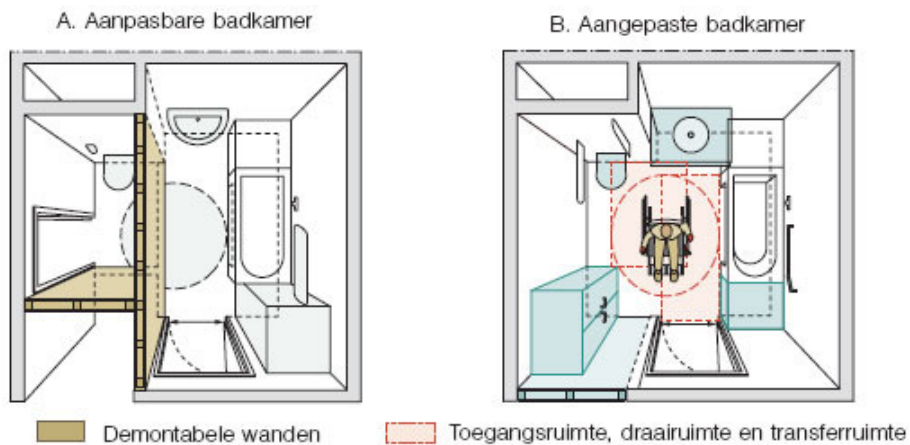
Tabel 4: Relatie tussen het appartementstype en de mogelijkheid tot interne en externe uitbreidingsmogelijkheden (Paduart 2012)

Matrix	Type draagstructuur		
			
Circulatie type	<i>dragende dwarswanden</i>	<i>dragende gevel</i>	<i>dragende skeletstructuur</i>
	LAGE flexibiliteit		
			
			
			
			
	HOGE flexibiliteit		

Figuur 20: Relatie tussen het circulatietype en het draagconstructietype ten aanzien van een polyvalent of flexibel bouwlay-out (Paduart 2012)



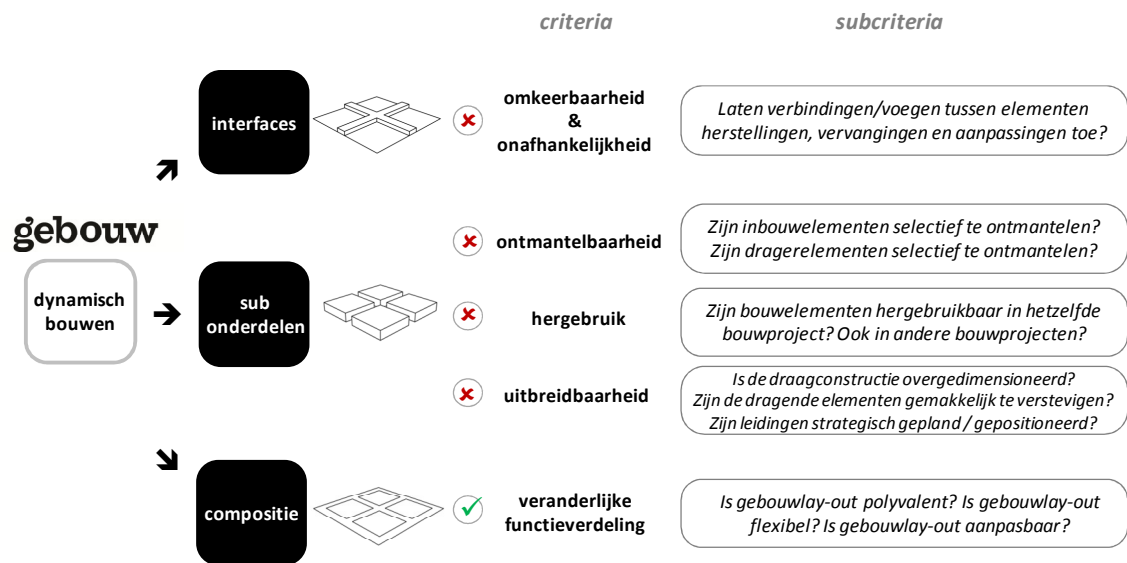
Figuur 21: 'Cellophane House' van Kieran Timberlake: (links) in opbouw en (rechts) als tijdelijke configuratie



Figuur 22: Een voorbeeld van een sanitaire cel die aangepast kan worden voor een rolstoelbehoevende (www.wtcb.be)

2.3.3.5 Overzicht criteria op gebouwniveau

Figuur 23 geeft een overzicht van de evaluatiecriteria op gebouwniveau met bijbehorende *kernvragen* die opgesteld zijn. Deze evaluatiecriteria zullen in § 3.3.1 besproken worden voor gebouw 1 op Perceel 1 van de Gandhiwijk te Mechelen.



Figuur 23: Criteria van het dynamisch ontwerpgehalte op gebouwniveau

2.3.4 Evaluatiecriteria op wijkniveau

2.3.4.1 Wat is dynamisch bouwen op wijkniveau?

De laatste jaren werd heel wat geïnvesteerd in stadsontwikkeling- en herwaarderingsprojecten. Dergelijke projecten kunnen belangrijke gevolgen hebben op de directe omgeving, zowel op het bestaand groen, als de infrastructuur. Vanuit materiaalperspectief zijn naast de gebouwen (en de grond) de belangrijkste potentiële financiële en milieu-impact te vinden bij wijzigingen aan de infrastructuuronderdelen, zoals het wegennetwerk en de nutsvoorzieningen.

Om belangrijke afbraakwerken en infrastructurele wijzigingen te vermijden, is het belangrijk dat wijken zich op gemakkelijke wijze kunnen aanpassen aan veranderende levenswijzen en woonvormen. Hierbij ligt de focus op de volgende aspecten:

- *Multifunctionaliteit/ polyvalentie*: de openbare ruimte moet de mogelijkheid geven tot verschillende vormen van activiteiten.
- *Flexibiliteit*: mits een aantal eenvoudige ingrepen (verplaatsbare elementen, opdeelbaarheid van de publieke ruimte) kan de ruimte voor verschillende functies gebruikt worden.
- *Aanpasbaarheid*: de wijklay-out moet mogelijkheden bieden met betrekking tot verdichting en functiewijziging op lange termijn.

2.3.4.2 Evaluatiecriteria op vlak van compositie van wijkonderdelen

Ruimtelijke structuur

De ruimtelijke structuur heeft een belangrijke impact op de aanpassingsmogelijkheden van een wijk of stadsfragment. Er moet hierbij gestreefd worden naar een beperking van de versnippering van de beschikbare ruimte door het optimaliseren van de infrastructuur en het zoeken naar compacte bouwvormen. Versnippering zorgt immers voor een inefficiënt ruimtegebruik en vormt vaak een rem voor toekomstige aanpassingen.



Figuur 24: Versnipperde ruimtelijke structuur (www.vai.be) versus de compacte stad (www.wikipedia.org)

Polyvalente ruimten

Polyvalente ruimten zijn ruimten die niet ontworpen worden in functie van een specifiek gebruik maar die verschillende vormen van activiteiten toelaten. Deze ruimten kunnen gemakkelijk ingenomen worden voor tijdelijke of semi-tijdelijke doelen (buurtfeest, sportevenement, speelplein) en dragen bij tot het gemeenschapsleven in de wijk. Een voorbeeld van polyvalente publieke ruimte is het Park Spoor Noord in Antwerpen (zie Figuur 25). Met zijn ruime grasvlakten, speeltuinen en watervlak is het park een grote ontmoetingsruimte geworden waarbij tal van activiteiten plaatsvinden.



Figuur 25: Park Spoor Noord (www.agstadsplanning.be)

Diversiteit

Diversiteit qua functies, voorzieningen en woningtypes maken een wijk levendiger en verhogen de leefbaarheid en sociale cohesie. Door de diverse opbouw is de wijk beter bestand tegen veranderlijke leefpatronen (i.e. een gemakkelijkere integratie van nieuwe functies, en de mogelijkheid om van woningtype te veranderen bij gewijzigde gezinssituatie).



Figuur 26: Monofunctionele woningbouwwijk (Clichy-sous-bois, www.europe1.fr) versus diversiteit in de stad (www.erfgoedcelgent.be)

Aanpasbaarheid op lange termijn

De wijklay-out biedt mogelijkheden met het oog op lange termijn veranderingen zoals potentiële inbreidingen (door verhoging van de bouwdichtheid – zie Figuur 27) en functiewijzigingen (door inplanting van nieuwe functies). Om dit te bereiken zijn de volgende aspecten van belang:

- De wegen en ontsluitingspatronen zijn voldoende polyvalent waardoor ze een gewijzigd mobiliteitsprofiel kunnen opnemen.
- Er is voldoende open ruimte voorzien voor nieuwe gebouwen of andere functies (bijv. een speelplein voor een school, een parkeerruimte voor kantoor- en handelfuncties)

Opmerking: Naast de aanpasbaarheid binnen de wijk zelf, moet er ook voldoende aandacht besteed worden aan de relaties met de omgeving met het oog op stedelijke veranderingen (uitbreidbaarheid, inpassing in netwerken)



Figuur 27: Stadsinbreiding Diepenbeek (De Gouden Liniaal Architecten en Diliën Architecten – www.architectura.be)

2.3.4.3 Evaluatiecriteria op vlak van ontwerp van wijkonderdelen

Hergebruik

Veel stedenbouwkundige projecten vertrekken van een bestaande context met gebouwen en infrastructuren. Met het oog op een beperking van de impact van de bouwwerkzaamheden (zowel afbraak- als nieuwbouwwerken) is het belangrijk om rekening te houden met deze context en het hergebruik van bestaande wijkonderdelen te stimuleren.



Figuur 28: Schoolgebouw in Braine l'Alleud – Hergebruik van een bestaand gebouw (Atelier d'Architecture Alain Richard – www.aa-ar.be)

Dimensionering

Naast de beperking van de infrastructurele noden door een doordachte ruimtelijke structuur moet er ook aandacht besteed worden aan de dimensionering van de onderdelen en de beperking van de hoeveelheid statisch aangelegde infrastructuur. Een voorbeeld is de aanleg van groene parkeerstroken (zie Figuur 29) zodat de vastgelegde verharde oppervlaktes tot een minimum beperkt blijven. Op die manier worden ook belangrijke aanpassingswerken vermeden bij een mogelijke daling van de parkeerbehoeftes.



Figuur 29: Groene parkeerstroken langs een rijweg (www.tonn.nl)

Demonteerbaarheid

Selectieve ontmanteling van de infrastructuur (bijv. wegen en nutsleidingen) door de toepassing van demonteerbare onderdelen resulteert in een gemakkelijker onderhoud, minder afbraakwerken en bijkomende mogelijkheden tot hergebruik.



Figuur 30: Demontage en hergebruik van porfieren (“Materialen recupereren en recycleren”-Praktische Handleiding voor het ontwerpen van de openbare ruimten van duurzame wijken” – BIM)

2.3.4.4 Evaluatiecriteria op vlak van interfaces tussen wijkonderdelen

Eenvoud

De aansluiting tussen wijkonderdelen gebeurt op basis van eenvoudige verbindingen (hier: een eenvoudige aansluiting van gebouwen op de infrastructuur). Een voorbeeld is de aansluiting met de riolering (zie Figuur 31) waarbij er aandacht moet besteed worden aan simpele en bereikbare verbindingen. Dit zorgt voor een gemakkelijker onderhoud en verhoogt de omkeerbaarheid van de aansluitingen.



Figuur 31: Complexe aansluiting op de riolering (www.goen.be)

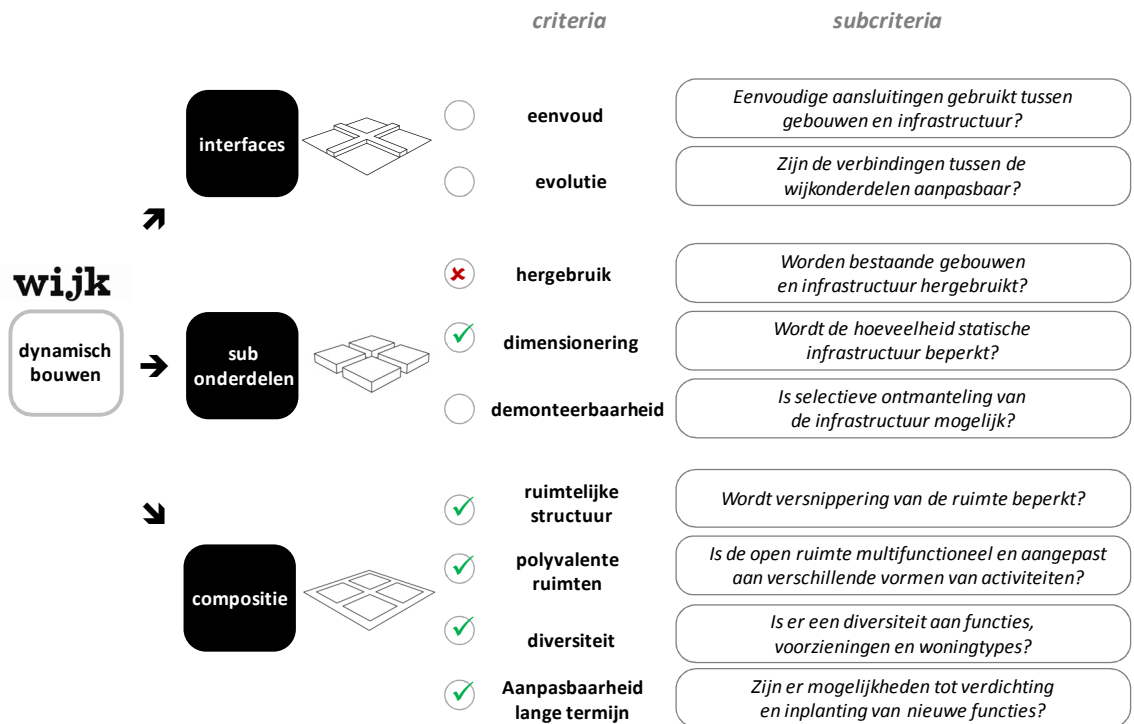
Evolutie

Naast de eenvoud van de verbindingen tussen de wijkonderdelen moet er nagedacht worden over het evolutief karakter of aanpasbaarheid van de verbindingen. Dit geldt zowel voor de technische verbindingen (bijv. aansluiting op riolering) als ruimtelijke relaties (bijv. overgang publiek/semi-publiek/privaat). Ter illustratie worden in Figuur 32 twee vormen van terreinafsluitingen voorgesteld: terwijl de metselwerk tuinmuur veranderingen bemoeilijkt, laat het lichte hekwerk toe om de perceelgrenzen op een eenvoudige wijze aan te passen.



Figuur 32: Verschillende vormen van terreinafsluitingen: de statische tuinmuur (www.wikipedia.org – www.aquasilver.nl) versus het mobiele hekwerk (www.aquasilver.nl)

2.3.4.5 Overzicht criteria op wijkniveau



Figuur 33: Overzicht evaluatiecriteria op wijkniveau¹⁴

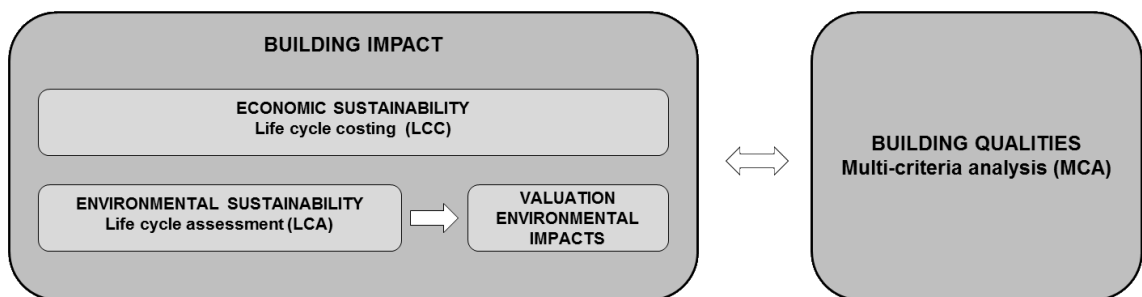
¹⁴ Over de niet-ingevulde velden op deze figuur is er te weinig informatie om een verdere uitspraak te doen. Elementen zijn bijvoorbeeld de gebouwgevel, de draagstructuur, de gebouwindeling; componenten zijn de samenstellende onderdelen van deze gebouwelementen.

2.4 Evaluatiekader op basis van levenscyclusbenadering

Om de duurzaamheid van dynamische oplossingen te evalueren wordt een breed evaluatiekader vooropgesteld, gebaseerd op een levenscyclusaanpak. In de volgende paragrafen wordt eerst de structuur van de evaluatie toegelicht. Daarna wordt er dieper ingegaan op de LCC (Life Cycle Costing) en LCA (Life Cycle Assessment) methodologie en de scenario's die gebruikt worden binnen de evaluatie.

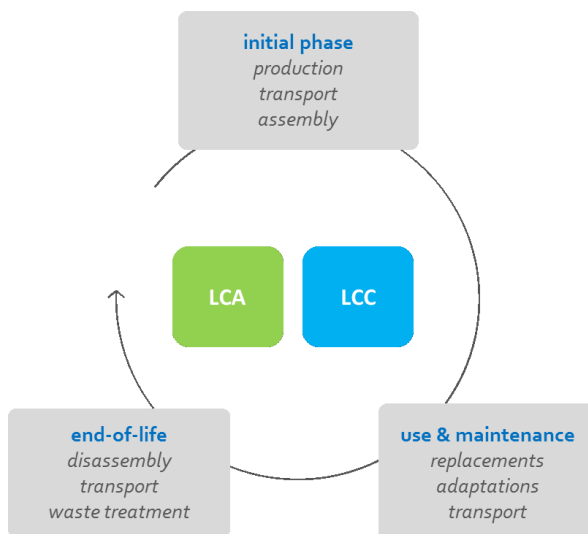
2.4.1 Structuur

Het voorgesteld evaluatiekader is gebaseerd op de duurzaamheidsevaluatiemethode, ontwikkeld binnen het SuFiQuaD project (Allacker et al. 2011) (uitgevoerd door KU Leuven, VITO, WTCB tussen 2007- 2011 in opdracht van BELSPO). Deze methode biedt een geïntegreerde aanpak (zie Figuur 34) om de duurzaamheid van gebouwen te beoordelen, rekening houdend met de financiële kosten, de milieu-impact en de gebouwkwaliteiten. De financiële en milieu-evaluatie bestaat uit een levenscyclusbenadering die LCC (Life Cycle Costing) en LCA (Life Cycle Assessment) berekeningen combineert terwijl de gebouwkwaliteiten met een Multi-Criteria analyse (MCA) geëvalueerd worden. Verder kan de SuFiQuaD-methode gebruikt worden om gebouwen te optimaliseren. Dit kan gebeuren voor een deelaspect (bijv. de optimalisatie van de financiële kosten) of op een globale manier waarbij een afweging wordt gemaakt tussen het minimaliseren van de gebouwimpact (financiële kosten en milieu-impact) en het maximaliseren van de gebouwkwaliteiten.



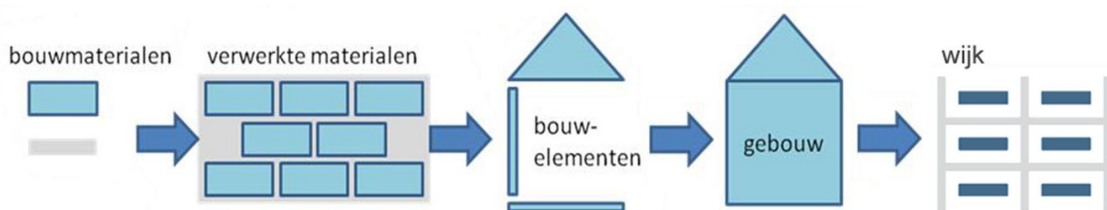
Figuur 34: Structuur duurzaamheidsevaluatie SuFiQuaD project

Een belangrijk kenmerk van de evaluatiemethode is de levenscyclusbenadering waarbij de financiële kosten en milieu-impact over de gehele levenscyclus van een gebouw geëvalueerd worden (zie Figuur 35). Dit betekent dat de analyse niet beperkt wordt tot de initiële bouwphase maar ook de gebruiksfase en het einde van de levensduur van het gebouw in rekening neemt. Deze aanpak is uitermate geschikt om de voordelen van dynamische bouwoplossingen op lange termijn te evalueren.



Figuur 35: Levenscyclusbenadering in gebouwen (Paduart 2012)

Een laatste voordeel van de SuFiQuaD methode is de toepasbaarheid op verschillende schaalniveaus zoals elementen, gebouwen of wijken. Door de hiërarchische evaluatiestructuur gebaseerd op de elementenmethode (zie Figuur 36), kunnen resultaten op één schaalniveau gemakkelijk gebruikt worden voor een analyse op een hogere schaal.



Figuur 36: Elementenmethode en schaalniveaus

In het kader van deze opdracht wordt gefocust op de analyse van een aantal dynamische elementenoplossingen. De resultaten op elementniveau worden dan gebruikt om een paar scenario's op gebouwniveau te simuleren. Verder wordt de nadruk gelegd op de LCC en LCA evaluatie. Er wordt dus geen gedetailleerde kwaliteitsevaluatie uitgevoerd. Kwaliteitsverschillen tussen verschillende varianten worden enkel vermeld, indien relevant.

2.4.2 LCC methodologie

De LCC evaluatie analyseert de financiële kosten voor materiaal, arbeid, transport en EOL (end of life) tijdens de verschillende fasen van de levenscyclus. De financiële gegevens zijn gebaseerd op de richtprijzen van de ASPEN index (ASPEN 2009a) (ASPEN 2009b), samen met offertes van aannemers (voor de schatting van de kostprijs van dynamische bouwoplossingen).

Periodische kosten worden in de analyse geïntegreerd door de berekening van hun huidige waarde (actualisatie). De volgende economische parameters worden toegepast:

- Inflatie: 2%
- *Rëele actualisatievoet (bovenop de inflatie): 2%*
- *Rëele groeivoet arbeidskosten (bovenop de inflatie): 1%*
- *Rëele groeivoet materialenkosten (bovenop de inflatie): 0%*

Een gedetailleerde beschrijving van de LCC methodologie is terug te vinden in de doctoraatsthesis van Paduart (2012).

2.4.3 LCA methodologie

De LCA methodologie is gebaseerd op de methode ontwikkeld in het kader van het onderzoeksproject Milieugerelateerde Materiaalprestatie van Gebouw(element)en – of kortweg MMG (Debacker et al. 2012) (uitgevoerd door VITO, KU Leuven, WTCB 2011-2012) in opdracht van OVAM. Naast de berekening van een aantal individuele milieuindicatoren laat de MMG-methode toe om de milieu-impact van gebouwelementen te beoordelen op basis van een geaggregeerde milieuscore, uitgedrukt in milieukosten (i.e. externe kosten veroorzaakt door milieu-impact). Deze monetaire indicator, die een vergelijking met de financiële kosten mogelijk maakt, wordt hier gebruikt voor de milieubeoordeling van de dynamische oplossingen en wordt berekend met behulp van de SimaPro-software.

2.4.4 Scenario's

Om een levenscyclusanalyse uit te voeren moeten een aantal scenario's gedefinieerd worden met betrekking tot de levensduur van gebouwen, de vervangingen en aanpassingen van elementen en componenten tijdens de levenscyclus, en het levenseinde van bouwproducten.

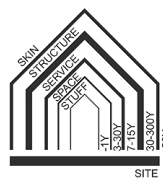
2.4.4.1 Levensduur van gebouw en componenten

De scenario's met betrekking tot de levensduur worden gedefinieerd op drie niveaus, namelijk *gebouw*, *element* en *component*.



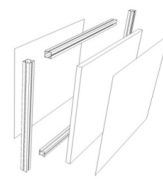
gebouw

economische / technische levensduur



element

functionele levensduur



component

technische levensduur

Figuur 37: Levensduurscenario's op 3 niveaus: gebouw, element en component.

Levensduur gebouw

De levensduur van gebouwen is moeilijk te voorspellen, maar speelt desalniettemin een grote rol binnen de analyse van de levenscyclus van gebouwen. Een levenscyclus van 60 jaar wordt gekozen op basis van de gemiddelde levensduur van gebouwen in de Belgische context (Allacker 2010, FOD economie, K.M.O., Middenstand en Energie 2009).

Levensduur gebouwelement

Ten gevolge van het dynamisch karakter van bewoners, functionele vereisten en gebouwnormen, kunnen periodische aanpassingen van elementen vereist zijn. Dit wordt gedefinieerd op basis van een functionele levensduur. Deze werd bepaald op basis van de resultaten van een enquête bij een aantal Vlaamse sociale huisvestingsmaatschappijen (Paduart 2012). Hieruit is gebleken dat er vooral een hoge vraag naar flexibiliteit bestaat voor niet-dragende scheidingswanden (interne herindeling) en de buitengevel (aanpassing aan verstrengde energieregelgeving). In het kader van deze opdracht worden de volgende scenario's gesimuleerd:

1. Scenario *zonder* periodische aanpassing:
Bij dit scenario blijft het element op dezelfde plaats tijdens de hele gebouwlevensduur (de functionele levensduur is in dit geval gelijk aan 60 jaar). Er gebeuren dus geen grote aanpassingen behalve de periodieke vervangingen door het overschrijden van de technische levensduur van de componenten.
2. Scenario met periodische aanpassingen:
In dit geval ondergaat het element een aantal verplaatsingen tijdens de gebouwlevensduur. Er wordt gewerkt met de volgende parameters voor de functionele levensduur:
 - *Binnenwanden (BiW)* (bijv. interne herindeling van een appartement): 10 jaar (kort) of 15 jaar (gemiddeld)
 - *Woningscheidende wanden (WoW)* (bijv. herindeling tussen 2 appartementen): 20 jaar (kort) of 30 jaar (gemiddeld)
 - *Buitengevel (BuG)* (bijv. upgrade i.f.v. energieregelgeving): 20 jaar (kort) of 30 jaar (gemiddeld)

Levensduur bouwcomponent

Op basis van referentiewaarden uit literatuur voor de bouwsector (Huffmeyer 1998, BVBS 2010) krijgt elke component een technische levensduur (een gemiddelde, een minimale en een maximale technische levensduur). Indien deze overschreden wordt tijdens de levensduur van het gebouw, dan wordt er in de berekening een periodieke vervanging toegepast. Doordat voor elk component de onafhankelijk (t.o.v. aanliggende componenten) bepaald wordt, worden dan ook al dan niet aanliggende componenten mee vervangen¹⁵.

¹⁵ Meer informatie over de technische levensduur van componenten is terug te vinden in het doctoraat van Paduart (2012).

2.4.4.2 Hergebruik en recyclage

Conform de internationale normeringen inzake levenscyclusanalyse (CEN 2011), vallen het recyclage en hergebruik van componenten in andere ketens (bijv. hergebruik van componenten in een ander gebouw) buiten de systeemgrenzen (i.e. cut-off regel). De mogelijke winsten en lasten relateerd aan de recyclage- en hergebruikprocessen die buiten de systeemgrenzen vallen, worden dus niet in rekening genomen.

Specifiek voor dynamische oplossingen is er de mogelijkheid om componenten te demonteren en in hetzelfde gebouw te hergebruiken. Deze processen vallen wel binnen de systeemgrenzen en worden dus in de simulaties ingerekend. Concreet wordt bij het overschrijden van de functionele levensduur van een element telkens nagegaan of het hergebruik van de bouwcomponenten mogelijk is. Voor de modellering worden de volgende regels gedefinieerd waaronder het hergebruik van een bouwcomponent kan worden aangenomen:

- De verbindingen tussen de bouwcomponenten moeten omkeerbaar zijn;
- De bouwcomponent moet herbruikbaar zijn in dezelfde toepassing;
- De technische levensduur van de bouwcomponent moet langer zijn dan 10 jaar;
- De overblijvende levensduur van de component na het moment van de ingreep moet meer dan de helft van de initiële technische levensduur van het product zijn.

3 Evaluatie van de casestudy: Mahatma Gandhiwijk te Mechelen

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de evaluatiecriteria voor het dynamisch bouwen die werden opgesteld in Hoofdstuk 2 op wijk-, gebouw-, en elementniveau toegepast voor de specifieke context van het *nieuwbouwontwerp* voor Perceel 1 op de Gandhiwijk. Perceel 1 wordt op *verkennende* wijze doorgelicht op basis van de opgestelde criteria voor de drie ontwerpniveaus op vlak van toepassing of ontbreken van een dynamische ontwerpbenadering.

Een gedetailleerde studie op elementniveau zal toelaten om de verticale elementen van Perceel 1 te evalueren en te kaderen binnen een reeks van oplossingen, variërend van *statische* oplossingen naar *dynamische* oplossingen. De resultaten van deze LCA en LCC studies op elementniveau worden vervolgens geïmplementeerd voor de analyse op gebouwniveau voor een beperkt aantal representatieve scenario's op Perceel 1. Daarna zal eveneens het wijkniveau van het nieuwbouwontwerp op de Gandhiwijk kort besproken worden. Op basis van de evaluatie op de drie schaalniveaus zullen in Hoofdstuk 4 aanbevelingen geformuleerd worden met betrekking tot de Gandhiwijk die zich richten tot OVAM, het Vlaams Woonbeleid en de VMSW.

3.2 Evaluatie op elementniveau

3.2.1 Doorlichting evaluatiecriteria dynamisch bouwen

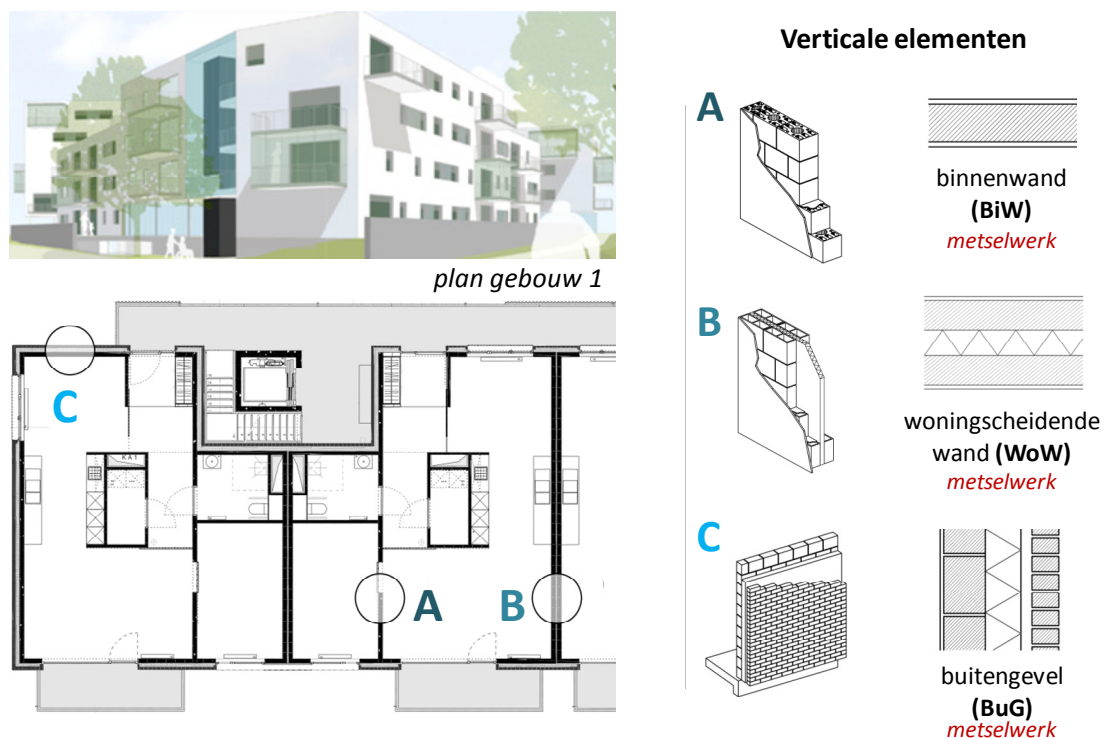
3.2.1.1 Analyse van verticale elementen van Perceel 1 op de Gandhiwijk

In deze studie wordt de focus gelegd op de evaluatie van **verticale** (niet-dragende) gebouwelementen. De verticale gebouwelementen die worden geanalyseerd op vlak van hun samenstelling, materiaalkeuze en toegepaste bouwtechnieken zijn de volgende, namelijk:

- de buitengevel (BuG),
- de binnenwanden (BiW), en
- de woningscheidende wanden (WoW).

De gebouwen op het eerste perceel van de Gandhiwijk zijn opgebouwd uit een betonnen draagstructuur met dragende dwarswanden die het bouwplan verdelen in dubbel geïoriënteerde woningen. Deze appartementen hebben een centrale functionele kern (keuken en berging) en zijn worden verder intern ingedeeld in afgescheiden ruimten (slaapkamer, badkamer, inkomhal) door niet-dragende binnenwanden. Figuur 38 geeft een representatief gedeelte weer van deze planopbouw binnen gebouw 1 op Perceel 1.

In de verschillende gebouwen van Perceel 1 wordt eenzelfde type gevelopbouw (BuG) toegepast, namelijk een (geïsoleerde) spouwmuur met bakstenen gevelblad en dragend intern metselwerk. Ook de binnenwanden (BiW) worden uitgevoerd als metselwerk, namelijk met snelbouwsteen en betonblokken. Ook de dwarse woningscheidende wanden (WoW) van het gebouw worden uitgevoerd als (dragend) metselwerk.

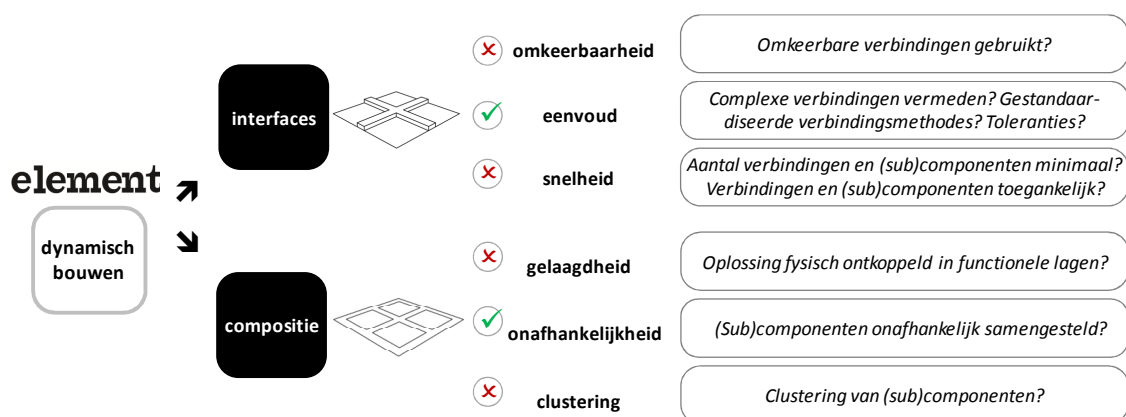


Figuur 38: Verticale gebouwelementen in gebouw 1 (Perceel 1 - Gandhivijk)

3.2.1.2 Evaluatie van dynamisch ontwerpgehalte met ontwerpaanbevelingen

Deze verticale elementen kunnen vervolgens geëvalueerd worden volgens de opgestelde evaluatiecriteria voor dynamisch bouwen in § 2.3.2. De scheidingswanden en buitengevel worden in deze paragraaf verder samen besproken gezien dezelfde bouwmethodiek is toegepast voor alle verticale elementen op gebouw 1, namelijk een uitvoering als metselwerk.

Figuur 39 geeft het overzicht van de evaluatiecriteria waarvoor *niet* voldaan wordt door de verticale gebouwelementen aanwezig op Perceel 1 van de Gandhivijk. Dit overzicht wordt per individueel evaluatiecriterium besproken met specifieke ontwerpaanbevelingen naar het ontwerp van Perceel 1 toe.



Figuur 39: Evaluatie van het dynamisch ontwerpgehalte van metselwerk gebouwelementen

Omkeerbaarheid

Bij metselwerk in scheidingswanden zorgt de *natte verbindingwijze* met mortel of lijm ervoor dat eenmaal de bouwblokken gemetst/gelijmd zijn de individuele componenten nog moeilijk kunnen worden teruggewonnen, hoewel ze nog steeds een lange technische levensduur kunnen bezitten. Eenmaal gedroogd vormen de natte verbindingen- en afwerkingswijze immers onomkeerbare verbindingen, zodat ontmanteling en hergebruik van de originele bouwblokken

ter plekke uitgesloten wordt. Indien in de toekomst functionele aanpassingen, technische herzieningen of ruimtelijke wijzigingen van de verticale elementen gewenst zijn, moeten als gevolg van deze assemblagetechniek sloopmiddelen ingezet worden, om daarna het element opnieuw op te bouwen mits gebruik van nieuwe bouwmaterialen.

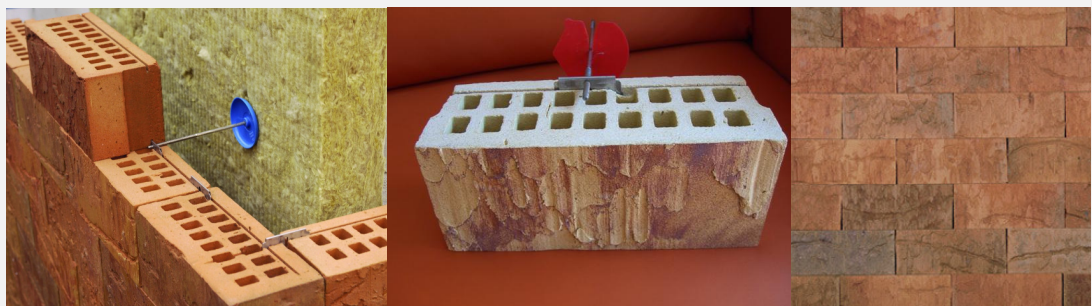
Ontwerpaanbevelingen op elementniveau

Om aanpassingen, demontage en hergebruik van de bouwstenen van gemetste verticale elementen toe te laten, kan geopteerd worden voor het gebruik van massieve bouwsystemen die fundamenteel verschillen van traditionele bouwoplossingen op vlak van hun assemblagewijze. Stapelsystemen gebaseerd op de wereldberoemde 'Lego-blokken' zijn hier een illustratie van. Het *Q-Brick systeem*¹⁶ is een voorbeeld toegepast binnen de industrie en de tijdelijke huisvesting (heropbouw van woningen in rampgebieden) van dergelijke massieve maar omkeerbare bouwsystemen. De vorm van de bouwcomponenten (Q-Bricks) is geïnspireerd door Lego-blokken en zorgt voor een stabiele constructie die het gebruik van metselspecie overbodig maakt. De gestapelde bouwblokken zijn bijgevolg volledig demonteerbaar zodat de bouwstenen hergebruik toelaten in de context van rampgebieden als bouw materiaal voor de toekomstige permanente huisvesting nadat zij tijdens de eerste reconstructieperiode werden ingezet. Een toepassing binnen de sociale huisvesting lijkt niet meteen evident door de strenge wetgeving omtrent brandwerendheid en akoestische prestaties, maar dit voorbeeld kan wel als inspiratie dienen voor de verdere ontwikkeling van bouwsteensystemen in de residentiële sector.



Figuur 40: Wand uit bouwblokken met omkeerbare verbindingen (Q-Brick systeem)¹⁷

Daarnaast zorgt de toepassing van metselwerk in buitengevels ervoor dat de gebouwenvelope enerzijds niet op eenvoudige wijze kan worden aangepast aan toekomstige wijzigende vereisten (bijv. een strenger energiebeleid van residentiële gebouwen) en anderzijds niet eenvoudig kan worden ontmanteld en gesorteerd tijdens het levenseinde van gebouwen. Als alternatief voor de gemetste baksteengevel vinden we in de bouwindustrie recente ontwikkelde baksteengevels die op droge wijze geassembleerd worden d.m.v. verbindingstukken die bevestigd worden in vooraf geslepen groeven in de bakstenen componenten (de zogenaamde *Clickbrick*¹⁸ geveloplossing).



Figuur 41: Baksteengevel gebruik makende van omkeerbare verbindingen tussen de bakstenen (Clickbrick)

Deze gevelopbouw optimaliseert het potentieel van baksteengevels om in de toekomst

¹⁶ www.demobielefabriek.nl

¹⁷ www.legioblock.com

¹⁸ www.daasbaksteen.nl

aanpassingen in de gebouwschil door te voeren zonder hiervoor de volledige gevel te moeten slopen, en promoot bovendien een selectieve ontmanteling op het levenseinde van gebouwen met verhoogd hergebruik van bakstenen. Dit vermijdt dat deze keramische materialen terechtkomen in de grote afvalstroom van keramische materialen die wel gerecycleerd maar niet hergebruikt kunnen worden, door het type mortel (cementmortel) dat vandaag frequent gebruikt wordt. Zo is cementmortel een hardere specie dan de bakstenen zelf, waardoor het bijna onmogelijk is om de baksteen van de cementmortel te scheiden uit het puinafval. Kalkmortel daarentegen is zachter en is daarom makkelijker te scheiden van de bakstenen, wat het hergebruik van de bakstenen te goed komt.

Snelheid

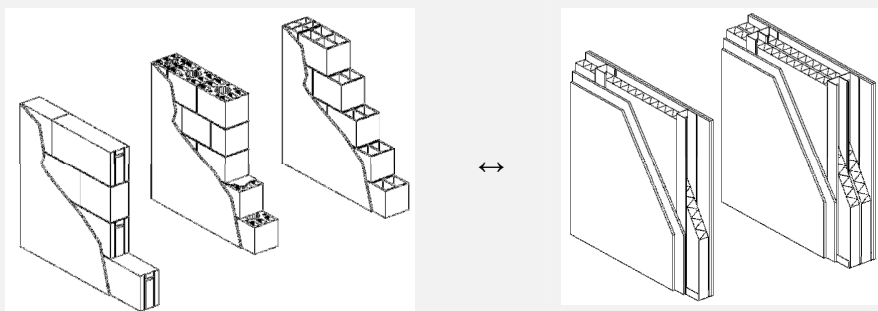
Traditionele gemetste binnenwanden gaan gepaard met relatief lage bouwsnelheden door het hoge aantal kleine bouwstenen, de benodigde vakmanexpertise (i.v.m. het metsen) en de lange droogtijden verbonden aan de verbindingswijze met mortel en afwerking met pleisterwerk. Ook gemetste baksteengevels zijn tijdrovend door het arbeidsintensieve opmetsen en invoegen van de bakstenen, de weersafhankelijkheid van de werken en de complexiteit wat betreft een correcte detaillering tegen vochtinslag.

De bouwsector ontwikkelt daarom momenteel voor binnenwanden een breed gamma aan bouwstenen met een *groter* formaat en componenten voorzien van een *tand- en groefstelsel* zodat de bouwsnelheid van gemetste wanden verhoogd kan worden. Ook bestaan verlijmbare bouwstenen voor binnenwanden die eveneens voor een hoger rendement (minder arbeidsuren) zorgen. Voor buitengevels kunnen droge oplossingen zoals Clickbrick eveneens een alternatief bieden voor baksteengevels waar geen droogtijden verbonden zijn aan de assemblage van de buitengevel.

Naast de optimalisatie van bouwmethodes die gebruik maken van (gemetste) bouwblokken bestaan alternatieve bouwsystemen op de huidige bouwmarkt die echter nog beter kunnen scoren op het evaluatiecriterium *snelheid*. Deze worden hieronder besproken.

Ontwerpaanbevelingen op elementniveau

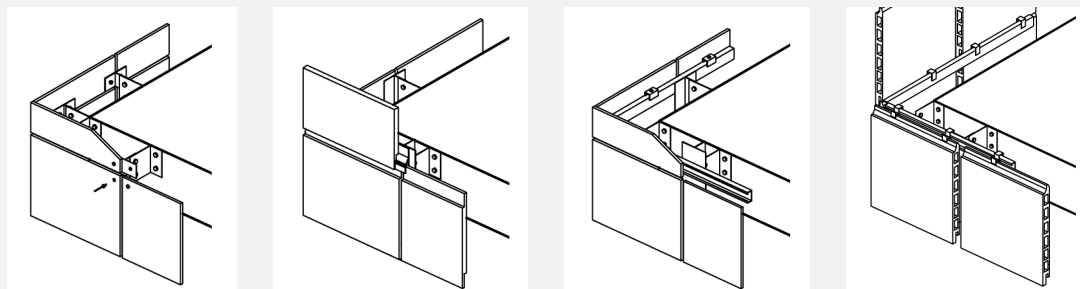
Een frequent toegepaste oplossing als alternatief voor gemetste scheidingswanden betreffen de droogbouw¹⁹ wandoplossingen waarbij gipskartonplaten gemonteerd worden tegen een structureel metaal of houten frame waartussen een isolatielaag geplaatst wordt. Door de eenvoudige 'droge' verwerking, het plaatsingsgemak en de gelaagde wandsamenstelling die toelaat om aan diverse technische vereisten te voldoen zijn dit populaire oplossingen bij zowel de doe-het-zelvers als bij bouwprofessionelen. Bij de plaatsing van gipsplaten is noch bouwvocht vereist, noch bepleistering van de platen waardoor de wandafwerking veel sneller kan gebeuren dan voor metselwerkwallen. Uiteraard dient opgemerkt te worden dat metselwerkwallen andere structurele en bouwfysische eigenschappen bezitten dan droogbouw wanden, en dient bij de keuze van het wandtype en zijn (structurele) samenstelling steeds rekening gehouden te worden met de wand i.f.v. de volledige gebouwwerking.



Figuur 42: Metselwerk versus droogbouw binnenwanden

¹⁹ Onder droogbouw wordt de binnenafwerking verstaan van een woning (wanden, plafonds en vloeren) met elementen uit droge pleisterstructuren (gips- en gipsvezelplaten) gecombineerd met metalen of houten draagstructuren (wand- en plafondprofielen) en aangepaste afwerkingsmaterialen (voeg- en randafwerkingen).

Ook voor buitengevels worden steeds vaker alternatieven met een groter montagegemak toegepast dan baksteenmetselwerk, namelijk *geventileerde gevelsystemen*. Deze gevelsystemen vermijden arbeidsintensief en complex metsel- en voegwerk door de snelle bevestiging van gevelpanelen tegen een dragend raamwerk. Deze geveloplossingen maken gebruik van grote (sub)componenten die de assemblage aanzienlijk kunnen versnellen (bijv. grote gevelpanelen) en vereisen bovendien geen bijkomende droogtijden indien droge verbindingstechnieken toegepast worden. Eveneens bestaan geventileerde gevelsysteemoplossingen met een goede toegang tot de gevelsamenstelling waardoor gevelpanelen eenvoudig vervangen kunnen worden en de achterliggende constructie snel geïnspecteerd kan worden.



Figuur 43: Varianten van geventileerde gevelsystemen betreffende verbindingswijze en type gevelpaneel (Paduart 2012)

In relatie met de lange levenscyclus van gebouwen is het echter wel belangrijk om een gevelbeplating te kiezen die een lange technische levensduur bezit en een lage vraag naar onderhoud heeft.

Gelaagdheid

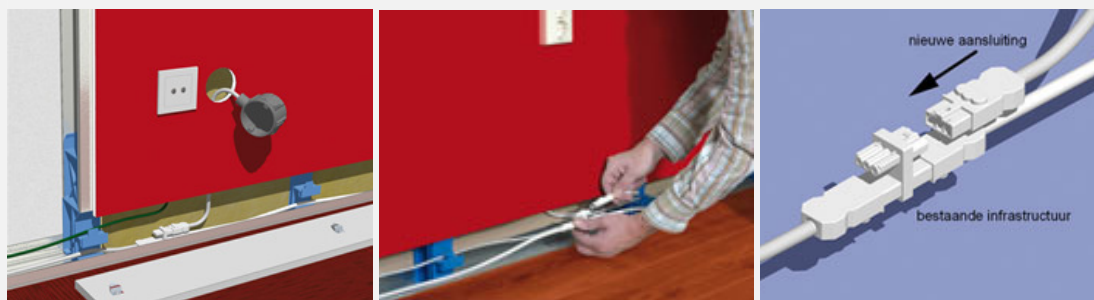
Gepleisterde scheidingswanden hebben een lage score op het evaluatiecriterium *gelaagdheid* omdat alle functionele lagen (met inbegrip van scheidende, akoestische, afwerkende en technische functies) gecombineerd worden in één monoliet wandconstructie. Zo worden bijvoorbeeld de leidingen voor o.a. lichtschakelaars of stopcontacten (i.e. de technische laag) volledig ingeslepen in de gemetste bouwstenen en vervolgens onzichtbaar weggewerkt onder een bepleisteringslaag (afwerkende laag) van het metselwerk (structurele, scheidende en akoestische laag). Tijdens toekomstige herstellingen of wijzigingen aan de technische leidingen kan het hierdoor moeilijk zijn om de ligging van de technische leiding exact te identificeren en bovendien moet in het geheel van de functionele wandlagen ingegrepen worden om in de technische laag in te grijpen.

Ook voor de baksteengevel geldt dat er een lage functionele gelaagdheid aanwezig is. Het buitenspouwblad vormt zowel de afwerkingslaag als de beschermende laag tegen invallende regen en bescherming van de achterliggende isolatielaag.

Ontwerpaanbevelingen op elementniveau

Scheidingswanden d.m.v. droogbouwsystemen bieden een alternatief voor metselwerkwallen waarbij een grotere functionele gelaagdheid van de wand aanwezig is. Deze wanden kunnen variëteit aan technische en functionele prestaties behalen door het grote aantal mogelijke combinaties wat betreft de beplating (bijv. beplatingmateriaal, aantal beplatinglagen), het structurele frame (bijv. materiaal van het frame, ondubbeling van het frame) en de isolatielaag (bijv. isolatiemateriaaltype). Een droogbouw oplossing zoals *Gyproc Cable Stud*²⁰ (zie Figuur 44) laat daarenboven mogelijkheden zien van een doorgetrokken ontkoppeling van de *technische* functie in wanden. Door de technische leidingen te voorzien in een demonteerbare kabelgoot gesitueerd ter hoogte van de muurplint kunnen wijzigende technische noden - gekoppeld aan bijv. een wijzigend plan of een gewijzigde kamerfunctie – steeds opgevangen worden zonder destructieve ingrepen in de volledige wandconstructie.

²⁰ www.gyproccablestud.nl



Figuur 44: Gyproc Cable Stud

Ook voor gevels bestaan er alternatieven voor de baksteengevel die de gevelfuncties verder opdelen in individuele compositielagen. De eerder besproken geventileerde gevelsystemen zijn hier opnieuw een goed voorbeeld van (zie geëvalueerd ontwerpcriterium snelheid). Gemonteerd tegen een staal- of houtskelet draagstructuur van het gebouw met een droogbouw gevelsamenstelling bezitten zij bovendien een nog hogere gevelgelaagdheid. Een voorbeeld van zulk alternatief dat het uitzicht behoudt van baksteengevels is het geventileerde Corium gevelsysteem²¹ waarbij traditionele gemetste bakstenen vervangen worden door (halve) baksteencomponenten die droog gemonteerd worden op een achterliggend stalen profielplaat (zie Figuur 45).



Figuur 45: Geventileerde buitengevel met baksteenfineer (Corium)

Deze bakstenen 'tegels' worden simpelweg op hun plaats geklikt en kunnen verder afgewerkt worden zoals traditionele bakstenen gevels. De stalen bevestigingsplaat laat in tegenstelling tot gemetste baksteengevels wel toe om de buitenste gevellaag indien nodig te ontmantelen, aanpassingen door te voeren of het buitenblad in zijn geheel te demonteren en af te voeren voor selectieve sortering en verwerking voor een volgende levenscyclus.

Clustering

Het vooraf groeperen van subcomponenten tot een (half-)afgewerkt bouwproduct biedt zowel voordelen voor wat betreft de productkwaliteit als betreffende het versnellen van de (de)montage tijdens de bouw- en afbraakfase (zie § 3.2.2.1 en §3.2.2.3). Zeker in de context van sociale woningen waarbij de bouwsnelheid cruciaal is om de lange wachtlijst van kandidaat-huurders op te vangen bieden dergelijke oplossingen een belangrijk voordeel.

De toegepaste oplossingen op Perceel 1 voor wat betreft de scheidingswanden en de buitengevel maken echter geen gebruik van preassemblage of prefabricatie van gebouwelementen.

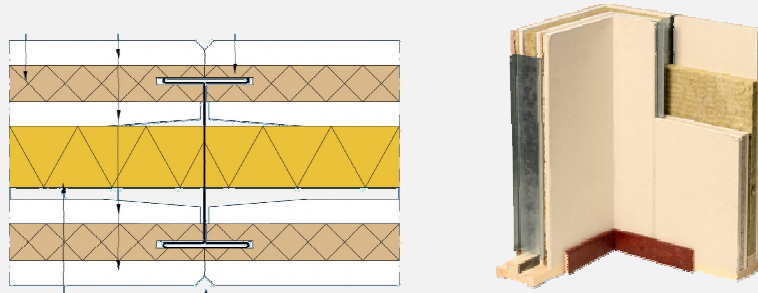
Ontwerpaanbevelingen op elementniveau

Binnenwanden opgebouwd uit metselwerk zijn arbeidsintensief en verlengen het bouwproces doordat ze ter plaatse *bouwsteen per bouwsteen* moeten worden gepositioneerd, gemetst en afgewerkt. In gebouwen met kantoorfuncties, ziekenhuizen of scholen vinden we reeds

²¹ <http://tellingarchitectural.com/1A-CORIUM/indexcorium.htm>

oplossingen die de assemblage van wanden aanzienlijk versnellen en die bovendien een herindeling van de ruimte toelaten²². Binnen woningbouw zijn dergelijke oplossingen nog niet gangbaar door de strengere eisen die in appartementsgebouwen gelden voor wat betreft de akoestische prestaties en de brandveiligheid.

De producent Faay²³ ontwikkelt echter stilaan prefab wandsystemen voor toepassing in de residentiële sector²⁴ waarbij op de bouwwerf slechts twee geprefabriceerde wandpanelen hoeven samengesteld te worden met daartussen een isolatielaag (zie Figuur 46). Deze wandpanelen worden zijdelings met elkaar gekoppeld d.m.v. stalen I-profielen. De montage kan door de prefabricage van grote wandpanelen veel sneller gebeuren dan bij metselwerk met als bijkomend voordeel dat de panelen ook eenvoudig te demonteren zijn mits deze niet onderling verlijmd worden. Echter, de wandpanelen zelf zijn niet verder ontmantelbaar tot herbruikbare of eenvoudig recycleerbare subcomponenten gezien zij samengesteld zijn uit een kern van vlassecheven²⁵ gelijmd tussen twee gipskartonplaten aan weerszijden.



Figuur 46: Samengestelde prefab wandpanelen voor woningen (Faay)

Ook voor bakstenen gevels kan toepassing van prefabricage en preassemblage in de gevelsamenstelling het bouw- of renovatieproces aanzienlijk versnellen. Het gebruik van geprefabriceerde modulaire baksteengevelpanelen zit al een tijdje in de lift. De prefabricatie van de gevelcomponenten kan gaan van prefabricatie van louter de afwerkingslaag van de gevel (bijv. een afgewerkte plaat van baksteenfineer die gelijmd wordt op een onderstructuur) tot prefabricage van afgewerkte gevelpanelen met geïntegreerde isolatielaag en intern dragende betonstructuur (zie bijv. Figuur 47).



Figuur 47: Prefab gevelpanelen op de werf van U-residence op campus Oefenplein (Elsene) van de Vrije Universiteit Brussel (VUB)

Wienerberger²⁶ en Leebrick²⁷ hebben bovendien speciale geprefabriceerde geveloplossingen op de markt gebracht die bovendien ook goed scoren op de evaluatiecriteria omtrent de omkeerbaarheid van verbindingen en hergebruik (zie Figuur 48). Immers, geprefabriceerde geveloplossingen waarbij alle functionele lagen verlijmd worden (zoals in Figuur 47) laten weinig mogelijkheden toe i.v.m. selectieve sortering of hergebruik van de individuele subcomponenten. Indien de detaillering van gevelmodules onomkeerbaar is, dan kunnen panelen slechts in hun totaliteit ontmanteld worden. Door de baksteneencomponenten op *omkeerbare* wijze te assembleren in gepreassembleerde raamkaders kunnen de bakstenen

²² Bijv. flexibele geprefabriceerde systeemwanden in kantoren en ziekenhuizen.

²³ www.faay.nl

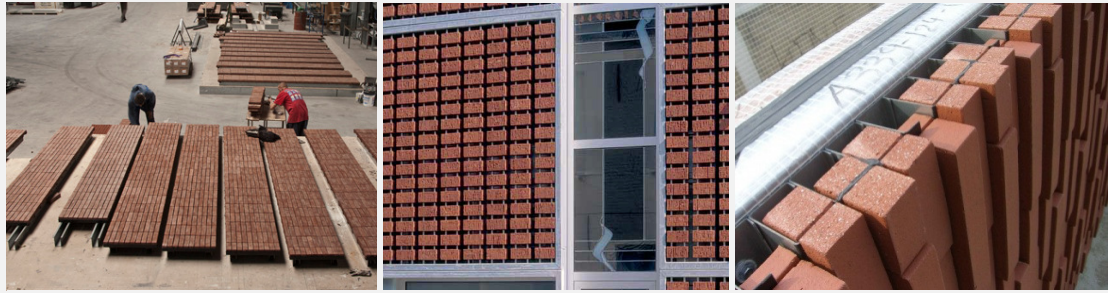
²⁴ meerbepaald wandtype IW100.

²⁵ Houtachtig deeltje van de vlas of hennepstengel.

²⁶ www.wienerberger.nl

²⁷ www.leebo.nl

later gerecupeerd worden en ingezet worden binnen dezelfde of een volgende bouwlevenscyclus.



Figuur 48: Gepreassembleerde baksteenpanelen (Wienerberger en Leebrick)

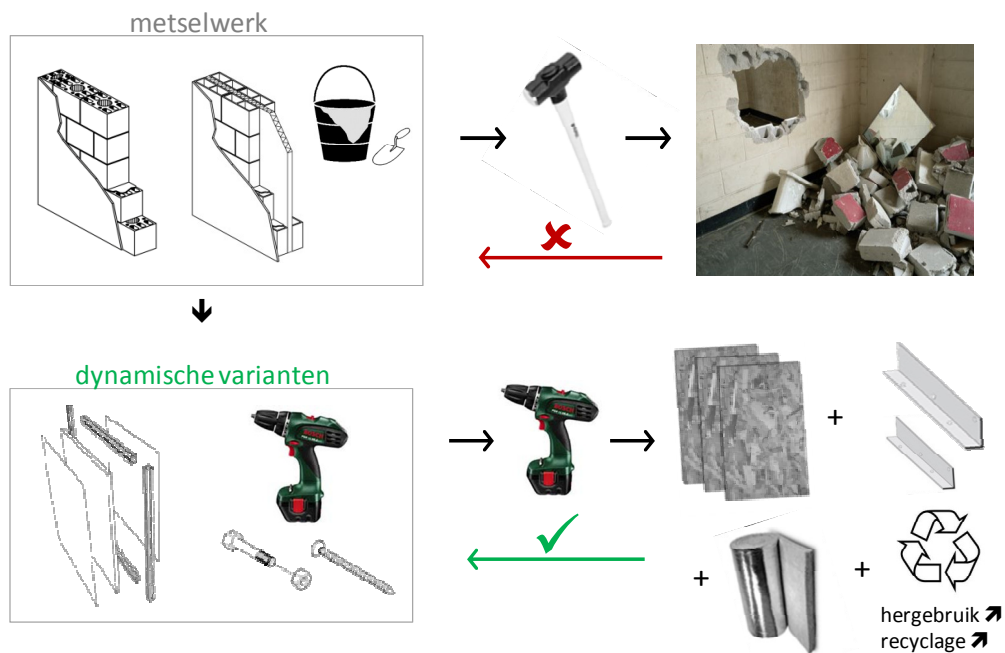
3.2.1.3 Conclusie

De analyse op elementniveau van de evaluatiecriteria toont aan dat het voorstel op Perceel 1 van de Gandhiwijk voor de gevel en scheidingswanden nog aangepast kan worden om een hoger dynamisch ontwerpgehalte te bereiken. Zo bestaan er reeds bouwsystemen op de bouwmarkt die een betere score behalen voor deze gebouwelementen voor de criteria omtrent *omkeerbaarheid*, *snelheid*, *gelaagdheid* en *clustering*.

Overigens scoren het merendeel van de bouwsystemen die binnen de huidige bouwpraktijk worden ingezet doorgaans slechts goed op een *beperkt* aantal dynamische evaluatiecriteria. Zo scoren bijv. droogbouwoplossingen door hun hoge graad van *gelaagdheid* en *snelle* assemblage wel beter dan bijv. metselwerk bouwoplossingen, maar zijn het nog steeds statische 'eindproducten' door de onomkeerbaarheid van hun assemblage en de niet-herbruikbare toepassing van materialen. Ook bij geprefabriceerde gevelsystemen die de montagesnelheid drastisch versnellen moet ook de nodige aandacht geschonken worden aan de toekomstige ontmanteling van deze gevelmodules. Oplossingen die initieel bedacht zijn met de focus op slechts een enkel evaluatiecriterium van dynamisch bouwen of die scherpstellen op één levenscyclusfase van het gebouw²⁸ kunnen op het einde van de rit tekortkomingen tonen wanneer ze oog in oog staan met niet vooraf in rekening gebrachte evoluties die optreden tijdens de levenscyclus. Er is daarom nood aan verdere ontwikkeling van *bouwoplossingen* en aan het ontwerp van gebouwen vertrekkende vanuit een lange termijn benadering die verandering in gebouwen anticipeert en die een duurzaam materialen- en afvalbeheer ondersteunt over de volledige levenscyclus van gebouwen.

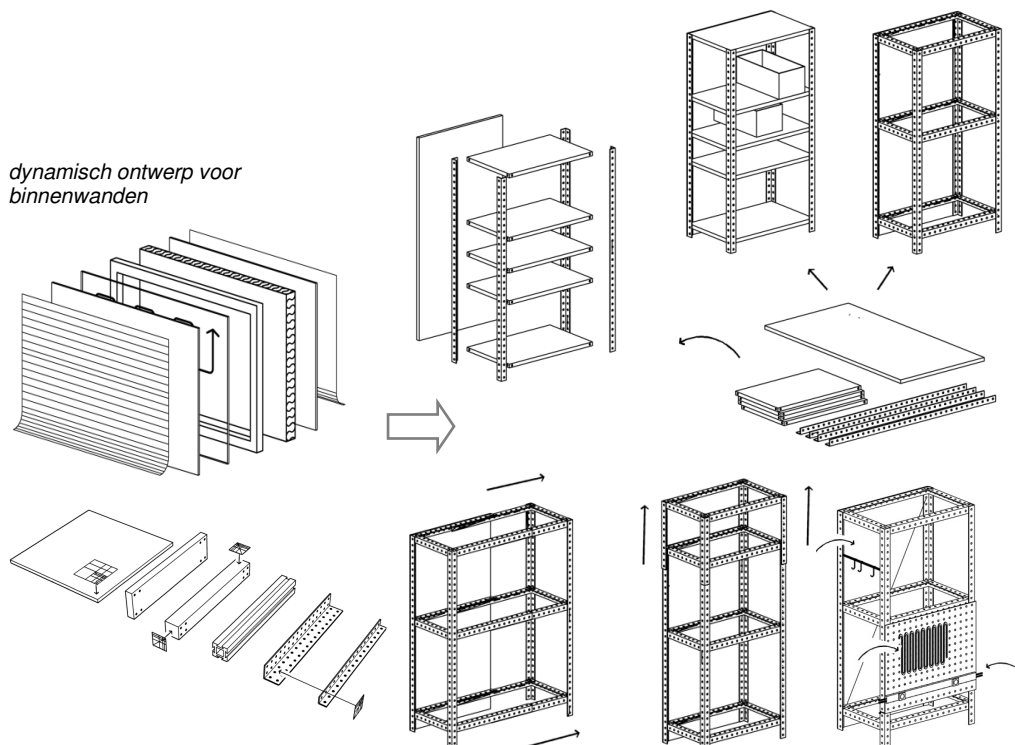
Door meer aandacht te geven aan een dynamische samenstelling van gebouwelementen kan geanticipeerd worden op het onderhoud van gebouwen, op toekomstige technische aanpassingen, op herindeling van woonunits tot zelfs het levenseinde en de ontmanteling van gebouwen – zodat idealiter zowel financiële winsten en milieuwinsten op lange termijn geboekt kunnen worden. Daarom wordt in de volgende paragraaf (§ 3.2.2) een vergelijking gemaakt tussen enerzijds de huidige oplossingen toegepast in de bouwpraktijk en anderzijds, een verder ontwikkeld *dynamisch ontwerp* voor de verticale gebouwelementen, op basis van de milieukosten en de financiële kosten over hun levenscyclus. Er wordt zowel voor de binnenwanden als voor de buitengevel een dynamisch ontwerp vooropgesteld dat oog heeft voor de evaluatiecriteria die binnen de huidige bouwpraktijk onbeantwoord blijven of niet gecombineerd worden, namelijk de *omkeerbaarheid* van verbindingen, een *duurzame* (herbruikbare) materiaalkeuze en de voorafgaande *clustering* van (sub)componenten.

²⁸ Zoals bijv. vanuit de geïndustrialiseerde idee van *prefabricage* om de initiële bouw te versnellen, of nog, vanuit een duurzame visie op bouwmaterialen (bijv. isolatiematerialen die een lage initiële milieu-impact hebben, maar een zeer korte technische levensduur met meerdere vervangingen als gevolg).

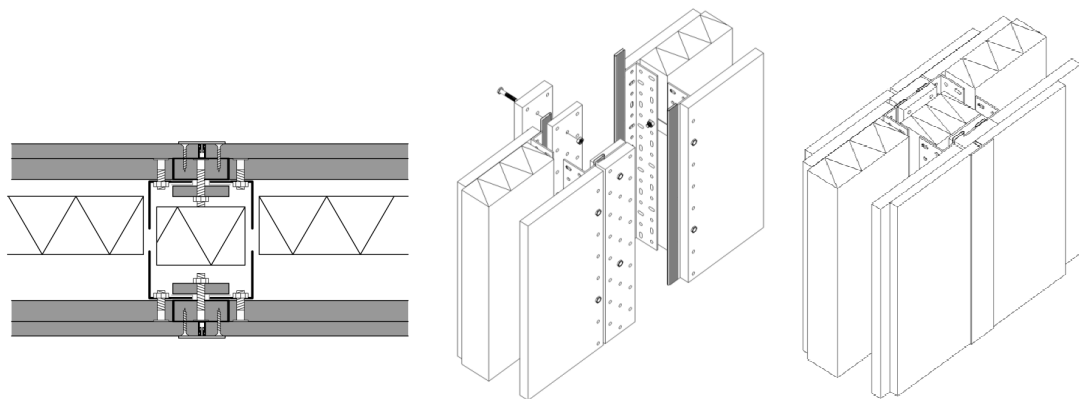


Figuur 49: Overgang van statische naar dynamische bouwoplossingen (Paduart 2012)

Het dynamisch ontwerp dat voorgesteld wordt voor de binnenwanden is gebaseerd op de idee van gekende *bergingsystemen* voor magazijnen, winkels en archieven. Deze bergingssytemen bieden ondermeer door hun doorgetrokken standaardisatie, hun omkeerbare verbindingswijze en herbruikbare componenten een grote variatie aan van configuraties die snel aangepast kunnen worden aan wijzigende noden (Paduart 2012). Er wordt voor de levenscyclusanalyse daarom een ontwerpvoorstel voor binnenwanden geëvalueerd (zie Figuur 50) dat - in analogie met deze reksystemen - specifieke aandacht besteed aan de omkeerbaarheid, eenvoud en snelheid van verbindingen, duurzaamheid en lange technische levensduur van componenten, interverwisselbaarheid van componenten, gelaagdheid en onafhankelijkheid van de wandsamenstelling.

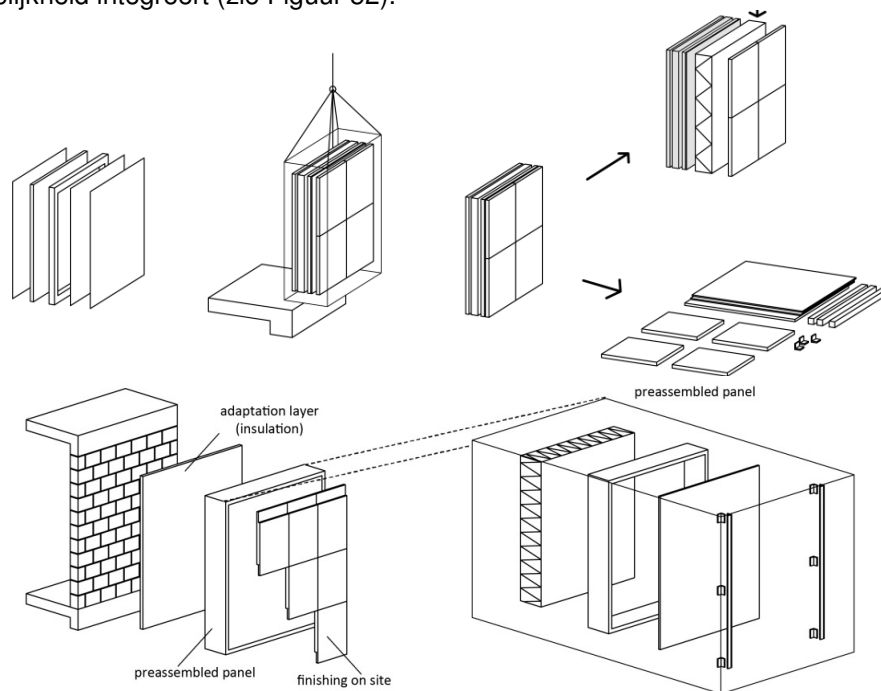


Figuur 50: Dynamisch ontwerp van binnenwanden gebaseerd op opbergsystemen met aandacht voor de opgestelde evaluatiecriteria omtrent dynamisch bouwen op elementniveau (Paduart 2012)

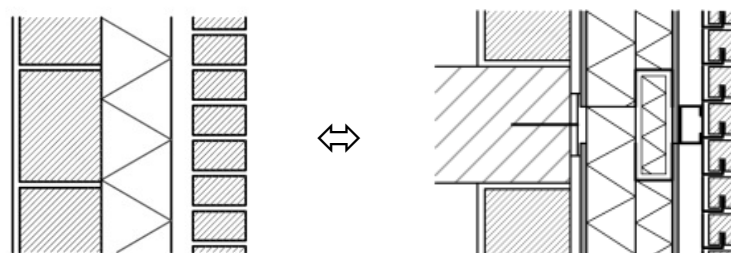


Figuur 51: Dynamisch ontwerp van binnenwanden en hun montage als gepreassembleerd wandpaneel (Paduart 2012)

In analogie wordt ook voor de buitengevel wordt een dynamisch alternatief geëvalueerd voor de traditionele 'statische' gemetselde baksteengevel. Het toepassen van *geprefabriceerde* baksteenpanelen mag dan wel belangrijke voordelen bieden wat betreft het verkorten van het bouwproces, er dient voldoende aandacht te gaan naar de bijkomende opgestelde evaluatiecriteria in dit rapport omtrent dynamisch bouwen. Het voorstel dat geëvalueerd wordt in § 3.2.2.3 betreft daarom een dynamische gepreassembleerde baksteengevel die de verschillende opgestelde criteria op elementniveau rond omkeerbaarheid, gelaagdheid en onafhankelijkheid integreert (zie Figuur 52).



Figuur 52: Dynamisch ontwerp van buitengevel (Paduart 2012)



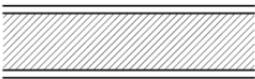
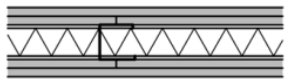
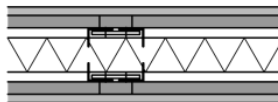
Figuur 53: Traditionele gemetselde baksteengevel versus dynamisch ontwerp van bakstenen buitengevel (Paduart 2012)

3.2.2 Levenscyclusevaluatie van verticale gebouwelementen

3.2.2.1 Binnenwanden (BiW)

In de huidige bouwpraktijk worden niet-dragende binnenwanden in appartementsgebouwen voornamelijk uitgevoerd als *mettselwerk* of als *droogbouw*. In de gebouwen op Perceel 1 van de Gandhiwijk wordt metselwerk in snelbouwsteen van 14 cm voorzien voor de uitvoering van de binnenwanden. Deze *referentiële* binnenwand zal in de milieugerichte en financiële levenscyclusanalyse vergeleken worden met de wandsamenstelling weergegeven in Tabel 5. In deze tabel worden de courante samenstellingen van binnenwanden uit metselwerk en droogbouw weergegeven voor de huidige (sociale) woningbouw. Daarnaast wordt in Tabel 5 eveneens de wandsamenstelling weergegeven voor het dynamische alternatief voor de binnenwanden (zie §3.2.1.1). Er worden drie samenstellingen voor deze dynamische wand voorgesteld met vergelijkbare eigenschappen als de metselwerk- en droogbouwoplossingen, nl. een variëteit met als afwerkingsplaat *MDF* (a), *gipsvezelplaat* (b) of *gipskartonplaat* (c).

Voor de eerste twee dynamische types (a en b) van de dynamische wandvariante (zie Tabel 5) geldt dat door de invoering van omkeerbare verbindingen en duurzame subcomponenten elk van de wandcomponenten gedemonteerd kan worden tot elk van de originele onderdelen en opnieuw gemonteerd kan worden gebruik makende van dezelfde componenten. Bij de derde variëteit (c) wordt verondersteld dat de externe beplating wordt afgewerkt zoals in de huidige bouwpraktijk, namelijk dat de gipskartonplaten worden behandeld met onomkeerbare voeg- en randafwerking.

Wandtype	Wandsamenstelling
 metselwerk	- metselwerk: a) snelbouwsteen (Perceel1) 140 mm b) cellenbeton 150 mm c) betonsteen (hol) 140 mm - pleisterwerk + verf 12 mm
 droogbouw	- metalen profielen 50 mm - minerale wol 40 mm - gipskartonplaat 12.5 + 12.5 mm - verf
 dynamische variant	- dragende profielen - metalen profielen 50 mm - glaswol 40 mm - OSB plaat met: a) MDF plaat 12.5 mm b) gipsvezelplaat 12.5 mm c) gipskartonplaat 12.5 mm - verf

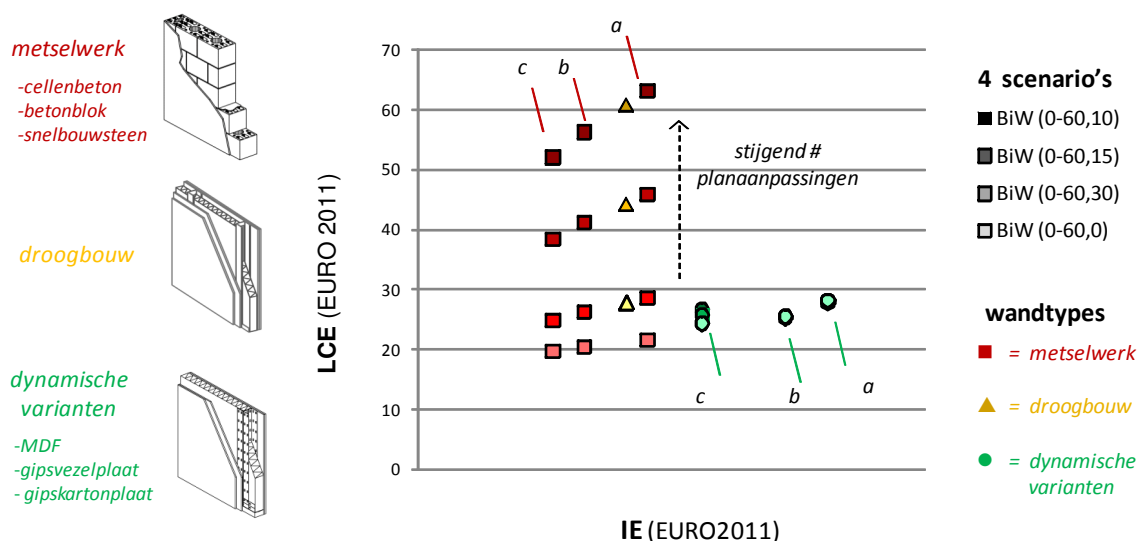
Tabel 5: Samenstelling van geëvalueerde (niet-dragende) binnenwanden (BiW)

Op deze manier wordt een alternatief voorgesteld dat een hoog dynamisch gehalte heeft, maar tegelijkertijd ook dezelfde akoestische performantie biedt dan droogbouwwallen en de zelfde brandweerstand biedt.²⁹ Voor deze derde dynamische variëteit kunnen de onderliggende structurele en isolerende subcomponenten hergebruikt worden (bij toekomstige wand- of planaanpassingen), maar dienen de afwerkende gipskartonplaten verwijderd te worden, gezien hun verbindingwijze geen hergebruik toelaat. Deze variëteit vormt een goed compromis voor de haalbaarheid van dynamische oplossingen in de huidige residentiële bouwpraktijk waarin een strenge regelgeving geldt omtrent akoestiek en brandveiligheid. Daarnaast biedt deze variëteit ook een goede oplossing binnen de context van de (sociale) huisvesting waar rekening dient gehouden worden met een intensief gebruik van de leefruimten (in vergelijking met bijv.

²⁹ Dynamische wallen waarbij alle componenten ontmanteld kunnen worden, vragen om omkeerbare voegen. Dit houdt in dat de voegen niet afgewerkt worden zoals in de traditionele bouwpraktijk (bijv. opvullen met voegspecie). Daardoor zijn de akoestische en brandwerende eigenschappen minder goed gegarandeerd dan bij de geheel afgewerkte wallen.

kantoren). Zo zal de afwerkingslaag van de wanden onderhevig zijn aan gebruikssporen door het dagdagelijkse gebruik van de ruimten en ingrepen die gedaan worden in het kader van de noden van de ruimte (bijv. ophangen van kaders, rekken, etc.). Het verwijderen en de vervanging van de (niet-herbruikbare) afwerkingslaag (bij eventuele verplaatsingen van wanden in het plan) lijkt in deze context meer geschikt.

Figuur 54 geeft het overzicht van de *initiële* milieukosten (IE) en de *levenscyclus* milieukosten (LCE) voor één vierkante meter (1m²) van de verschillende binnenwanden voor vier verschillende *gebouws*scenario's (zie §2.4.4). De eerste drie gebouwsscenario's *BiW(0-60,10)*³⁰, *BiW(0-60,15)* en *BiW(0-60,30)* evalueren de invloed die periodieke verplaatsingen (i.e. planwijzigingen binnen de woningconfiguratie) hebben op de milieukosten over een volledige levenscyclus, respectievelijk om de 10, 15 en 30 jaar. Het vierde scenario *BiW(0-60,0)* geeft de milieukosten weer indien geen verplaatsing van binnenwanden plaatsvindt gedurende de volledige levensduur van het gebouw³¹.



Figuur 54: Overzicht van de initiële milieukosten (IE) en de levenscyclusmilieukosten (LCE) van binnenwanden voor 4 gebouwsscenario's

Op de bovenstaande grafiek kunnen we aflezen dat dynamische oplossingen **initieel** een hogere milieu-impact genereren dan metselwerk- en droogbouw wanden.

Dit is gerelateerd met de herbruikbare materiaalkeuze en dimensionering van sub-componenten in dynamische bouwoplossingen. Vooraleerst dient het ontwerp van gebouw-elementen overdimensionering van de samenstellende subcomponenten te introduceren (t.o.v. oplossingen die voor eenmalig gebruik ontworpen zijn zoals droogbouwoplossingen) om te garanderen dat hergebruik mogelijk is na meerdere assemblage- en demontage stappen. Voor dynamische binnenwanden betekent dit concreet dat een grotere profioldikte van structurele profielen nodig is vergeleken met de profioldikte van metalen *studs* toegepast in traditionele droogbouw oplossingen. Hoewel de verhoogde profioldikte van de stalen profielen hergebruik toelaat na demontage – in tegenstelling tot de algemene droogbouw wanden – gaat dit door een verhoogd gebruik van bouw materiaal (i.e. staal) echter wel gepaard met verhoogde initiële milieukosten.

Daarnaast is het hergebruik van beplatingsmaterialen momenteel (nog) geen gebruikelijke praktijk in de hedendaagse bouw wereld. Daarom is het aanbod van (duurzame) plaatmaterialen voor het ontwerp van dynamische oplossingen nog relatief klein. Volgens de huidige milieuevaluatie genereren de huidige herbruikbare plaatmaterialen (geschikt voor niet-destructieve ontmanteling)³² een hogere milieu-impact dan gipskartonplaten. De tweede oorzaak van de initiële milieukostenstijging t.g.v. een dynamische benadering is daarom het gebruik van deze

³⁰ Bijvoorbeeld: *BiW(0-60,10)* = binnenwand in gebouw dat gedurende 60 jaar in gebruik wordt genomen met een verplaatsing van de binnenwand om de 10 jaar tijdens deze levensduur.

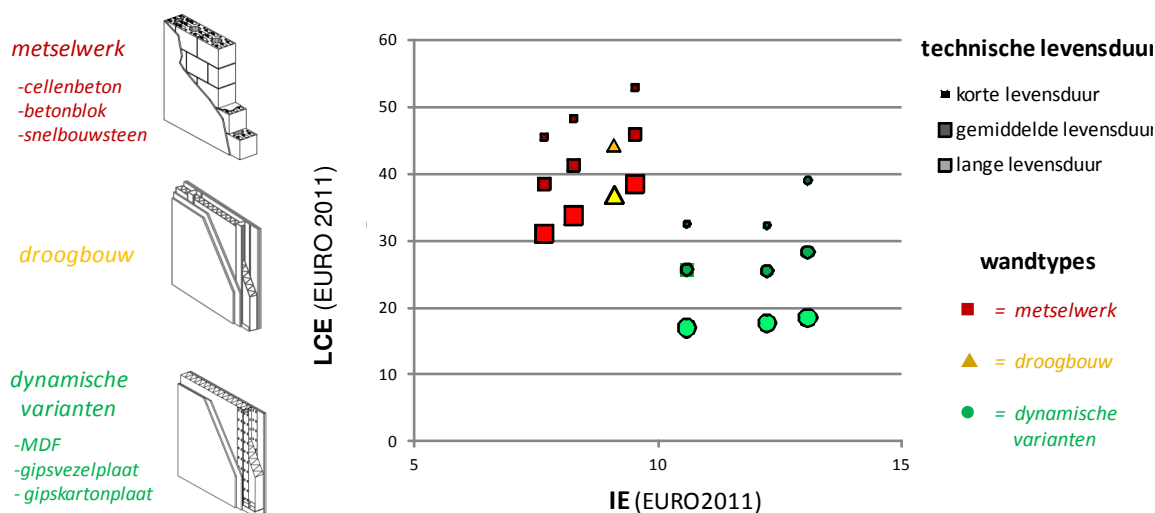
³¹ In dit scenario worden wel het onderhoud en de vervangingen van componenten die hun technische levensduur bereikt hebben in rekening genomen.

³² Bijv. houtachtige plaatmaterialen en gipsvezelplaat.

alternatieve beplatingspanelen in de varianten a en b (zie Tabel 5). Dit verklaart tegelijkertijd waarom de dynamische wandoplossing gebruik makende van standaard gipskarton (c) als afwerkingsplaat (variant c) een lagere initiële milieu-impact vertoont dan de andere varianten (a en b).

Niettemin geeft de grafiek in Figuur 54 aan waarom ontwerpers en bouwheren verder moeten kijken dan louter het *initiële* ecologische plaatje. Hoewel dynamische wandtypes tijdens de beginfase een hogere milieu-impact generen kunnen ze immers belangrijke reducties op lange termijn genereren betreffende de totale milieukosten wanneer gebouwen verschillende aanpassingen dienen te ondergaan. Zo geeft de grafiek weer dat hoe hoger de frequentie van de planwijzigingen is, hoe groter de milieuwinsten gemaakt door dynamische oplossingen t.o.v. de traditionele wandoplossingen. Zo kan in het scenario waar een binnenwand om de 10 jaar een verplaatsing in het plan ondergaat (*BiW(0-60,10)*) een milieuwinst geboekt worden van *ongeveer 50%* t.o.v. binnenwanden uit metselwerk en droogbouw. Door het mogelijk hergebruik van de subcomponenten van dynamische oplossingen wordt ten eerste minder afval gegenereerd over de volledige levenscyclus en hoeven bovendien minder nieuwe materialen te worden aangesproken voor (her)opbouw van de nieuwe indeling. Deze analyse toont m.a.w. aan dat *omkeerbaarheid* van verbindingen tussen subcomponenten tezamen met een *duurzame materiaalkeuze* (wat betreft mogelijk hergebruik van componenten) van groot belang is in het kader van een duurzaam materialen- en afvalbeheer tijdens de levenscyclus van gebouwen.

Daarnaast toont een bijkomende gevoeligheidsanalyse aan dat de technische levensduur van componenten een belangrijke rol speelt in de resultaten van de levenscyclusanalyse, voor zowel standaard als dynamische binnenwanden. Figuur 55 geeft de resultaten weer voor de milieukosten voor scenario *BiW(0-60,15)* met als veronderstelling drie technische levensduren: een *minimale, gemiddelde, en maximale* technische levensduur. Deze levensduur wordt beïnvloed door ondermeer de kwaliteit van bouwmaterialen, de aandacht die besteed wordt aan een goede uitvoering en de weersomstandigheden tijdens de montagewerken.

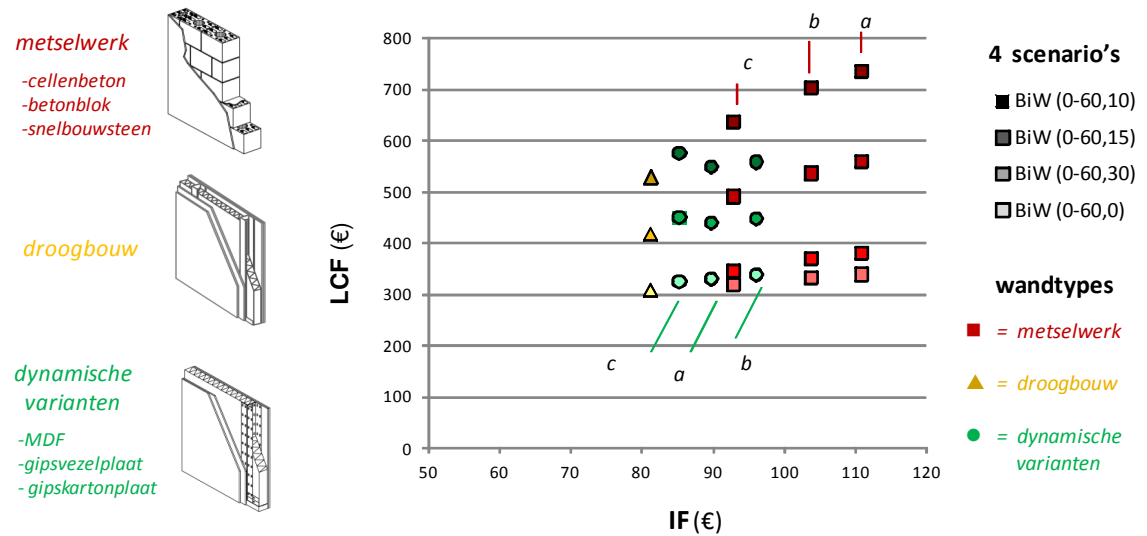


Figuur 55: Invloed van de technische levensduur van subcomponenten op de milieulevenscycluskosten (LCE) in gebouwscenario *BiW(0-60,15)*

De grafiek toont aan dat het *verkorten* van de technische levensduur een nefaste invloed heeft op de geanalyseerde resultaten van alle binnenwandtypes, terwijl het *verlengen* ervan de milieuvordelen van dynamische oplossingen nog versterkt t.o.v. standaard binnenwandoplossingen. In deze context kan preassemblage van dynamische oplossingen een beduidende rol spelen in de kwaliteitsgarantie van bouwoplossingen en de daarbij horende verlenging van de technische levensduur. Bijkomende voordelen van preassemblage op milieuvlak en financieel vlak zullen verder in deze paragraaf besproken worden (zie Figuur 58).

Naast effecten op het milieu, worden in dit rapport eveneens de financiële voor- en nadelen geëvalueerd t.g.v. een dynamische ontwerpbenadering op elementniveau. Figuur 56 geeft het overzicht van de resultaten van de financiële levenscyclusanalyse voor de vier besproken gebouwscenario's.

Deze grafiek toont aan dat de milieuwinst die geboekt kan worden door *dynamische oplossingen* in gebouwscenario's met een hoge wijzigingsfrequentie zich minder sterk vertaalt voor de financiële levenscycluskosten. Hiervoor vindt men opnieuw verschillende verklaringen.

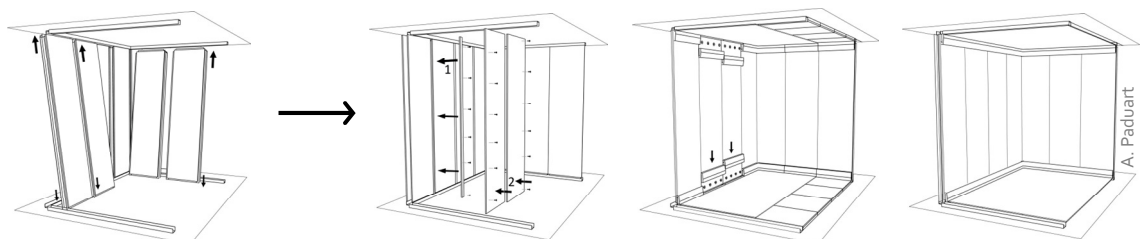


Figuur 56: Overzicht van de initiële financiële kosten (IF) en de financiële levenscycluskosten (LCF) van binnenwanden voor 4 gebouwscenario's

Een eerste verklaring voor de gereduceerde *financiële* winsten van dynamische oplossingen t.o.v. de milieuwinsten kan gevonden worden in de gangbare financiële evaluatiepraktijk. Binnen de financiële evaluatiemethoden worden toekomstige uitgaven en winsten *geactualiseerd* (zie §2.4.2) waardoor *financiële winsten* tijdens de levenscyclus van gebouwen minder belangrijk worden geacht dan de *investeringskosten* in de beginfase (Allacker 2011). Deze actualisatie vermindert de waarde van toekomstige financiële winsten die gemaakt worden t.g.v. het gebruik van dynamische oplossingen (gekoppeld aan gereduceerd materiaalgebruik) t.o.v. de initiële kostprijs, waardoor bijgevolg de levenscycluswinsten minder doorwegen in de totale financiële levenscycluskosten (Paduart 2012).

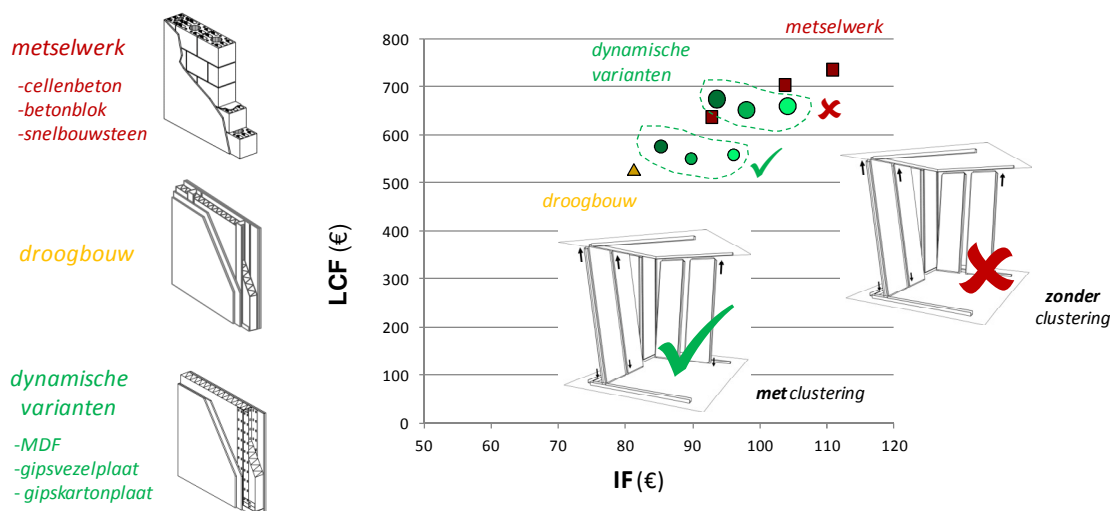
Daarnaast ligt een bijkomende verklaring in de *hoge loonkosten* die typisch zijn voor de Belgische context. De initiële financiële kosten van binnenwanden wordt voornamelijk bepaald door de som van de *materiaalkosten* en de *montagekosten* (arbeidskosten). Deze laatste bedraagt voor oplossing uit metselwerk en droogbouw ongeveer het dubbele van de aankoopprijs van de bouwmaterialen. Ook voor de dynamische oplossingen liggen de arbeidskosten voor (de)montage hoger dan de kosten gerelateerd aan de aankoop van de materialen. Daardoor worden de financiële voordelen van dynamische oplossingen t.g.v. reductie van *materiaalkosten* en *afvalverwerkingskosten* weggecijferd. Immers, voor elke planwijziging dienen de subcomponenten van dynamische binnenwanden te worden ontmanteld en opnieuw gemonteerd, wat hogere arbeidskosten kan veroorzaken dan volledige afbraak en wederopbouw.

Opnieuw kan *clustering* van subcomponenten tot (semi-) gepreassembleerde binnenwanden een oplossing bieden voor wat betreft reductie van deze hoge arbeidskosten. Gepreassembleerde wandpanelen (zie Figuur 57) kunnen immers de arbeidskosten verlagen en de uitvoeringstijd verkorten door reductie van de benodigde (de)montage en afwerking op de bouwwerf.



Figuur 57: Preassemblage van dynamische wandpanelen die op de bouwwerf worden afgewerkt

De reductie toegeschreven aan preassemblage kan afgelezen worden in de grafiek in Figuur 58 die de financiële levenscyclusanalyse weergeeft voor gebouwscenario BiW(0-60,15).



Figuur 58: Invloed van clustering van subcomponenten op de financiële levenscycluskosten (LCF) in gebouwscenario BiW (0-60,15)

Preassemblage van de subcomponenten van (dynamische) bouwoplossingen onder gecontroleerde fabrieksomstandigheden garandeert een betere productkwaliteit, versnelt de bouwsnelheid met ongeveer een derde, verlaagt de arbeidskosten met ongeveer 15-30% en zorgt bovendien voor verminderd bouwafval tijdens de productie en montage van bouwproducten (BRE 2001). De voordelen voor gepreassembleerde dynamische oplossingen stijgen daardoor als gevolg van de verlenging van de technische levensduur van de componenten, de reductie van de aankoop prijs, de reductie van (de)montagekosten tijdens de levenscyclus van gebouwen, en de verminderde afvalproductie. Het opgestelde evaluatiecriterium omtrent *clustering* moet dan ook een als een *cruciale* succesfactor voor het dynamisch bouwen beschouwd worden.

3.2.2.2 Woningscheidende wanden (WoW)

Op Perceel 1 maken de woningscheidende wanden een belangrijk deel uit van de draagstructuur van het gebouw (dragende dwarswanden over volledige diepte van de appartementen). Dergelijke dragende woningscheidende wanden blijven tijdens de levenscyclus van gebouwen nagenoeg ongewijzigd met uitzondering van bijv. kleine technische aanpassingen (bijv. ten bevordering van de akoestiek). Een dynamisch ontwerp van dragende scheidingswanden is daarom enkel aangewezen als de volledige draagstructuur wordt ontworpen vanuit een dynamisch concept (zie ook §2.3.3.4).

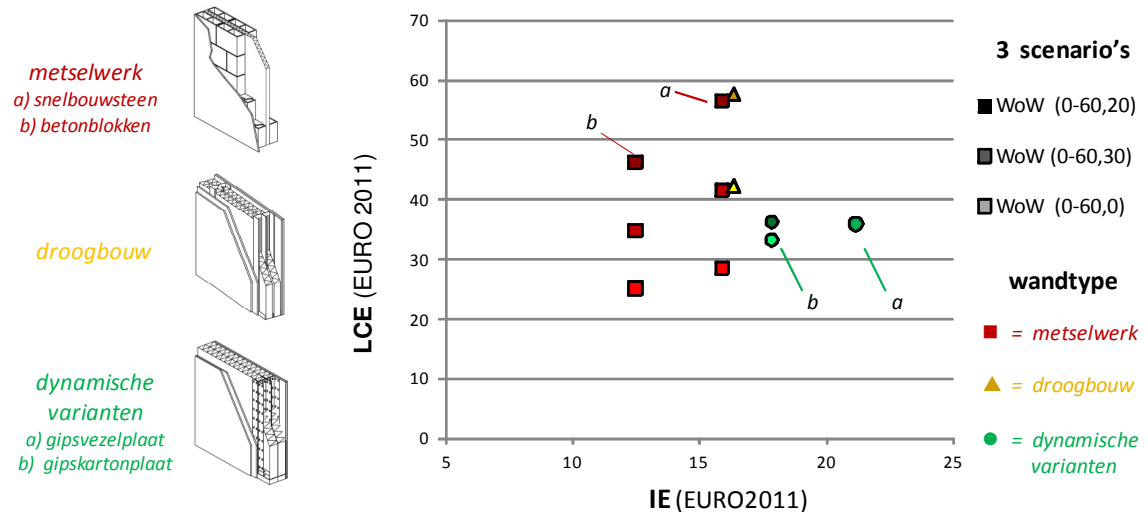
Gebouwen kunnen ook worden ontworpen vertrekkende vanuit een draagstructuur die de 'drager' vormt voor de 'generieke ruimte' waarbij de *drager* nooit zelf wordt aangepast maar wel mogelijkheden bieden om een evoluerende *invulling* te ondersteunen (zie §2.2.6). Een goed voorbeeld hiervan is een skeletstructuur waarvan de niet-dragende gevel- en wandelementen na verloop van tijd (bijv. tijdens renovatie) aangepast kunnen worden aan de moderne bouwvereisten. In dit geval dienen de buitengevel, de niet-dragende woningscheidende wanden en binnenwanden volgens een dynamische benadering te worden ontworpen. De evaluatie van dynamische woningscheidende wanden in deze paragraaf is daarom ter illustratie uitgevoerd, om de voordelen in bijv. een skeletstructuur te bespreken.

Niet-dragende woningscheidende wanden worden voornamelijk uitgevoerd in *metselwerk*, maar kunnen ook uitgevoerd worden als *droogbouw*. In Tabel 6 wordt de samenstelling van deze twee wandtypes van woningscheidende wanden weergegeven. Daarnaast wordt in analogie met de binnenwanden een *dynamische variant* voor de woningscheidende wanden voorgesteld die vergelijkbare akoestische en brandwerende prestaties bezit met droogbouw oplossingen (Paduart 2012).

Wandtype		Wandsamenstelling	
metselwerk		- metselwerk	
		a) snelbouwsteen	90 + 140 mm
droogbouw		b) betonblokken	90 + 140 mm
		- minerale wol (glaswol)	40 mm
dynamische variant		- bepleistering + verf	12 mm
		- metal studs	2 x 50 mm
		- minerale wol (glaswol)	40 + 40 mm
		- gipskartonplaat	3 x 12.5 mm
		- verf	
		- metalen frame	2 x 50 mm
		- minerale wol (glaswol)	40 + 40 mm
		- OSB beplating +	18 mm
		a) gipsvezelplaat	2 x 12.5 mm
		b) gipskartonplaat	
		- verf	

Tabel 6: Samenstelling van geëvalueerde niet-dragende woningscheidende wanden (WoW)

Figuur 59 geeft het overzicht van de initiële milieukosten (IE) en de levenscyclus milieukosten (LCE) voor één vierkante meter (1m²) van de verschillende woningscheidende wanden voor drie beschouwde gebouwscenario's. De eerste twee gebouwscenario's WoW(0-60,20) en WoW(0-60,30) evalueren de invloed op de milieukosten over een volledige levenscyclus indien de wanden verplaatst dienen te worden - t.g.v. bijvoorbeeld nieuwe appartementconfiguraties - respectievelijk om de 20 en 30 jaar. Het derde gebouwscenario WoW(0-60,0) geeft de milieukosten weer indien geen wijziging van de woningtypologie (en dus verplaatsing van de woningscheidende wand) plaatsvindt gedurende de volledige levensduur van gebouwen³³.

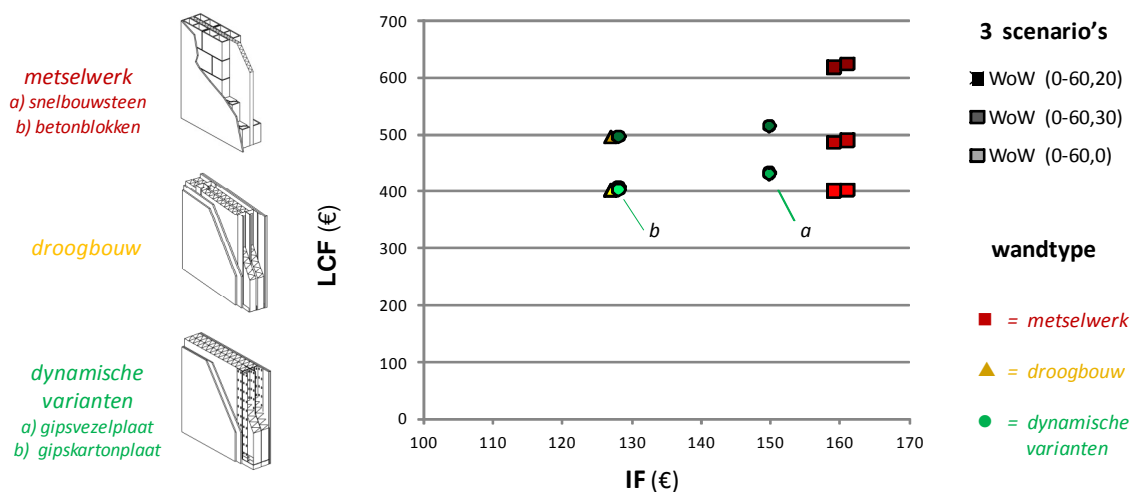


Figuur 59: Overzicht van de initiële milieukosten (IE) en de levenscyclusmilieukosten (LCE) van woningscheidende wanden voor 3 gebouwscenario's

In analogie met binnenwanden kan op de bovenstaande grafiek afgelezen worden dat dynamische oplossingen *initieel* een hogere milieu-impact genereren dan metselwerkwanden en droogbouw wanden. Eveneens toont de grafiek aan dat hoe hoger de frequentie van aanpassingen op vlak van woontypologie (waarbij woningscheidende wanden verplaatst worden in het gebouwplan), hoe groter de milieuwinsten te maken met dynamische oplossingen t.o.v. traditionele wandoplossingen. Zo kan in het gebouwscenario waar binnenwanden om de 20 jaar verplaatsingen kennen in het plan (WoW(0-60,20)) een milieuwinst geboekt worden van 20% tot 40% t.o.v. woningscheidende wanden uit metselwerk en droogbouw. Ook voor de

³³ In dit scenario worden wel het onderhoud en de vervangingen van componenten die hun technische levensduur bereikt hebben in rekening genomen.

financiële levenscyclusanalyse worden analoge resultaten behaald dan voor de binnenwanden (zie Figuur 60).



Figuur 60: Overzicht van de initiële financiële kosten (IF) en de financiële levenscycluskosten (LCF) van woningscheidende wanden voor 3 gebouwscenario's

3.2.2.3 Buitengevel (BuG)

Op Perceel 1 van de Gandhiwijk worden traditionele gemetste baksteengevels voorzien. Een oplossing die daarnaast steeds vaker wordt toegepast (voornamelijk bij renovatie) is het thermisch buitengevelisolatiesysteem. Deze externe thermische bepleistering wordt voorzien van een verlaag die vraagt om een hoge onderhoudsfrequentie om een verzorgd voorkomen van de buitengevel te garanderen. Als alternatieven met een betere score voor de opgestelde evaluatiecriteria omtrent dynamisch bouwen bestaat een gevarieerd gamma aan geventileerde gevelsystemen. Een reeks oplossingen werd geselecteerd waaronder een (dynamische) variëteit met gepreassembleerde baksteenpanelen (variante e). Het overzicht van de samenstelling van de verschillende geanalyseerde gevels wordt gegeven in Tabel 7.

Geveltype	Gevelsamenstelling
bakstenen gevel	- baksteen 90 mm - spouw 30 mm - minerale wol (glaswol) 120 mm - metselwerk 140 mm - bepleistering + verf 12 mm
thermische buitengevel-isolatie	- thermische bepleistering + verf 15 mm - XPS + verlijming 130 mm - metselwerk 140 mm - bepleistering + verf 12 mm
geventileerde gevel	- gevelbeplating³⁴ a) vezelcementplaat b) aluminiumbekleding c) multiplexplaat d) glaspaneel e) prefab baksteenpaneel³⁵ - aluminium regelwerk 40 x 80 mm - minerale wol (glaswol) 140 mm - metselwerk 140 mm - bepleistering + verf 12 mm

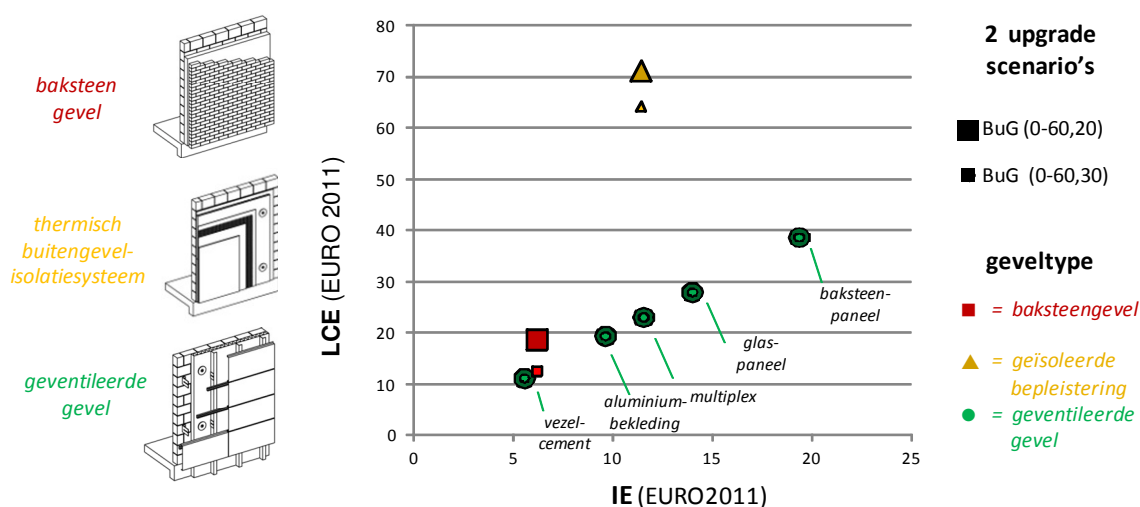
Tabel 7: Samenstelling van geanalyseerde buitengevels (BuG)

³⁴ Er worden oplossingen beschouwd die een omkeerbare verbinding integreren en die hergebruik van componenten van de buitenste gevelbeplating toelaten.

³⁵ De bakstenen die gepreassembleerd worden hebben dezelfde baksteenbreedte als de bakstenen gebruikt voor de gemetste baksteengevel.

Figuur 61 geeft het overzicht van de initiële milieukosten (IE) en de levenscyclus milieukosten (LCE) voor één vierkante meter (1m²) gevel voor *twee scenario's* die een toekomstige thermische opwaardering simuleren van de buitengevel. Het eerste scenario BuG(0-60,20) beschouwt een thermische herziening van de gevel na een periode van gebruik van 20 jaar en het tweede scenario BuG(0-60,30) evalueert de invloed op de milieukosten van een thermische herziening na 30 jaar.

Het doel van deze scenario's is om in te spelen op de prangende vraag van sociale huisvestingsmaatschappijen in het kader van de evoluerende Vlaamse energieregelgeving voor residentiële gebouwen naar *bijna-energie neutrale* gebouwen toe³⁶ (Vlaams Parlement 2012). Sociale huisvestingsmaatschappijen anticiperen deze geplande verstrenging van de energienorm elk op uiteenlopende wijze. Sommige maatschappijen kiezen ervoor om de bouwvragen voor geplande renovatie- of nieuwbouwacties zo vroeg mogelijk in te dienen zodat – eenmaal de bouwvergunning goedgekeurd – de geplande acties uitsluitend dienen te voldoen aan de energieregelgeving van kracht op de datum van de bouwvraag. Andere sociale huisvestingsmaatschappijen stellen dan weer hun nieuwbouw- en/of renovatieplannen uit tot de nieuwe energierichtlijnen gekend zijn, zodat de prestaties van hun vernieuwde patrimonium zo dicht mogelijk aansluiten bij de meest up-to-date energieprestatieregelgeving in Vlaanderen. Op deze manier breidt de lijst van kandidaat-huurders voor sociale huisvesting zich echter nog verder uit doordat urgente renovatiewerken van het sociaal woningpatrimonium uitgesteld worden en ook het nodige inhaalmanoeuvre via nieuwe sociale woningen vertraagd wordt. Een fundamentele strategie is bijgevolg om gebouwen dynamisch te ontwerpen om deze gebouwen in de toekomst op eenvoudige wijze aan te passen aan de evoluerende normen en levensstandaarden (Paduart 2012).



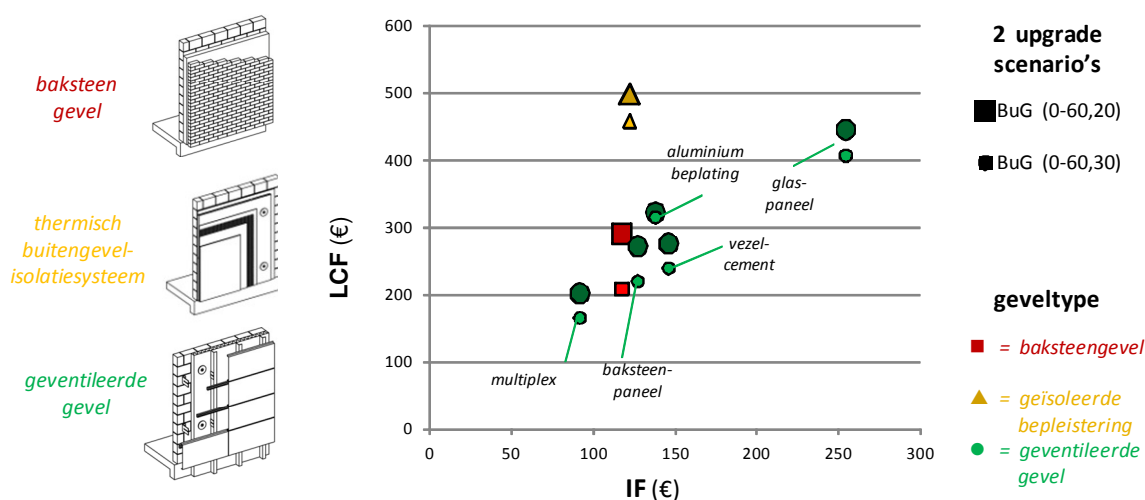
Figuur 61: Overzicht van de initiële milieukosten (IE) en de levenscyclusmilieukosten (LCE) van gevels voor 2 gebouwscenario's voor thermische gevel-upgrade

De grafiek in Figuur 61 toont aan dat de levenscyclus milieukosten van geveloplossingen met een hoge graad van omkeerbaarheid en hergebruik van subcomponenten (i.e. de geventileerde geveloplossingen) in beide scenario's gelijk blijven - zij het nu een thermische upgrade om de 20 jaar of om de 30 jaar). Dit is een gevolg van de goede toegang tot de isolatielaag in deze geveloplossingen met de mogelijkheid om deze te vervangen door meer performante thermische isolatie (Paduart 2012).

³⁶ De Europese Commissie heeft in september 2012 nieuwe richtlijnen inzake energie-efficiëntie uitgewerkt naar aanleiding van de oproep tot actie van de Europese Raad, de Energieraad en het Europees Parlement. Uit de laatste ramingen blijkt dat de Europese Unie nu nog ver verwijderd is van de doelstelling om het energieverbruik in 2020 met 20% te verminderen. Voor het Vlaams energiebeleid zijn deze bepalingen ondermeer van belang voor het vastleggen van een indicatieve 2020 energie-efficiëntiedoelstelling, het bereiken van een jaarlijkse energiebesparing (vanaf 2014 tot eind 2020) en het vaststellen van een langetermijnstrategie voor de renovatie van het gebouwenpark. In 2013 zal met de belanghebbenden verder worden overlegd in verband met de gewenste maatregelen om de doelstellingen van het Energierenovatieprogramma tegen 2020 waar te maken (<http://docs.vlaamsparlement.be/docs/stukken/2012-2013/g1779-1.pdf>)

Veel van de geventileerde geveloplossingen bezitten een verhoogde initiële milieu-impact t.o.v. de traditionele baksteengevel. Dit is te wijten aan de gespecialiseerde bouwcomponenten die nodig zijn om de geventileerde gevel op te hangen (nl. een aluminium regelwerk) en de productie van de toegepaste plaatmaterialen. De milieu-impact van baksteen is daarentegen erg laag ondermeer door het verminderen van het transport door lokale ontginning en energie-efficiënte fabricageprocessen. Daarom vormen bakstenen buitengevels volgens de huidige instrumenten voor milieu-evaluatie een goede optie op vlak van lage milieulevenscycluskosten, zelfs al zijn ze moeilijk thermisch op te waarderen in de toekomst. Een compromis tussen deze traditionele baksteengevel en een dynamisch gevelontwerp kan gezocht worden door omkeerbaarheid te introduceren in de verbindingswijze van de bakstenen onderling, zoals besproken in § 3.2.1.1. Zulke oplossingen kunnen de voordelen combineren van zowel lage milieukosten als van de kwalitatieve voordelen van dynamisch bouwen gedurende de levenscyclus van gebouwen (bijv. aanpassingen in de gebouwschil zonder destructieve ingrepen, eenvoudige ontmanteling en soertering van bakstenen gedurende het levenseinde van gebouwen).

Als we naar het kostenplaatje kijken van de geventileerde gevelsystemen (zie Figuur 62), merken we dat afhankelijk van het aantal ingrepen tijdens de levensduur stijgt, de dynamische oplossingen interessanter worden t.o.v. de bakstenen referentiegevel. Opnieuw echter wegen de financiële materiaalwinsten gerelateerd aan het mogelijke hergebruik binnen dynamische oplossingen niet voldoende op tegen de hoge arbeidskosten nodig voor elk (de)montageproces (zie analyse binnenwanden).



Figuur 62: Overzicht van de initiële financiële kosten (IF) en de financiële levenscycluskosten (LCF) van gevels voor twee gebouwscenario's voor thermische gevel-upgrade

Uit de milieu-analyse en de financiële analyse van de dynamische *gepreassembleerde* baksteengevel blijkt dat minder winsten kunnen worden geboekt vergeleken met de toepassing van bakstenen om een bijkomend dragend raamwerk vraagt dat bijdraagt tot de totale kostprijs en de totale milieukosten van deze geveloplossing. De verdere systeemontwikkeling van een dynamische tussenoplossing die de voordelen rond lage milieu-impact van keramische materialen combineert met de voordelen van de hoge thermische massa van volle bakstenen met de versnelde uitvoeringstijd door preassemblage kan geveloplossingen bieden die alle levenscyclusfasen duurzaam ondersteunt.

3.2.3 Conclusies

Uit de levenscyclusanalyse van de verticale gebouwelementen in dit rapport blijkt dat bepaalde *evaluatiecriteria* voor dynamisch bouwen een beduidende rol spelen in de reductie van milieukosten en financiële kosten tijdens de levenscyclus³⁷.

Indien beoogd wordt om milieuvoordelen en financiële winsten te halen uit de *ontmanteling* en het *hergebruik* van bouwcomponenten in gebouwen zijn het invoeren van de evaluatiecriteria omtrent *omkeerbaarheid* en *duurzaamheid* van componenten in het gebouwoontwerp een *minimumvereiste*. Om de verdere winsten betreffende het mogelijk hergebruik te versterken spelen de toevoeging van de evaluatiecriteria omtrent de *technische levensduur* van componenten en de *interverwisselbaarheid* met andere bouwsystemen een belangrijke rol. Enkel zo kan op lange termijn een nieuwe markt voor professionele spelers gecreëerd worden voor gerecupereerde bouwcomponenten waarbij voldoende voorradige compatibele bouwproducten gegarandeerd worden.

Uit de analyse blijkt dat de dynamische ontwerpbenadering momenteel de meeste voordelen biedt wanneer toegepast op binnenwanden van (sociale) woongebouwen. Voor appartementen is er immers een hogere vraag naar herindeling van appartementen (m.b.t. de binnenwanden) eerder dan naar wijzigingen in de grootte en samenstelling van woningtypologieën (ondermeer door de aanwezigheid van sociale huurders in aanliggende appartementen). Daarenboven worden aan woningscheidende wanden strengere eisen gesteld inzake akoestiek en brandveiligheid. Bij het ontwerp van dynamische bouwoplossingen dient bijzondere aandacht besteed te worden aan de uitvoering van een detaillering die zowel de opgestelde evaluatiecriteria respecteert als beantwoord aan de bouwtechnische en bouwfysische eisen.

Voor de verticale gebouwelementen geldt dat de *bouwsnelheid* een belangrijke factor is in de context van sociale woningbouw. In dit opzicht spelen de evaluatiecriteria omtrent *eenvoud en snelheid* van verbindingen, en *clustering* van bouwcomponenten een essentiële rol. Door de montage te vereenvoudigen en te versnellen (bijv. door preassemblage) kan zowel de kostprijs van renovatie en nieuwbouw gedrukt worden als de problematiek rond lange wachttijden voor sociale huisvesting worden aangepakt.

Tenslotte tonen de resultaten van de levenscyclusanalyse het belang aan om naast *kwalitatieve* aspecten omtrent dynamisch bouwen (gebaseerd op de opgestelde evaluatiecriteria) ook de effecten te beschouwen op *milieuvlak* en op *financieel vlak*. Bij het invoeren van een dynamische ontwerpbenadering moet immers met enige omzichtigheid omgesprongen worden om ongunstige neveneffecten te vermijden vergeleken met de kwaliteiten van gevestigde bouwoplossingen. Indien dynamische oplossingen met een hogere milieu-impact en een hogere investering worden ingeschakeld voor gebouwelementen waar een te lage aanpassingsfrequentie aanwezig is, of waar het gebouw tijdens zijn volledige levensduur nooit gerenoveerd wordt, zijn deze oplossingen immers minder gewenst (omdat zij dan ook hogere levenscyclusmilieukosten en financiële kosten genereren). Desalniettemin dient wel opgemerkt te worden dat voor de dynamische oplossingen wel steeds het voordeel geldt t.o.v. de gevestigde bouwpraktijk dat selectieve ontmanteling van bouwcomponenten (op het levenseinde van gebouwen) sterk vereenvoudigd wordt met een hogere graad van recyclage en terugwinning van materialen als gevolg. Hergebruik van de bouwcomponenten na ontmanteling kan daarnaast ondersteund worden door de huidige trends om een tweedehandsmarkt voor bouwmaterialen uit te bouwen (Rotor 2012).

Enerzijds kan gedacht worden aan een *kruising* van de bestaande bouwoplossingen en dynamische oplossingen, zodat een optimaal evenwicht kan gevonden worden tussen de voordelen gegenereerd door beiden. Dit werd bijvoorbeeld aangetoond voor dynamische binnenwanden waar de variëteit (c) een afwerkingsplaat in gipskarton voorziet die afgewerkt wordt zoals in de huidige droogbouw, maar die gemonteerd wordt tegen een demonteerbaar kader. De resultaten tonen dat voor deze wand de combinatie van de dynamische achterconstructie en de goede eigenschappen van gipskarton als afwerkingsplaat (met alsook lage milieukosten en financiële kosten) bijkomende voordelen bieden t.o.v. volledig demonteerbare wandsystemen.

³⁷ Het berekenen van de invloed van elk individueel evaluatiecriterium omtrent dynamisch bouwen behoort niet tot deze studie.

Daarnaast moet ook het belang benadrukt worden om gebouwelementen te beschouwen in de context van de gebouwen waarin ze zullen worden gebruikt. De combinatie van een hoog dynamisch *gebouwwontwerp* en dynamische *gebouwelementen* moet case per case afgetoetst worden, gezien het niet voor alle gebouwelementen in het plan voordelig is om dynamische oplossingen voor te stellen (bijv. voor binnenwanden die nooit aanpassingen zullen ondergaan tijdens de levensduur van gebouwen). Dit zal verder besproken worden in de volgende paragraaf waar evaluatiecriteria worden besproken voor het dynamisch bouwen op *gebouwniveau* (§ 3.3).

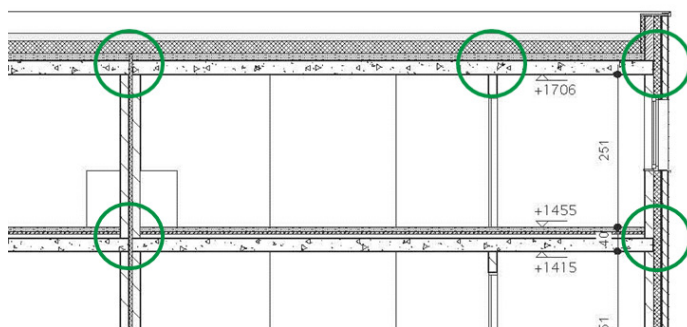
3.3 Evaluatie op gebouwniveau

3.3.1 Doorlichting evaluatiecriteria dynamisch bouwen

In dit onderdeel worden de evaluatiecriteria voor het gebouwniveau afgetoetst aan de gebouwen van perceel 1, ontworpen door KPW-architecten. De evaluatiecriteria met betrekking tot de interfaces, subonderdelen en compositie, worden stap per stap overlopen en beoordeeld.

3.3.1.1 Omkeerbaarheid en onafhankelijkheid

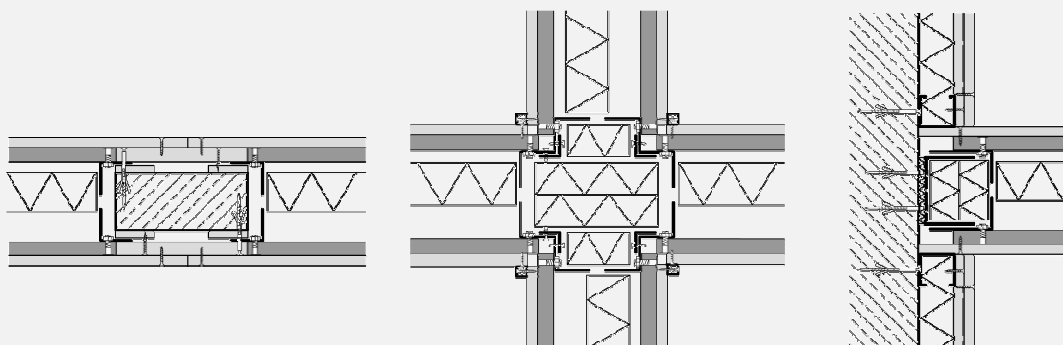
De nieuwe gebouwen op perceel 1 worden opgebouwd op basis van een traditioneel bouwsysteem bestaande uit dragende muren uit snelbouwstenen in combinatie met breedplaatvloeren. De toepassing van natte verbindingen tussen de bouwelementen maakt aanpassingen en demontage zeer moeilijk tot onmogelijk (zie Figuur 63).



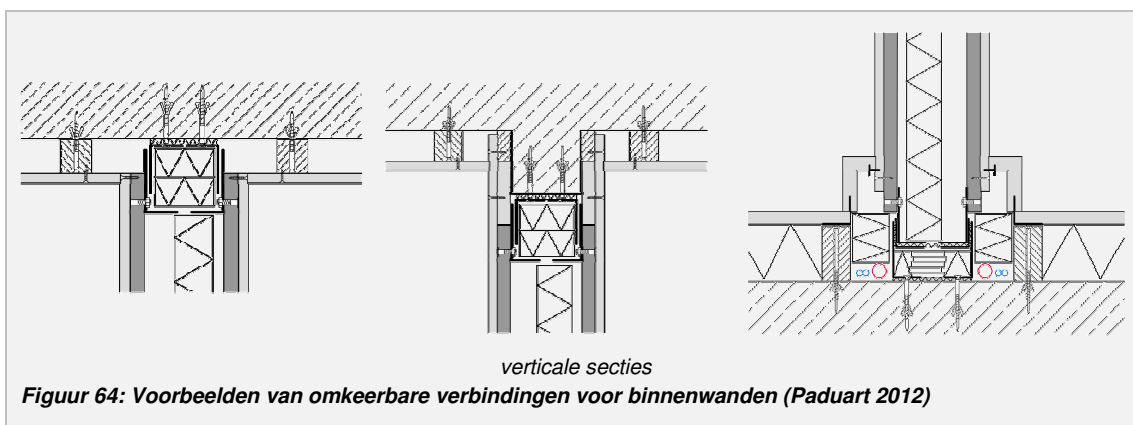
Figuur 63: Snede gebouw A (Perceel 1 - Gandhiwijk)

Ontwerpaanbevelingen op gebouwniveau

Indien er voor dynamische oplossingen geopteerd wordt, zal er veel aandacht moeten besteed worden aan de detaillering van de bouwknopen (zie Figuur 64). Het is inderdaad zinloos om demonteerbare bouwelementen toe te passen als de verbindingen tussen de elementen onomkeerbaar zijn waardoor elementenverplaatsing onmogelijk is. Een uitdaging bij de detaillering is om op een eenvoudige wijze de omkeerbaarheid van de verbindingen te combineren met de vereiste eigenschappen op vlak van brandveiligheid, akoestiek en thermisch gedrag.



horizontale secties

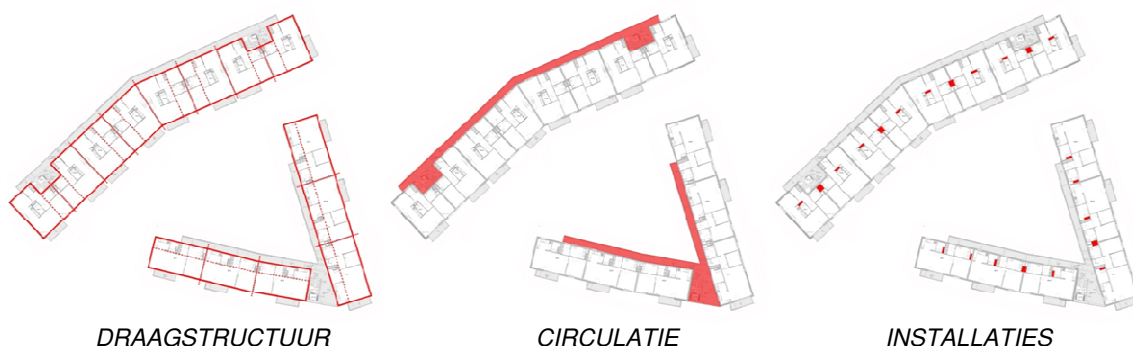


3.3.1.2 Ontmantelbaarheid

Een analyse van de drager- en inbouwelementen brengt de mogelijkheden en beperkingen inzake aanpasbaarheid en ontmantelbaarheid aan het licht (zie Figuur 65). De draagstructuur van de gebouwen op perceel 1 bestaat uit dragende wanden voor zowel de gevels, de woningscheidende wanden als een deel van de binnenwanden. Vergeleken met een skeletstructuur, biedt dit draagwandsysteem weinig mogelijkheden voor de aanpassing van de layout van de wooneenheden.

Wat de circulatie betreft, worden de wooneenheden door een buitencirculatiesysteem van trappen, liften en passerelles bediend. De circulatie staat dus volledig los van de interne indeling van de woningen wat de flexibiliteit verhoogt. Daarenboven zijn de verticale stijgpunten duidelijk gegroepeerd.

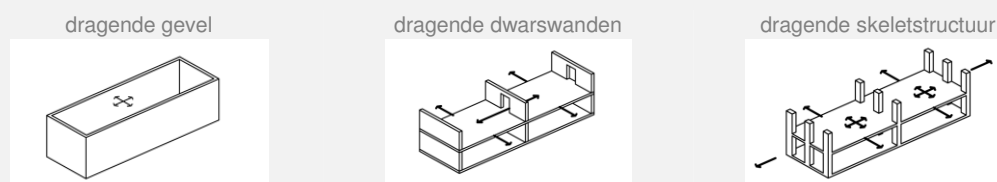
Tenslotte, zijn de technische installaties geclusterd en alle technische kokers op één lijn gepositioneerd. Ze vormen dus geen rem voor toekomstige aanpassingen.



Figuur 65: Analyse van de bouwweigenschappen m.b.t de draagstructuur, circulatie en installaties (Perceel 1 - Gandhiwijk)

Ontwerpaanbevelingen op gebouwniveau

Om de flexibiliteit van de draagstructuur te verhogen, kan nagedacht worden over een doordachte integratie van skeletelementen (zie Figuur 66) voor de dragende wanden met een hogere kans op verplaatsing. Hierbij ligt de prioriteit bij de wanden die een belemmering kunnen vormen voor de gebruiksflexibiliteit bij wijzigende functies of aanpassingen.



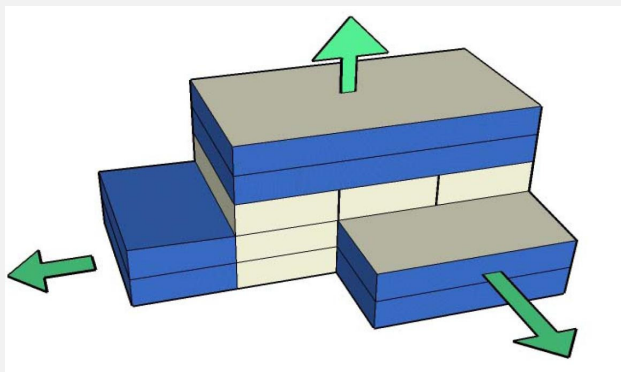
Figuur 66: Flexibiliteit van verschillende draagsystemen (Paduart 2012)

3.3.1.3 Hergebruik en uitbreidbaarheid

De gebouwen op perceel 1 bestaan uit een semi-open bouwsysteem. Sommige onderdelen zijn modulair (bijv. snelbouwstenen) en zouden (ondanks de natte verbindingen) in beperkte mate hergebruikt kunnen worden. Wat de uitbreidbaarheid betreft, de grote hoeveelheid dragende wanden beperkt de uitbreidingsmogelijkheden.

Ontwerpaanbevelingen op gebouwniveau

Een beperking van het aantal dragende wanden en de toepassing van geprefabriceerde open bouwsystemen waarbij de modulaire (prefab) componenten op een droge en omkeerbare manier geassembleerd worden, zou het hergebruik van elementen kunnen bevorderen. Verder zouden mogelijke uitbreidingsscenario's (zie Figuur 67) in kaart moeten gebracht worden zodat de technische implicaties (bijv. versterking draagstructuur, uitbreidbaarheid circulatie) reeds in deze bouwfase in rekening worden gebracht.



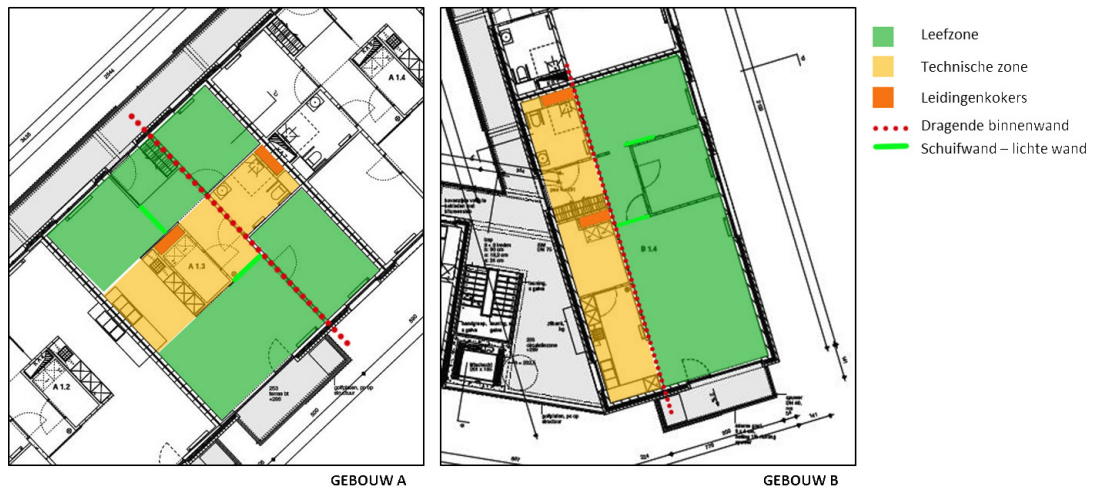
Figuur 67: Uitbreidingsmogelijkheden in een gebouw (FEBE, WTCB, KULeuven)

3.3.1.4 Veranderlijke functieverdeling

Ondanks de statische opbouw van de draagstructuur, is de lay-out van de gebouwen op perceel 1 heel rationeel ontworpen wat mogelijkheden biedt op vlak van mogelijke functiewijzigingen. In de volgende paragrafen worden een aantal aspecten geanalyseerd (voor typewoningen van gebouwen A en B van perceel 1) zoals de polyvalent-flexibele gebouw-lay-out, mogelijkheden tot herindeling, functiewijziging en de aanpasbaarheid voor rolstoelgebruikers.

Polyvalent-flexibele gebouwlay-out

Een belangrijk kenmerk van de typeplannen voor de wooneenheden in gebouw A en B is de clustering van de ruimten met een duidelijk onderscheid tussen leefruimten en natte/ technische ruimten (zie Figuur 68). Verder zijn de technische installaties geclusterd. Leidingenkokers worden zoveel mogelijk langs buitenwanden of woningscheidende wanden geplaatst en vormen dus geen rem voor toekomstige herindelingen. Tenslotte worden een aantal schuifwanden en lichte wanden in de leefzone voorzien zodat er verbindingen tussen ruimten kunnen ontstaan (open of gesloten configuratie).



Figuur 68: Polyvalent-flexibiliteit van de gebouwlay-out (typewoningen gebouw A en B - Perceel 1 - Gandhiwijk)

Ontwerpaanbevelingen op gebouwniveau

Het onderscheid tussen leefruimten en natte/technische ruimten verhoogt de polyvalentie en flexibiliteit. In gebouw B komt de scheidingslijn tussen de leef- en technische zone overeen met de interne draaglijn waardoor de leefzone op een vrije manier kan ingedeeld worden. Dit is niet het geval bij gebouw A, waar een dragende binnenwand de verschillende zones doorkruist. Met het oog op de aanpasbaarheid zou deze dragende binnenwand best vervangen worden door een skeletstructuur.

Verder zijn de technische kokers op een logische manier gepositioneerd. Enkel in gebouw A is de centrale positie van de technische koker bij de keuken minder ideaal.

Herindeling wooneenheden

Door de polyvalent-flexibele gebouwlayout kunnen de wooneenheden op een eenvoudige wijze heringedeeld worden. Een eerste optie is een interne herindeling in functie van de evolutie van de huishoudensamenstelling. Zo kan een tweekamerappartement naar een éénkamerappartement omgevormd worden door de kinderslaapkamer te gebruiken als uitbreiding van de leefruimte (zie Figuur 69).



Figuur 69: Omvorming van een tweekamerappartement naar een éénkamerappartement (typewoningen gebouw A en B - Perceel 1 - Gandhiwijk)

Ontwerpaanbevelingen op gebouwniveau

De typewoningen in gebouw B laten eenvoudig een omvorming van tweekamerappartement naar éénkamerappartement toe. In gebouw A is het echter nodig om de positie van de ouder- en kinderslaapkamer te wisselen³⁸. Daarbij moet de dragende binnenwand tussen de slaapkamer en de leefruimte door een skeletstructuur vervangen worden.

Naast een interne herindeling kunnen ook scenario's bedacht worden waarbij twee wooneenheden worden heringedeeld. Een voorbeeld is de omvorming van tweekamerappartementen naar een combinatie van een éénkamerappartement en een driekamerappartement (zie Figuur 70). In het geval van gebouw A, is het wel nodig om de wooneenheden te spiegelen zodat elke leefzone omgeven wordt door twee stroken met slaapkamers die met elke wooneenheid kunnen verbonden worden.



Figuur 70: Omvorming van tweekamerappartement naar een éénkamerappartement en een driekamerappartement (typewoningen gebouw A en B - Perceel 1 - Gandhiwijk)

Ontwerpaanbevelingen op gebouwniveau

Door een rationele planlay-out, kunnen de appartementtypes op een eenvoudige wijze gewijzigd worden. In het geval van gebouw A, is het echter nodig om de wooneenheden te spiegelen zodat elke leefzone omgeven wordt door twee stroken met slaapkamers die met elke wooneenheid kunnen verbonden worden.

Functiewijziging

In deze beperkte analyse wordt nagegaan in welke mate het voorliggend project in aanmerking komt voor transformatie in de toekomst en dit op basis van twee hypothetische scenario's:

- Scenario 1: transformatiepotentieel van een aantal woningen in gebouw A & B, om deze om te vormen tot sociale erkende assistentiewoningen
- Scenario 2: transformatiepotentieel van een deel van de gebouwen om deze om te vormen tot erkende kinderopvang

Voor beide scenario's werden geen ontwerpvoorstellen geformuleerd, wel werd nagegaan welke eisen gesteld worden aan dergelijke functiewijzigingen op gebied van oppervlakenormen, minimale voorzieningen, uitrusting van de gebouwen en eisen op gebied van brandveiligheid. Uiteraard zijn er nog heel wat scenario's te bedenken, maar binnen het beperkte bestek van deze opdracht werden deze twee opties gekozen omdat ze enerzijds aansluiten bij recente ontwikkelingen en anderzijds als voldoende realistisch mogen beschouwd

³⁸ Opmerking: de positie van de kinderslaapkamer is een bewuste keuze van de ontwerper. Deze kamer kan de functie vervullen van een bezoekersslaapkamer en sluit dus best aan met de toegangshal, zonder rechtstreekse verbinding met de leefruimte.

worden in de gegeven context. De vraag of de transformatie naar assistentiewoningen of de transformatie naar kinderopvang op deze locatie opportuun is, wordt buiten beschouwing gelaten. Het gaat enkel over het potentieel van het gebouw en zijn omgeving om een dergelijke transformatie in de toekomst te realiseren.

1. Scenario 1: Omvorming tot erkende assistentiewoningen

Dit scenario betreft de omvorming van de woningen van het type 1/2 tot een groep van erkende assistentiewoningen. Het gaat hier over in totaal 26 woningen. Deze erkenning is mede afhankelijk van de programatievoorwaarden, de nabijheid van zorgvoorziening en de nabijheid van een centrum, stad, gemeente of wijk, maar deze bijkomende voorwaarden werden hier buiten beschouwing gelaten.

- Qua oppervlaktenormen stellen zich geen problemen, de oppervlakte van slaapkamer, leefruimte en badkamer bedraagt $\pm 55\text{m}^2$, en respecteert dus het minimum van 40m^2 .
- De gangbreedte bedroeg bij meting op de plannen 130 cm, in principe moet dit minimum 150 cm zijn (verordening inzake toegankelijkheid – artikel 14 & 15).

De ontmoetingsruimte (minimum 40m^2) met aangrenzende sanitaire voorziening werd niet voorzien in de plannen. Dit kan dan ook gelden als een ontwerpaanbeveling voor mogelijke toekomstige aanpassingen.

Regelgevend kader	
	Woonzorgdecreet (13/03/2009 – BS 14/05/2009) – Hfst III/Afdeling I/Onderafdeling XI: groep van assistentiewoningen Besluit van de Vlaamse Regering betreffende groepen van assistentiewoningen (12/10/2012 – BS 07/12/2012) Voor de brandveiligheid: NBN S 21-202 (1980) & de Basisnormen brandveiligheid
Voorwaarden opgelegd aan de infrastructuur van erkende assistentiewoningen	
Oppervlakte	BVR 12/10/2012 – art. 33: de gangen zijn voldoende breed zodat twee rolstoelen, op de plaatsen die daarvoor bestemd zijn, elkaar gemakkelijk kunnen kruisen → optimaal 1,80 meter BVR 12/10/2012 – art. 34: elke assistentiewoning bestaat ten minste uit een leefruimte, een keuken, een slaapruijnte en een afzonderlijke sanitaire ruimte met toilet en badgelegenheid. De netto vloeroppervlakte van de leefruimte, de slaapruijnte en de keuken moet in totaal <u>ten minste 40m^2</u> bedragen BVR 12/10/2012 – art. 35: Er is een ontmoetingsruimte, dit hoeft geen afzonderlijke ruimte te zijn en ze kan verspreid zijn over verschillende plaatsen in het gebouw of binnen de gebouwen. De minimumoppervlakte van de ontmoetingsruimte is 20m^2, als de grope minstens 13 assistentiewoningen telt, wordt die oppervlakte uitgebreid met $1,50\text{m}^2$ per assistentiewoning.
Voorzieningen	BVR 12/10/2012 – art. 33: Leuning en handgrepen in circulatieruimte en sanitair BVR 12/10/2012 – art. 34: De assistentiewoning is rolstoeltoegankelijk, met inbegrip van de sanitaire ruimte. BVR 12/10/2012 – art. 35: bij de ontmoetingsruimte is minstens één rolstoeltoegankelijk toilet voorzien.
Uitrusting	BVR 12/10/2012 – art. 33: de assistentiewoning is uitgerust met een aangepast oproepsysteem, ook in de sanitaire ruimte
Brandveiligheid	Geen bijkomende eisen aangezien het gebouw beantwoordt aan de Basisnormen brandveiligheid

Tabel 8: Scenario 1: Omvorming tot erkende assistentiewoningen

Ontwerpaanbevelingen

Om deze functiewijziging mogelijk te maken dient er een ontmoetingsruimte met aangrenzende sanitaire voorziening aanwezig te zijn. Deze ontmoetingsruimte hoeft geen afzonderlijke plaats te zijn en kan verspreid zijn over verschillende plaatsen, maar ze moet wel als dusdanig worden herkend (geen gangen of circulatieruimtes).

2. Scenario 2: Omvorming tot voorziene kinderopvang

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen: erkende en zelfstandige kinderdagverblijven/ aangesloten en zelfstandige onthaalouders:

- Onthaalouder: gemiddeld 4, maximum 8 kinderen gelijktijdig aanwezig
- Zelfstandig kinderdagverblijf: heeft 8 kinderen of meer
- Een erkend kinderdagverblijf: heeft minstens 23 kinderen voor een hoofdvestigingsplaats en 14 kinderen voor een kleine vestigingsplaats.

De scenario's die werden bekeken zijn een zelfstandig kinderdagverblijf met 12 kinderen met een attest van toezicht en een erkend kinderdagverblijf met 26 kinderen.

Twee scenario's werden bestudeerd. Omwille van de problematiek met buitenspeelruimte en het minimum aantal uitgangen dat men moet voorzien, werd deze functiewijziging enkel bekeken voor de omvorming van appartement type 3/4 tot zelfstandig kinderdagverblijf met 12 kinderen en attest van toezicht. Een tweede functiewijziging zou erin kunnen bestaan om twee appartementen om te vormen tot een erkend kinderdagverblijf voor 26 kinderen.

Regelgevend kader	
	BVR 23/02/2001 (BS 19/04/2001) – gewijzigd 30/03/2007 (BS 19/06/2007): Besluit van de Vlaamse regering houdende de voorwaarden inzake <u>erkenning</u> en subsidiëring van kinderdagverblijven en diensten voor onthaalouders. ARAB, het algemeen reglement voor de arbeidsbescherming & de Codex voor welzijn op het werk Voorwaarden opgelegd door FAVV Leidraden uitgegeven door Kind & Gezin voor het bekomen van een attest van toezicht BVR 19/09/2008 (BS 21/11/2008) houdende de normen voor de preventie van brand in de voorzieningen voor kinderopvang. - Kleine voorziening: capaciteit van 9 tot 25 kinderen - Middelgrote voorziening: capaciteit van 26 tot 50 kinderen - Grote voorziening: capaciteit van meer dan 50 kinderen Federale Basisnormen brandveiligheid
Voorwaarden opgelegd aan de infrastructuur van erkende assistentiewoningen	
Oppervlakte	Het kinderdagverblijf moet beschikken over aparte leef- en rustruimte. De minimale leef- en rustruimte is samen minstens 5 m² per kind, minimale speelruimte is 3 m² per kind Kinderen beschikken over een veilige buitenspeelruimte
Voorzieningen	Erkende kinderdagverblijven beschikken minstens over: leefruimte, rustruimte, verzorgingsruimte, bergkamer voor kinderkleding, administratief lokaal, personeelslokaal, sanitair personeel, sanitair kinderen & keuken. De toegang mag niet rechtstreeks in de leef-, rust- of verzorgingsruimte uitkomen. De verzorgingsaccommodatie, geïntegreerd in de leefruimte, is volledig gescheiden van de functionele keuken.
Uitrusting	Algemeen: - Elke voorziening beschikt over een permanent gebruiksklaar telefoontoestel op een vaste plaats, met duidelijke richtlijnen. - Waarschuwingsplan & brandbestrijdingsmiddelen Kleine voorziening (9 – 25 kinderen): - Autonome rookmelders, minimaal 1 uitgang per bouwlaag en per compartiment waar kinderen verblijven, voor voorzieningen die niet onder de Basisnormen brandveiligheid vallen of voorzieningen met nachtopvang, worden dit 2 uitgangen. Voor voorzieningen met nachtopvang is een branddetectie-installatie verplicht (met centrale) en hoeft men dus geen rookmelders te plaatsen. - Bij trappen wordt naast de gebruikelijke leuning, een extra handgreep geplaatst op 60 cm hoogte aan één van de zijden (+ tussenafstand van de spijlen) Middelgrote voorziening (26 – 50 kinderen): - Autonome rookmelders, manueel alarmsysteem, minimaal 1 uitgang per bouwlaag en per compartiment waar kinderen verblijven tot en met de tweede bouwlaag en voor gebouwen die moeten beantwoorden aan de Basisnormen brandveiligheid. Voor alle overige gebouwen, inclusief voorzieningen met nachtopvang moeten 2

	uitgangen voorzien worden. Voor voorzieningen met nachtopvang en voorzieningen die niet moeten beantwoorden aan de federale basisnormen is een branddetectie-installatie verplicht (met centrale) en hoeft men dus geen rookmelders te plaatsen. - Bij trappen wordt naast de gebruikelijke leuning, een extra handgreep geplaatst op 60 cm hoogte aan één van de zijden (+ tussenafstand van de spijlen) - De wanden die de keuken begrenzen van middelgrote en grote voorzieningen hebben Rf 1h of bestaan uit beton of metselwerk. De deuren van de keuken hebben een Rf ½ h en zijn zelfsluitend of zelfsluitend bij brand
Brandveiligheid	Enkel specifieke aandachtspunten bij voorliggend project

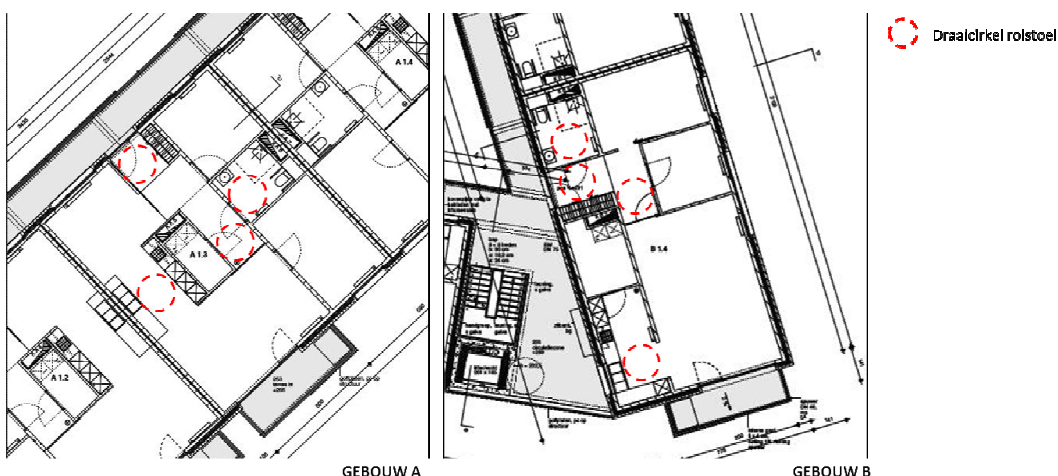
Tabel 9: Scenario 2: Omvorming tot voorziening kinderopvang

Ontwerpaanbevelingen

Voor de omvorming tot erkend kinderdagverblijf voor 26 kinderen moet een deel van de tussenmuur verwijderd worden. Indien men dergelijke voorziening zou willen onderbrengen in gebouw B (bijvoorbeeld de dakappartementen omvormen tot kinderdagverblijf), dan wordt het nodig om een tweede trap te voorzien.

Aanpasbaarheid voor rolstoelgebruikers

De woningen in gebouw A en B voldoen aan de eisen voor aangepaste woningen: bereikbaarheid met de lift, dimensionering rekening houdend met de draaicirkels voor rolstoelen (zie Figuur 71).



Figuur 71: Aanpasbaarheid aan rolstoelgebruikers (Typewoningen gebouw A en B - Perceel 1 - Gandhiwijk)

3.3.2 Levenscyclusevaluatie

3.3.2.1 Werkwijze

Zoals blijkt uit de levenscyclusevaluatie op elementniveau (zie § 3.2.2), kan het dynamisch ontwerpen van gebouwelementen belangrijke financiële en milieuwinsten teweegbrengen. In dit onderdeel worden de voordelen van dynamische bouwoplossingen op gebouwniveau geëvalueerd op basis van een beperkt aantal representatieve scenario's, opgesteld voor een typewoning uit gebouw B (zie Figuur 72).



Figuur 72: Geselecteerde casestudy voor de levenscyclusevaluatie op gebouwniveau (typewoning gebouw B - Perceel 1 - Gandhiwijk)

De simulaties op gebouwniveau worden uitgevoerd volgens de principes van de elementmethode (zie §2.4.1) waarbij de impact van de wooneenheid berekend wordt als de som van de impact van de samenstellende bouwelementen. In het kader van deze studie wordt de analyse beperkt tot verbouwingsingrepen met betrekking tot binnenwanden en woningscheidende wanden (de impact van andere bouwelementen wordt dus buiten beschouwing gelaten). Om de LCC- en LCA-resultaten van de analyse op elementniveau te kunnen gebruiken (zie § 3.2.2), wordt er wel aangenomen dat de binnenwanden en woningscheidende wanden geen dragende functie hebben³⁹.

De evaluatie op gebouwniveau gebeurt in drie stappen. Ten eerste worden een aantal verbouwingsscenario's opgesteld: een interne herindeling (scenario 1 en 2) en een herindeling tussen twee wooneenheden (scenario 3). Voor deze scenario's wordt een gemiddelde verbouwingsfrequentie van respectievelijk 15 jaar (interne herindeling) en 30 jaar (herindeling tussen 2 wooneenheden) gehanteerd.

In een tweede stap worden de verbouwingsscenario's vertaald naar wandenscenario's waarbij binnenwanden en woningscheidende wanden gedefinieerd worden in functie van hun analyseperiode⁴⁰ en verplaatsingsfrequentie. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen vaste wanden (wanden die geen verandering kennen tijdens de gebouwlevensduur, behalve de periodieke vervangingen van de subcomponenten) en veranderlijke wanden (wanden die verplaatst of afgebroken worden tijdens de gebouwlevensduur). Op basis van de wandscenario's kunnen alle wanden gelinkt worden met simulatieresultaten op elementniveau.

Tenslotte worden LCA en LCC resultaten op gebouwniveau berekend door de financiële en milieudata voor de verschillende wandtypes (uitgedrukt in euro/m² wand) te vermenigvuldigen met hun specifieke ratio (uitgedrukt in m² wand/ m² vloeroppervlakte). Zoals op het elementniveau, worden de simulaties uitgevoerd voor zowel statische (traditionele metselwerk- en droogbouwoplossingen) als dynamische varianten (varianten met omkeerbare verbindingen en herbruikbare subcomponenten). De geanalyseerde varianten voor de binnenwanden en woningscheidende wanden worden voorgesteld in respectievelijk Tabel 5 en Tabel 6 (paragrafen § 3.2.2.1 en § 3.2.2.2), waarbij er rekening wordt gehouden met een gemiddelde technische levensduur voor de componenten. Naast de evaluatie van alle varianten worden per verbouwingsscenario telkens twee alternatieven vergeleken: een algemene toepassing van dynamische oplossingen ("simulatie 1 wandtype") en een gerichte toepassing beperkt tot de veranderlijke wanden ("simulatie 2 wandtypes").

³⁹ In werkelijkheid zijn de woningscheidende wanden en een deel van de binnenwanden dragend (zie § 3.3.1.2)

⁴⁰ Periode waarbinnen de wand zich in de wooneenheid bevindt.

3.3.2.2 Scenario 1: Omvorming van een tweekamerappartement naar een éénkamerappartement met grote leefruimte

Verbouwingsingrepen

Bij dit scenario wordt een tweekamerappartement omgevormd naar een éénkamerappartement door de kinderslaapkamer te gebruiken als uitbreiding van de leefruimte (zie Figuur 73). Daarbij wordt de wand tussen de keuken en de leefruimte verwijderd om een open keuken te creëren.

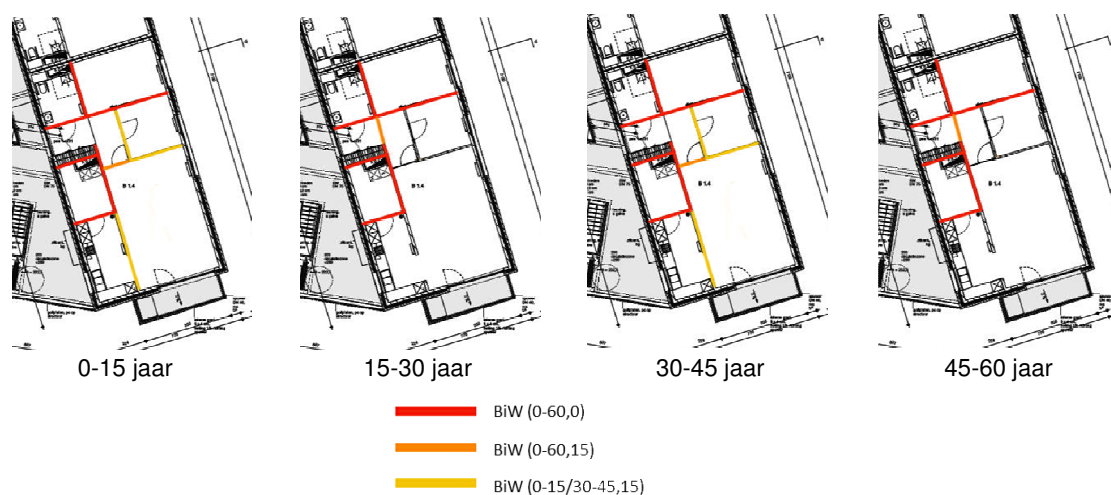


Figuur 73: Verbouwingsingrepen in scenario 1 (Typewoning gebouw B - Perceel 1 - Gandhiwijk)

Wandenscenario's

De verbouwingsingrepen worden vertaald naar wandenscenario's (zie Figuur 74), rekening houdend met 4 opeenvolgende periodes van 15 jaar (0-15 jaar, 15-30 jaar, 30-45 jaar en 45-60 jaar) waarbij de woning wisselt van twee- naar éénkamerappartement en omgekeerd. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen vaste wanden ($BiW(0-60,0)^{41}$) en veranderlijke wanden ($BiW(0-60,15)^{42}$, $BiW(0-15/30-45,15)^{43}$).

Voor de wandtypes met een onderbreking van de analyseperiode (bv: $BiW(0-15/30-45,15)$), worden de dynamische varianten gemodelleerd zodat ze in tussentijd elders gestockeerd worden (of eventueel in een andere wooneenheid worden ingezet) om later opnieuw in de wooneenheid in gebruik te worden genomen.



Figuur 74: Wandenscenario's in scenario 1 (Typewoning gebouw B - Perceel 1 - Gandhiwijk)

⁴¹ $BiW(0-60,0)$ = binnenwand met analyseperiode van 0 tot 60 jaar en zonder periodische verplaatsing.

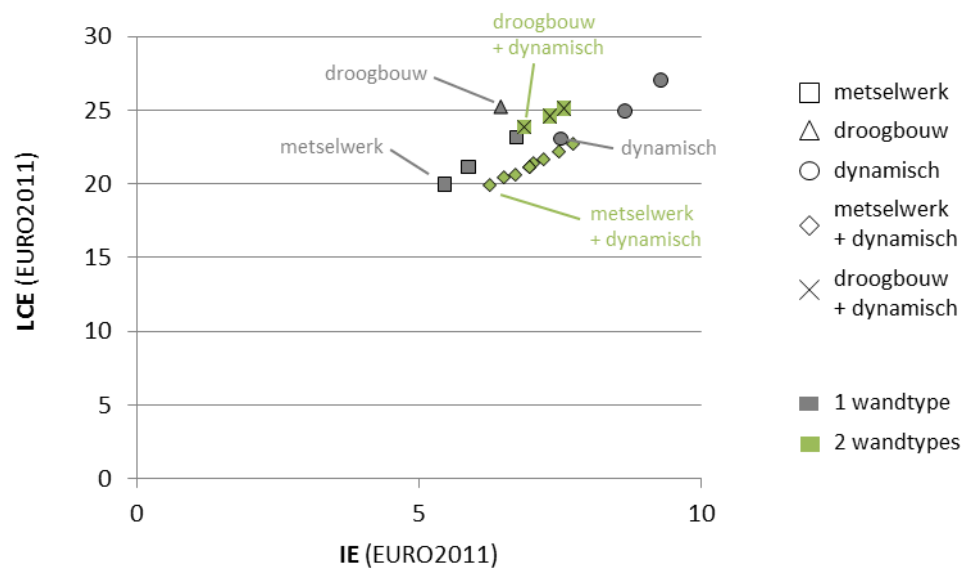
⁴² $BiW(0-60,15)$ = binnenwand met analyseperiode van 0 tot 60 jaar en met een verplaatsing om de 15 jaar.

⁴³ $BiW(0-15/30-45,15)$ = binnenwand met analyseperiode van 0 tot 15 jaar en 30 tot 45 jaar en met een verplaatsing om de 15 jaar. In de periode van 15 tot 30 jaar en 45 tot 60 jaar is de wand niet aanwezig in de wooneenheid.

LCA- en LCC- resultaten

De LCA- resultaten (zie Figuur 75) tonen aan dat een algemene toepassing van dynamische oplossingen (simulaties “1 wandtype”) niet interessant is. Metselwerkvarianten hebben hier lagere levenscyclustmilieukosten. Dit is te verklaren door de rationele planopbouw van de wooneenheid waardoor de omvorming van het appartement slechts beperkte verbouwingsingrepen vereist.

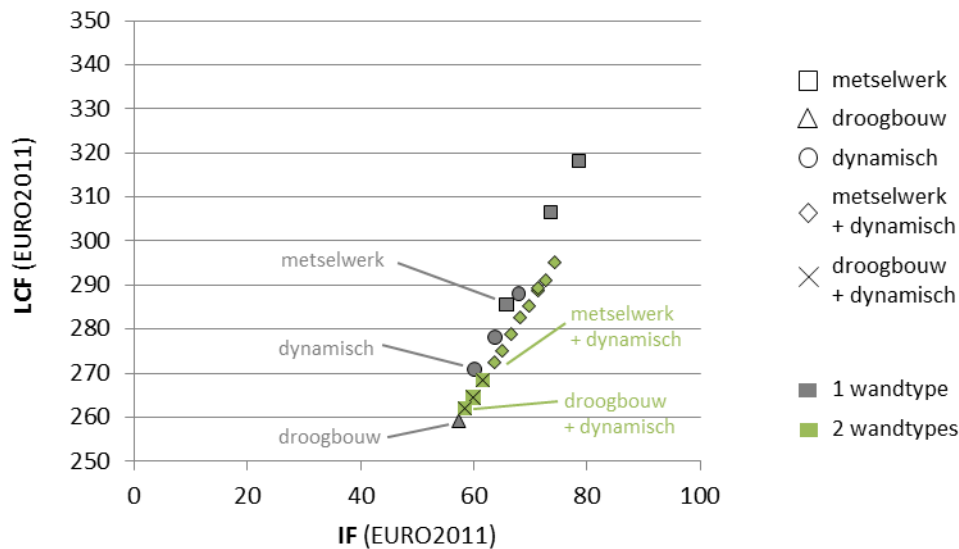
Indien er gekozen wordt voor een gerichte toepassing van dynamische varianten, beperkt tot de veranderlijke wanden (simulaties “2 wandtypes”), wordt een daling van de milieukosten opgemerkt. Maar de milieuwinsten t.o.v de simulaties met 1 wandtype blijven beperkt omdat een groot deel van de veranderlijke wanden niet verplaatst worden binnen de wooneenheid zelf (Wandtype *BiW(0-15/30-45, 15)* kent tussentijdse periodes van stockage of hergebruik in een andere wooneenheid. Volgens de cut-off regel worden de voordelen van hergebruik in dat geval niet in rekening genomen.



Figuur 75: Overzicht van de initiële milieukosten (IE) en de levenscyclustmilieukosten (LCE) van scenario 1 voor simulaties met 1 of 2 wandtypes.

Wat de financiële evaluatie betreft (zie Figuur 76), de simulaties met “1 wandtype” tonen aan dat dynamische varianten kunnen concurreren met metselwerkwanden (kostenvoordeel door de preassemblage van dynamische bouwoplossingen) maar nog duurder blijven dan standaard droogbouwoplossingen (de arbeidskosten voor het demonteren en hermonteren van dynamische oplossingen wegen zwaarder door dan de gespaarde materiaalkosten).

Verder blijkt een gerichte toepassing van dynamische varianten interessant te zijn in combinatie met metselwerk (daling van de initiële en levenscyclustkosten in vergelijking met een algemene toepassing van metselwerkwanden). Daarentegen betekent een combinatie van dynamische en droogbouwoplossingen een beperkte meerkost t.o.v. de zuivere toepassing van droogbouwssystemen.



Figuur 76: Overzicht van de initiële financiële kosten (IF) en de financiële levenscycluskosten (LCF) van scenario 1 voor simulaties met 1 of 2 wandtypes.

3.3.2.3 Scenario 2: Omvorming van een tweekamerappartement naar een éénkamerappartement met opgedeelde leefruimte

Verbouwingsingrepen

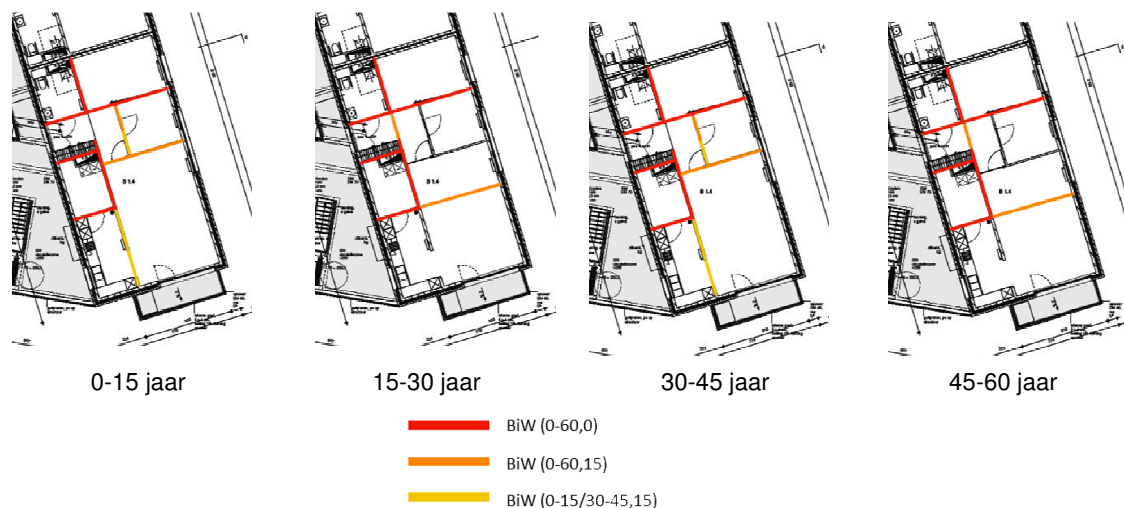
De verbouwingsingrepen (zie Figuur 77) zijn vrij gelijkaardig aan die van het vorige scenario (§ 3.3.2.2) behalve dat een deel van de te verwijderen binnenwanden kunnen hergebruikt worden om de leefzone op te delen in een eet- en zitkamer. Dit scenario laat toe om de impact van een groter intern hergebruik van binnenwanden en de eventuele voordelen van dynamische varianten te evalueren.



Figuur 77: Verbouwingsingrepen in scenario 2 (Typewoning gebouw B - Perceel 1 - Gandhiwijk)

Wandenscenario's

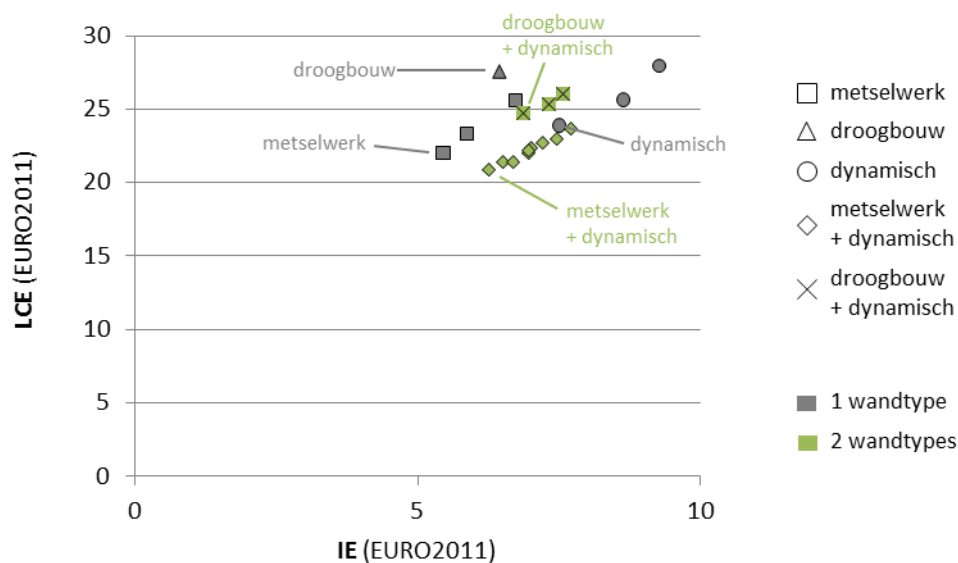
De wandenscenario's worden weergegeven in Figuur 78. Vergeleken met scenario 1, worden meer wanden verplaatst binnen de wooneenheid zelf (er zijn in scenario 2 meer wanden van het type BiW(0-60,15)).



Figuur 78: Wandenscenario's in scenario 2 (Typewoning gebouw B - Perceel 1 - Gandhiwijk)

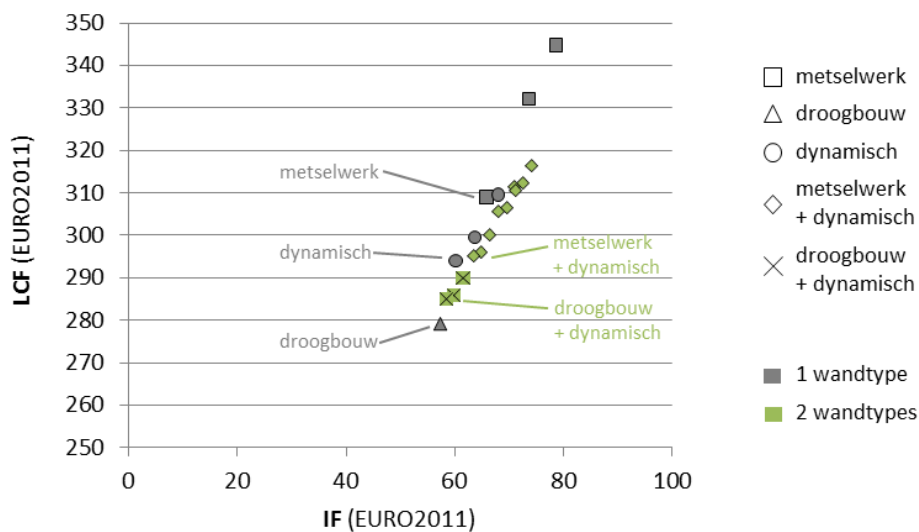
LCA- en LCC- resultaten

De LCA-resultaten (zie Figuur 79) tonen dezelfde tendensen als in scenario 1. Een algemene toepassing van dynamische varianten (simulaties "1 type wand") is niet interessant omwille van de beperkte verbouwingsingrepen. Bij een gerichte toepassing van dynamische bouwoplossingen (simulaties "2 type wand"), worden wel hogere milieuwinsten verkregen dan in scenario 1. Dit is het directe gevolg van het hogere hergebruik van de veranderlijke wanden binnen de wooneenheid zelf.



Figuur 79: Overzicht van de initiële milieukosten (IE) en de levenscyclusmilieukosten (LCE) van scenario 2 voor simulaties met 1 of 2 wandtypes.

Ook voor de financiële kosten (zie Figuur 80) zijn gelijkaardige conclusies als in scenario 1 te trekken. Een algemene toepassing van dynamische varianten kan concurreren met metselwerkvarianten maar is duurder dan droogbouwsystemen omwille van de arbeidskosten voor het demonteren en hermonteren van de binnenwanden. Verder is een gerichte toepassing van dynamische oplossingen voordelig in combinatie met metselwerk maar leidt dit tot meerkosten in combinatie met droogbouw. Vergeleken met scenario 1, zijn die meerkosten zelfs hoger gezien de bijkomende demontagestappen door het hoger intern hergebruik van binnenwanden.

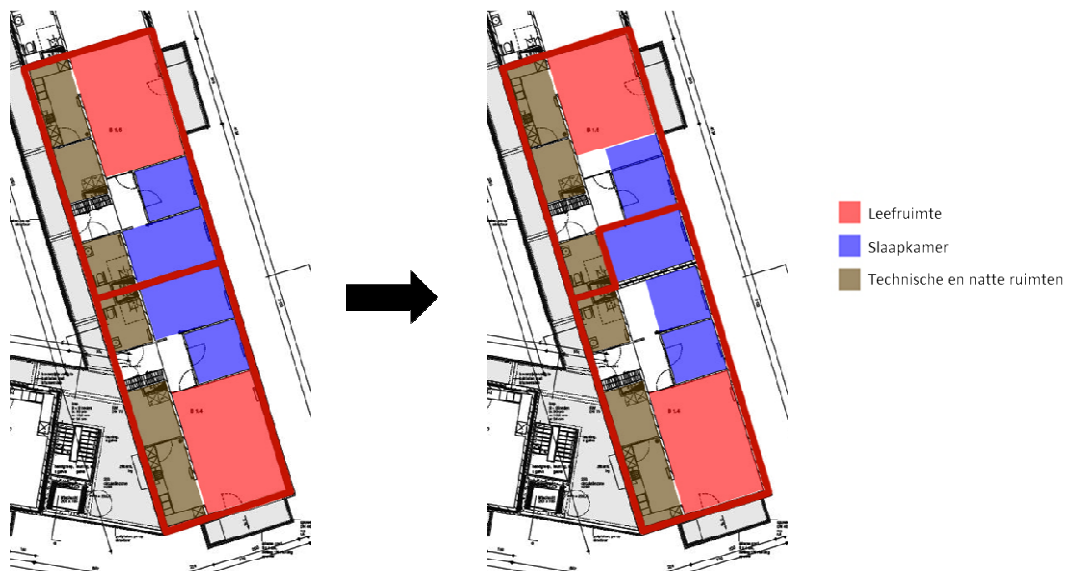


Figuur 80: Overzicht van de initiële financiële kosten (IF) en de financiële levenscycluskosten (LCF) van scenario 2 voor simulaties met 1 of 2 wandtypes.

3.3.2.4 Scenario 3: Omvorming van tweekamerappartementen naar een éénkamerappartement en een driekamerappartement

Verbouwingsingrepen

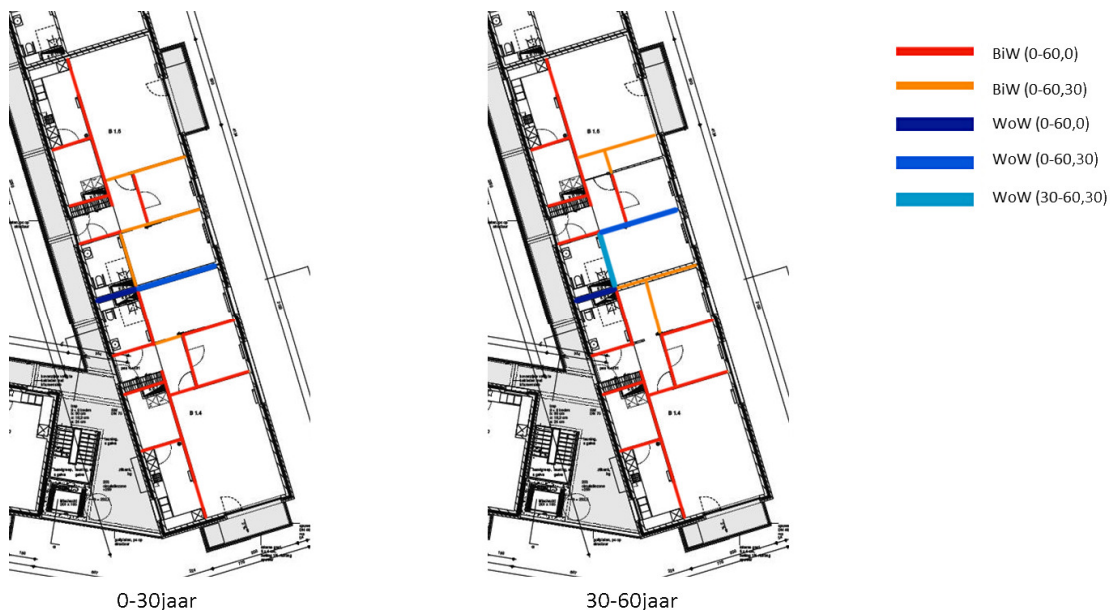
Bij dit scenario wordt een herindeling van twee wooneenheden bekeken waarbij tweekamerappartementen omgevormd worden naar een éénkamerappartement en een driekamerappartement (zie Figuur 81). Deze verbouwing gebeurt om de 30 jaar en laat toe om de verplaatsing van woningscheidende wanden in de evaluatie te integreren.



Figuur 81: Verbouwingsingrepen in scenario 3 (Typewoning gebouw B - Perceel 1 - Gandhiwijk)

Wandenscenario's

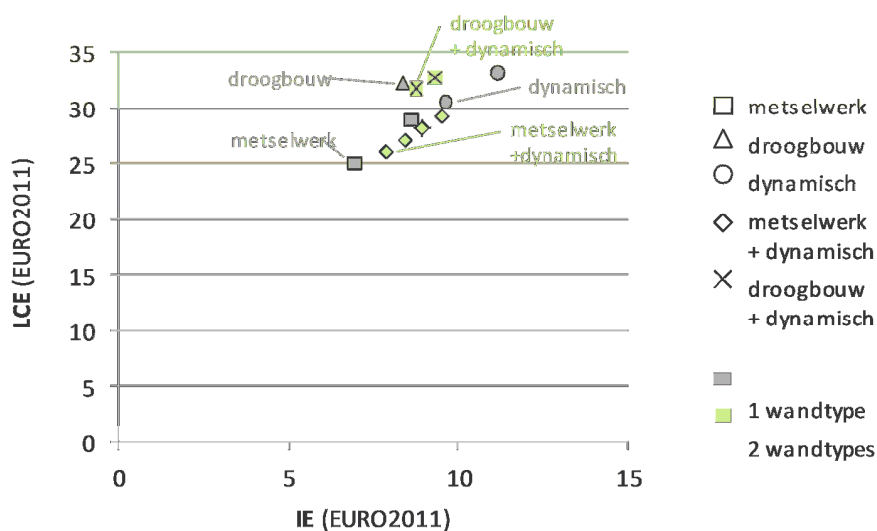
De verbouwingsingrepen worden vertaald naar wandenscenario's (zie Figuur 82), rekening houdend met 2 opeenvolgende periodes van 30 jaar (0-30 jaar, 30-60 jaar) waarbij de woningen wisselen van tweekamerappartementen naar een combinatie van een éénkamerappartement en een driekamerappartement. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen vaste wanden ($BiW(0-60,0)$, $WoW(0-60-0)$) en veranderlijke wanden ($BiW(0-60,30)$, $WoW(0-60,30)$, $WoW(30-60,30)$).



Figuur 82: Wandenscenario's in scenario 3 (Typewoning gebouw B - Perceel 1 - Gandhivijk)

LCA- en LCC- resultaten

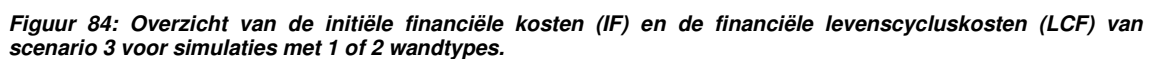
De simulaties worden uitgevoerd door elke binnenwandvariant samen met de overeenkomstige variant voor de woningscheidende wand te evalueren⁴⁴. De LCA- resultaten (zie Figuur 83) tonen opnieuw dat een algemene toepassing van dynamische oplossingen niet interessant is wanneer de verbouwingsingrepen klein blijven. Bij een gerichte toepassing, beperkt tot de veranderlijke wanden, worden hier weinig tot geen milieuwinsten verkregen, vergeleken met de simulaties met "1 type wand". Dit heeft te maken met de lage verbouwingsfrequentie, namelijk een periode van 30 jaar.



Figuur 83: Overzicht van de initiële milieukosten (IE) en de levenscyclusedmilieukosten (LCE) van scenario 3 voor simulaties met 1 of 2 wandtypes.

Wat de LCC- resultaten betreft (zie Figuur 84), kunnen dezelfde conclusies als in scenario 1 en 2 naar voren gebracht worden. Zo concurreren de dynamische oplossingen met de metselwerkwanden maar zijn deze steeds duurder dan droogbouwsystemen. Verder is een gerichte toepassing van dynamische oplossingen voordelig in combinatie met metselwerk maar leidt dit tot meerkosten in combinatie met droogbouw.

⁴⁴ Sommige binnenwandvarianten zoals de metselwerkwand in celbeton en de dynamische oplossing met MDF afwerkingsplaat zijn niet toepasbaar in woningscheidende wanden omwille van respectievelijk akoestische en brandveiligheidsgerelateerde overwegingen. Deze varianten worden dus in dit scenario niet geanalyseerd.



3.4.1.1 Ruimtelijke structuur

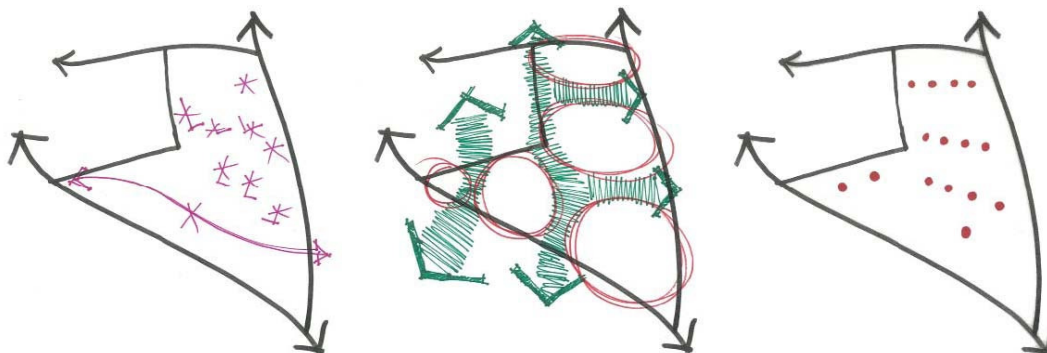
Eén van de knelpunten van de Gandhiwijk is de grote versnippering van het openbaar domein (zie Figuur 85). Deze wordt veroorzaakt door de overvloedige infrastructuur, zoals het uitgebreid netwerk voor het gemotoriseerd verkeer en de dubbele ontsluiting (voor- en achterkant) van sommige woongebouwen. Daarbij wordt de wijk gekenmerkt door een uitgebreid parkeeraanbod (grote parkeeroppervlaktes en langspaarkeerplaatsen op de meeste wegen). Hierdoor bestaat een groot deel van de open ruimte uit niet zo bruikbare restruimtes.

Het stedenbouwkundig ontwerp voor de Gandhiwijk geeft hierop een antwoord en probeert een ruimtelijk samenhang te creëren en de continuïteit van het publiek domein te versterken. De volgende ingrepen worden toegepast (zie Figuur 86):

- De overbodige weg- en parkeerinfrastructuur wordt verwijderd. Er wordt een leesbare verkeersinfrastructuur ingevoerd met een duidelijke hiërarchie van hoofdwegen (gemotoriseerd verkeer) en trage wegen (fietsers en voetgangers).
- De groene structuur wordt versterkt (creatie van parkzones) en vormt een bindend element tussen de verschillende wooneilanden.
- Door punctuele ingrepen worden de onafgewerkte randen (blinde gevels) en restruimten met nieuwe gebouwen ingevuld. Dit verhoogt de aantrekkelijkheid en samenhang van de open ruimte.



Figuur 85: Gandhiwijk – knelpunten bestaande wijk (Omgeving cvba)



Figuur 86: Gandhiwijk – concepten voor de verbetering van de ruimtelijke samenhang: verwijderen overbodige infrastructuur (links), vijf wooneilanden en continuïteit publiek domein (midden) en punctuele ingrepen (rechts), (Omgeving cvba)

3.4.1.2 Polyvalente ruimten

De huidige wijk heeft een gebrek aan ontmoetingsruimten en recreatievoorzieningen (zie Figuur 87). Het openbaar domein is niet ingericht als verblijfsruimte en bestaat uit veel restruimtes. Het stedenbouwkundig ontwerp voor de Gandhiwijk voorziet een centraal plein met gemeenschapsfuncties dat als polyvalente plek zal dienen voor ontmoeting, sport en manifestaties. Daarnaast worden ook een aantal multifunctionele parkzones ingeplant met sportterreinen en speelelementen (zie Figuur 88).

- verhard sportveld
- sportveld in gras
- speeltuin
- bebouwing
- studiegebied
- projectgebied



Figuur 87: Gandhiwijk – bestaande recreatieve structuur (Omgeving cvba)

- robuuste parkzone
- waterinfiltratiezone
- multifunctionele parkzone



Figuur 88: Masterplan Gandhiwijk – parkzones (Omgeving cvba)

3.4.1.3 Diversiteit

De Gandhiwijk is vooral een residentiële wijk met een beperkt aantal voorzieningen en functies (kleuterschool en twee wijkzalen) (zie Figuur 89). In de buurt van het projectgebied zijn ook een aantal handelszaken aanwezig. Wat de woningtypes betreft, er zijn zowel eengezinswoningen, seniorenwoningen als appartementsgebouwen. Verder is er weinig variatie in de open groene ruimte.

Het stedenbouwkundig ontwerp voor de Gandhiwijk streeft naar een hogere diversiteit (zie Figuur 90) met het integreren van gemeenschapsfuncties (school, handelszaken, sportterreinen), groene ruimtes (van privaat, semipubliek tot publiek) en een mix van types woningen (koop- en huurwoningen, woningen voor verschillende gezinssamenstellingen, grondgebonden woningen en woningen met semipublieke buitenruimte, aangepaste woningen)



Figuur 89: Gandhiwijk – aanwezige functies (Omgeving cvba)



Figuur 90: Gandhiwijk – concepten diversiteit: lokale voorzieningen (links), ontmoetingsplaatsen op alle schaalniveaus (midden) en variatie creëren (rechts)

3.4.1.4 Aanpasbaarheid op lange termijn

De bestaande Gandhiwijk is gekenmerkt door een grote versnippering en overvloedige verkeersinfrastructuur waardoor er veel restruimtes ontstaan. De wegen en parkeeroppervlaktes vormen obstakels voor mogelijke inbreidingen. Door het gebrek aan leesbare publieke ruimtes zijn functiewijzigingen moeilijk te realiseren (er ontbreekt een duidelijke kern waar commerciële en gemeenschapsfuncties een plaats kunnen krijgen).

In het stedenbouwkundig ontwerp wordt er gestreefd naar een leesbare ruimtelijke structuur. De verkeersinfrastructuur wordt vereenvoudigd door een beperking van de verharde oppervlaktes en autowegen. Hierdoor verdwijnen een aantal harde grenzen tussen de bouwpercelen. Verder wordt er een duidelijk onderscheid gemaakt tussen bebouwde en open ruimten en wordt een centrale kern met gemeenschapsfuncties gecreëerd waardoor er meer mogelijkheden ontstaan qua inbreiding en functiewijziging.

Ontwerpaanbevelingen op wijkniveau

Mogelijke scenario's met betrekking tot de aanpasbaarheid op lange termijn (inbreidingen, functiewijzigingen) zouden in kaart moeten gebracht worden om de gevolgen voor de infrastructuur en open ruimte te kunnen inschatten. Op basis van deze scenario's kunnen gepaste maatregelen in deze eerste fase geïntegreerd worden.

3.4.1.5 Hergebruik

Omwille van een aantal knelpunten (o.a. het negatief imago van de wijk, de versnippering van de openbare ruimte, de overvloedige verkeersinfrastructuur en de harde grens tussen de laagbouwwooningen en de appartementsgebouwen) werd er beslist om het zuidelijke deel van de wijk volledig te hertekenen (zie Figuur 91). Deze beslissing impliceert grote afbraakwerken van zowel gebouwen als infrastructuuronderdelen (zie Figuur 92). Enkel voor de lage bebouwing werd er wel geopteerd voor renovatie.



Figuur 91: Gandhiwijk – ingrepen stedenbouwkundig ontwerp (de nieuwe gebouwen worden in het donkergrijs aangeduid (Omgeving cvba)



Figuur 92: Gandhiwijk – afbraak bestaande wijkonderdelen (Omgeving cvba)

Ontwerpaanbevelingen op wijkniveau

Er dient meer onderzoek te gebeuren naar mogelijkheden om de bestaande appartementsgebouwen aan de zuidkant te renoveren en in het nieuwe masterplan te integreren. Er bestaan verschillende geslaagde voorbeelden van renovatie van sociale appartementsgebouwen die als inspiratie kunnen dienen voor de Gandhiwijk (zie Figuur 93).



Figuur 93: Renovatie van de gebouwen van de Modelwijk in Laken (www.vermat.be)

3.4.1.6 Dimensionering

De verkeersinfrastructuur in de Gandhiwijk is overgedimensioneerd. Bijna alle wegen van het projectgebied beschikken over langspaarkeerstraten (zie Figuur 94) wat resulteert in grote verharde oppervlaktes. Daarbij is het aantal parkeerplaatsen zeer ruim gerekend waardoor veel parkeeroppervlaktes ongebruikt blijft.

In het stedenbouwkundig ontwerp wordt er gewerkt aan een differentiatie tussen verschillende types wegen (specifieke ontsluiting voor gemotoriseerd verkeer, fietsers en voetgangers) en een beperking van het bovengronds parkeren. Een groot aantal verharde oppervlakten wordt verwijderd en vervangen door groene ruimten.



Figuur 94: Gandhiwijk – Mahatma Gandhistraat met langspaarkeerplassen langs beide zijden

3.4.1.7 Demonteerbaarheid

De bestaande verkeersinfrastructuur in de Gandhiwijk bestaat uit geasfalteerde wegen en biedt dus geen mogelijkheid tot selectieve ontmanteling. Wat de nieuwe infrastructuur betreft, is er op dit moment nog weinig informatie beschikbaar. De voorschriften stellen voor om verhardingen tot een minimum te herleiden en het gebruik van duurzame materialen te stimuleren.

3.4.1.8 Eenvoud en evolutie

Er is weinig informatie beschikbaar over de verbindingen tussen de wijkonderdelen zoals de aansluiting van de gebouwen op de infrastructuur en de toegang tot de nutsleidingen. Ook over de materialisatie van de overgangen tussen publiek en privaat domein is nog niets gekend.

3.4.2 Levenscyclusevaluatie

3.4.2.1 Werkwijze

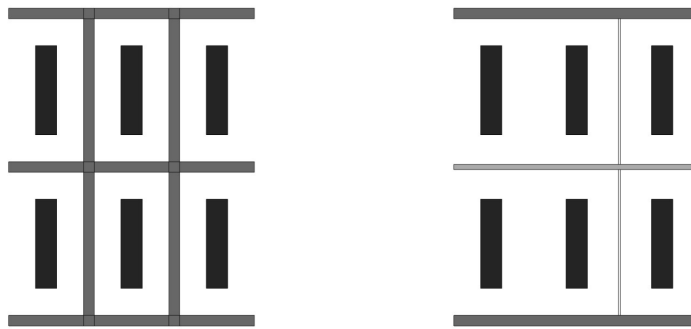
In tegenstelling tot het element- en gebouwniveau wordt hier, omwille van de tijdsbeperkingen, geen levenscyclusberekening uitgevoerd. Wel wordt een aanzet tot kwantitatieve evaluatie gegeven. De bedoeling is om te tonen hoe de opgestelde evaluatiecriteria kunnen vertaald worden naar meetbare gegevens, die kunnen gebruikt worden in een levenscyclusevaluatie.

De werkwijze bestaat uit twee stappen. In een eerste stap wordt het beschouwde evaluatiecriterium herleid tot een abstracte voorstelling waarbij een basisvoorstel vergeleken wordt met een verbeterd alternatief (dat aan het evaluatiecriterium voldoet). In een tweede stap wordt deze abstracte voorstelling vertaald naar een kwantitatieve en kwalitatieve impact (financiële en milieukosten versus kwaliteiten). Deze aanpak wordt in de volgende paragrafen voor 4 evaluatiecriteria geïllustreerd: ruimtelijke structuur, polyvalente ruimtes, aanpasbaarheid op lange termijn en hergebruik.

3.4.2.2 Criterium 1: Ruimtelijke structuur

Abstracte voorstelling

Als voorbeeld wordt hier de focus gelegd op de weginfrastructuur, maar dezelfde aanpak kan ook toegepast worden op andere wijkonderdelen zoals de parkeerinfrastructuur. De analyse van de impact van de ruimtelijke structuur wordt op basis van twee wijkvarianten geanalyseerd (zie Figuur 95): een versnipperde wijklay-out (met uitgebreide ontsluiting voor het gemotoriseerd verkeer) en een wijklay-out met geoptimaliseerde infrastructuur (differentiatie naar wegen voor gemotoriseerd verkeer, fietsers en voetgangers).



Figuur 95: Versnipperde wijklay-out (links) versus wijklay-out met geoptimaliseerde infrastructuur (rechts)

Kwantitatieve en kwalitatieve impact

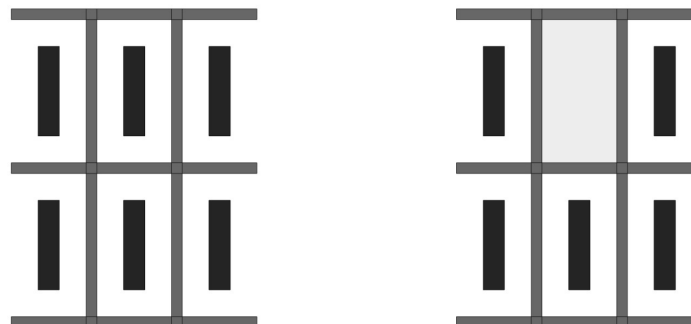
Vergeleken met de versnipperde wijklay-out, zorgt de geoptimaliseerde variant voor een reductie van de hoeveelheid infrastructuur met financiële en milieuwinsten tot gevolg. Indien er financiële en milieudata voor de verschillende infrastructuuronderdelen beschikbaar zijn, kunnen deze winsten berekend worden op basis van de ratio's van de verschillende types wegen (uitgedrukt in m weg/ m² woonoppervlakte).

Wat de kwalitatieve impact betreft, resulteert de geoptimaliseerde wijklay-out in een hogere leefkwaliteit door de beperking van het autoverkeer en de aanwezigheid van kwalitatieve groene ruimtes.

3.4.2.3 Criterium 2: Polyvalente ruimtes

Abstracte voorstelling

De impact van een polyvalente ruimte kan voorgesteld worden op basis van een wijklay-out waarbij één van de percelen onbebouwd wordt gelaten (zie Figuur 96). Dit open perceel kan dan als publieke ruimte aangelegd worden en voor verschillende activiteiten gebruikt worden.



Figuur 96: Volgebouwde wijklay-out (links) versus wijklay-out met open polyvalente ruimte (rechts)

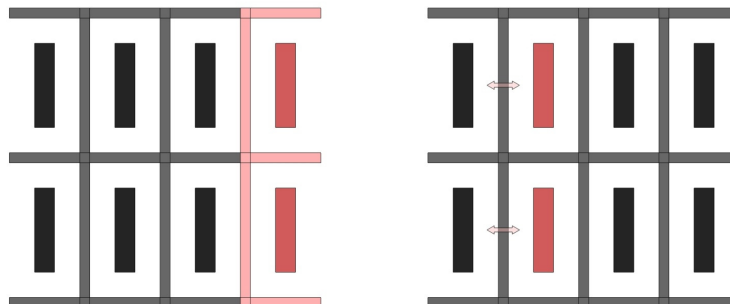
Kwantitatieve en kwalitatieve impact

Dit criterium impliceert een afweging tussen kwalitatieve en kwantitatieve impact. Langs de ene kant, zorgt de variant met polyvalente open ruimte voor een stijging van de leefkwaliteit (multi-inzetbaarheid van de publieke ruimte en bijdrage tot een levendige buurt). Langs de andere kant resulteert deze wijklay-out in een stijging van de hoeveelheid open ruimte en een daling van de opleverbare woonoppervlakte met een stijging van de financiële en milieukosten tot gevolg. Deze kostenstijging kan op basis van de ratio's voor de open ruimte (uitgedrukt in m² open ruimte/ m² woonoppervlakte) en de weginfrastructuur (uitgedrukt in [m] weg/ [m²] woonoppervlakte) geëvalueerd worden. Op basis van de resultaten kan afgewogen worden of de bijkomende kosten te verantwoorden zijn t.o.v de stijging in leefkwaliteit.

3.4.2.4 Criterium 3: Aanpasbaarheid op lange termijn

Abstracte voorstelling

De aanpasbaarheid op lange termijn wordt geïllustreerd op basis van de inbreidingsmogelijkheden. Hierbij worden de volgende twee varianten geanalyseerd (zie Figuur 97): een wijklay-out zonder inbreidingsmogelijkheid (waarbij latere ontwikkelingen een uitbreiding aan de grens van de wijk impliceren) en een variant met een aantal openstaande percelen (met het oog op toekomstige inbreidingen).



Figuur 97: Statische wijklay-out (links) versus wijklay-out met inbreidingsmogelijkheden (rechts). De toekomstige ingrepen worden in het rood aangeduid

Kwantitatieve en kwalitatieve impact

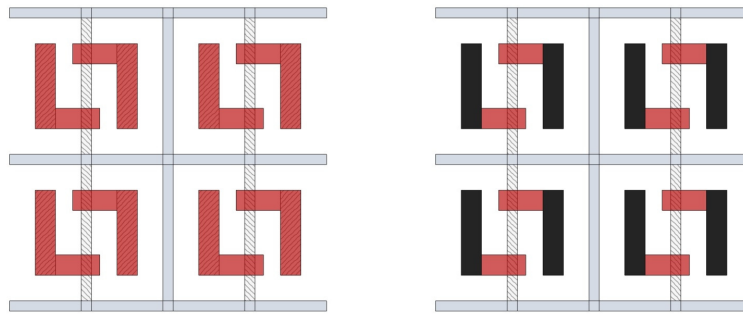
Zoals bij het vorige criterium moet hier een afweging gebeuren tussen kwalitatieve en kwantitatieve impact. Zo resulteert de variant met inbreidingsmogelijkheden in bijkomende infrastructuur en open ruimte vanaf de eerste fase van de levenscyclus. Vergeleken met de basisvariant, waarbij de nodige infrastructuur samen met de toekomstige gebouwen wordt opgetrokken, betekent dit een toename van de financiële en milieukosten. Dit kan berekend worden op basis van de ratio's voor de open ruimte (uitgedrukt in m^2 open ruimte/ m^2 woonoppervlakte) en de weginfrastructuur (uitgedrukt in m weg/ m^2 woonoppervlakte), met een opsplitsing in twee levenscyclusfasen (voor en na de inbreiding).

Op kwalitatief vlak, kan de variant met inbreidingsmogelijkheden echter de voorkeur genieten omwille van de mogelijkheid om een uitbreiding te realiseren in de buurt van een bestaand gebouw (Bij functies met variërende ruimtelijke noden zoals scholen kan dit een meerwaarde hebben). Deze gebruikskwaliteit zal dus afgewogen moeten worden t.o.v. de bijkomende financiële en milieukosten.

3.4.2.5 Criterium 4: Hergebruik

Abstracte voorstelling

Het hergebruik van bestaande wijkonderdelen wordt geëvalueerd aan de hand van twee ontwerpvoorstellen met dezelfde ruimtelijke configuratie (bouwblokken met semi-private binnentuinen, zoals voorgesteld in het stedenbouwkundig plan voor de Gandhiwijk): een nieuwbouwvoorstel en een alternatief waarbij de bestaande gebouwen behouden worden (zie Figuur 98).



Figuur 98: Nieuwbouwwijk (links) versus hergebruik en integratie van bestaande gebouwen (rechts). De nieuwe gebouwen worden in het rood aangeduid

Kwantitatieve en kwalitatieve impact

Vergeleken met het nieuwbouwvoorstel, zorgt het behoud van de bestaande gebouwen voor een beperking van de afbraak- en nieuwbouwwerken en dus voor mogelijke financiële en milieuwinsten. Deze winsten kunnen geschat worden op basis van de ratio's van de bouwelementen die afgebroken, verbouwd of nieuwgebouwd worden.

Naast de kwantitatieve impact kunnen ook kwaliteiten verbonden worden met het hergebruik van de bestaande gebouwen zoals een eventuele patrimoniumwaarde. Daarnaast zijn er ook mogelijke nadelen zoals het aanvaarden van een aantal minder gunstige randvoorwaarden (bv: de oriëntatie en structuur van de bestaande gebouwen).

3.4.3 Conclusies

Uit de doorlichting van het wijkniveau is gebleken dat het stedenbouwkundig plan voor de Gandhiwijk op een positieve manier beantwoordt aan een aantal van de opgestelde evaluatiecriteria. Vooral criteria met een kwalitatieve impact zoals de integratie van polyvalente ruimten en de omgang met diversiteit kunnen naar voren worden gebracht. Ook de aandacht voor de ruimtelijke structuur en de beperking van de infrastructuur zijn belangrijke aspecten. Toch werd er te weinig onderzoek gevoerd naar de mogelijkheden om de bestaande appartementsgebouwen aan de zuidkant te renoveren. Dit omvangrijk patrimonium vormt een belangrijke bron van materialen en biedt dus potenties voor hergebruik.

Verder werd er ook aangetoond dat het levenscyclusgebaseerde evaluatiekader, mits extra onderzoek, perfect toepasbaar is op de wijkschaal. Hoewel er geen gedetailleerde LCA- en LCC- berekeningen werden uitgevoerd, is het te voorspellen dat vooral de wijklay-out een belangrijke invloed kan hebben op de financiële en milieukosten (de wijklay-out is bepalend voor de compactheid van de gebouwen maar ook voor de hoeveelheid infrastructuur). Daarbij zou ook een levenscyclusanalyse van het hergebruik van de bestaande gebouwen meer duidelijkheid brengen over de mogelijke financiële en milieuwinsten van deze optie.

4 Aanbevelingen

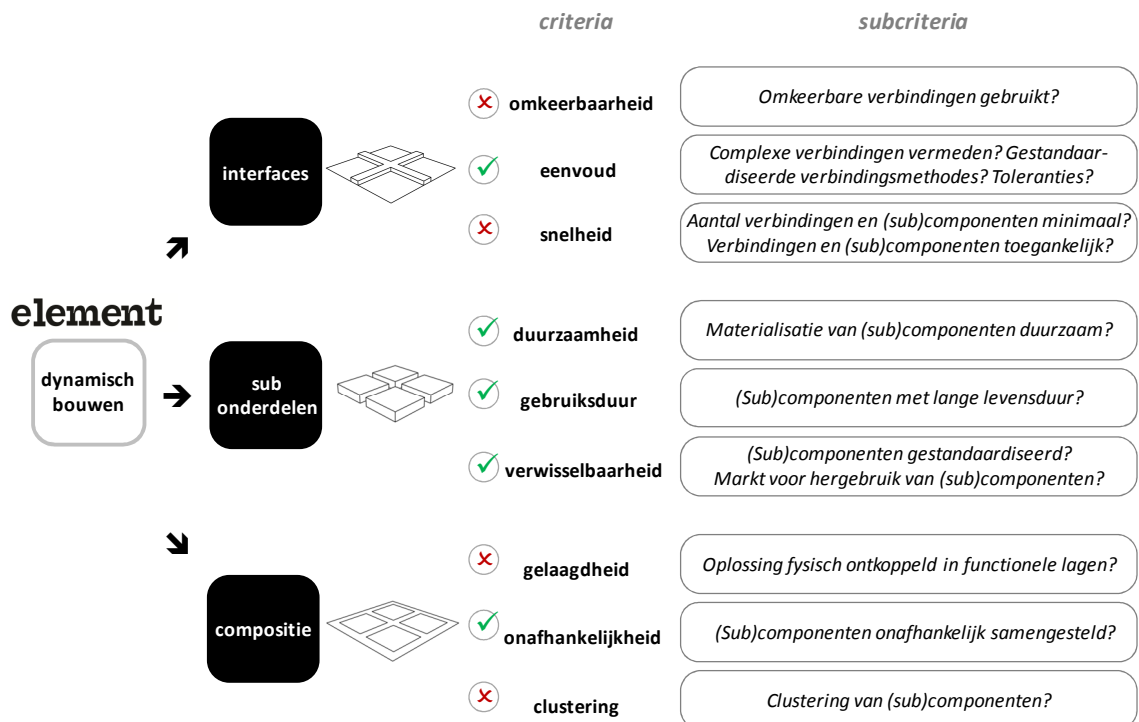
4.1 Specifieke ontwerpaanbevelingen

In dit rapport werden in Hoofdstuk 2 evaluatiecriteria opgesteld omtrent het dynamisch bouwen binnen het ontwerp van residentiële gebouwen voor het element- (i.e. verticale elementen zoals gevels en scheidingswanden), gebouw- en wijkniveau. Daarnaast werd in dit hoofdstuk een duurzaamheidsevaluatiekader opgesteld gebaseerd op levenscyclusanalyse om de financiële en milieugerelateerde voor- en nadelen van deze dynamische ontwerpbenadering in kaart te kunnen brengen.

Deze beide evaluatie-instrumenten werden vervolgens toegepast in Hoofdstuk 3 voor het nieuwbouwontwerp van Perceel 1 op de Gandhiwijk te Mechelen - met een gedetailleerde bespreking voor de drie ontwerpniveaus. Hieronder volgt een korte samenvatting van de conclusies van de analyse in het derde hoofdstuk.

4.1.1 Elementniveau

Figuur 99 geeft het overzicht van de evaluatie op elementniveau, toegepast op de verticale elementen van het nieuwbouwontwerp op Perceel 1. In alle gebouwen zijn zowel voor de buitengevel als voor de scheidingswanden metselwerk als bouwmethode toegepast (cf. baksteengevels en gemetste woningscheidende en binnenwanden). De analyse - volgens de opgestelde evaluatiecriteria - brengt een aantal gebreken van deze bouwmethode aan het licht in het kader van dynamisch bouwen.



Figuur 99: Evaluatie op elementniveau toegepast voor het ontwerp van de verticale elementen op Perceel 1 van de Gandhiwijk

Ten eerste vormt de omkeerbaarheid in gemetste oplossingen een groot struikelpunt wanneer belangrijke aanpassingen vereist zijn binnen gebouwen, zoals bijv. een herindeling van wooneenheden of een toekomstige uitbreiding van het gebouw langs de gevel. Daarenboven zorgt de huidige toegepaste metselverbinding (nl. cementmortel) ervoor dat gemetste bakstenen/bouwblokken niet gerecupereerd kunnen worden uit het bouwpuin (in tegenstelling tot kalkmortel die in vroegere bouwperiodes toegepast werd).

Ook op vlak van bouwsnelheid zijn nog verbeteringen mogelijk: door het gebruik van kleine componenten, de benodigde droogtijd, en de weersafhankelijkheid kan metselwerk de bouwwerken vertragen in vergelijking met andere bouwmethoden. *Droogbouw*wand- en geveloplossingen bieden in dit verband alternatieven die snel en eenvoudig opgebouwd kunnen worden⁴⁵. Deze oplossingen bezitten bovendien ook een grotere gelaagdheid dan metselwerkwanden/gevels waardoor het tijdens de levenscyclus van het gebouw mogelijk is om functionele sublagen van deze gebouwelementen (zoals bijv. thermische isolatie, afwerkingslaag, of technische leidingen) te actualiseren in het licht van evoluerende gebouwvereisten.

De volgende aanbevelingen kunnen daarom geformuleerd worden:

- De omkeerbaarheid van gebouwelementen met de optie tot hergebruik van de samenstellende componenten kan verhoogd worden door bouwmethodes toe te passen die gebruik maken van (droge) omkeerbare verbindingen (als alternatief op metselwerk). Droogbouwoplossingen die vandaag op de markt zijn voor scheidingswanden passen een droge verbinding toe, maar de afwerking en de materiaalkeuze zorgen ervoor dat bij verwijdering van deze wanden nog steeds destructief te werk gegaan moet worden (zonder recuperatie van bouwcomponenten). Voor de buitengevel bestaan er echter wel al oplossingen op de markt die een grote omkeerbaarheid van de verschillende gevellagen toelaten (met recuperatie van gevelcomponenten), zoals besproken in §3.2.2.3. Door de hogere gelaagdheid van bijv. geventileerde buitengevels waarbij demonteerbare gevelpanelen tegen aluminium rails bevestigd worden, kunnen individuele sublagen hernieuwd/verbeterd/aangepast worden (bijv. de isolatielaag) zonder daarvoor de andere lagen definitief te moeten verwijderen.
- Op vlak van bouwsnelheid bieden droogbouwoplossingen een alternatief voor metselwerk dat het (ver)bouwproces kan versnellen, voor de gebouwelementen die geen deel uitmaken van de draagstructuur van gebouwen. Binnen de context van sociale huisvesting - waar het versnellen van het renovatie- of nieuwbouwproces een belangrijke meerwaarde betekent – dient ook verder beroep gedaan worden op bouwmethoden die gericht zijn naar preassemblage van gebouwelementen. Het voorzien van een snellere (de)montage van de gevel en de binneninrichting tijdens renovatie en nieuwbouw kan helpen een antwoord te bieden op het ongemak bij (sociale) huurders en de wachtlijsten waarmee sociale huisvestingsmaatschappijen geconfronteerd zijn. Clustering van subcomponenten voorafgaand aan de bouwwerf kan hier mede antwoord op bieden.

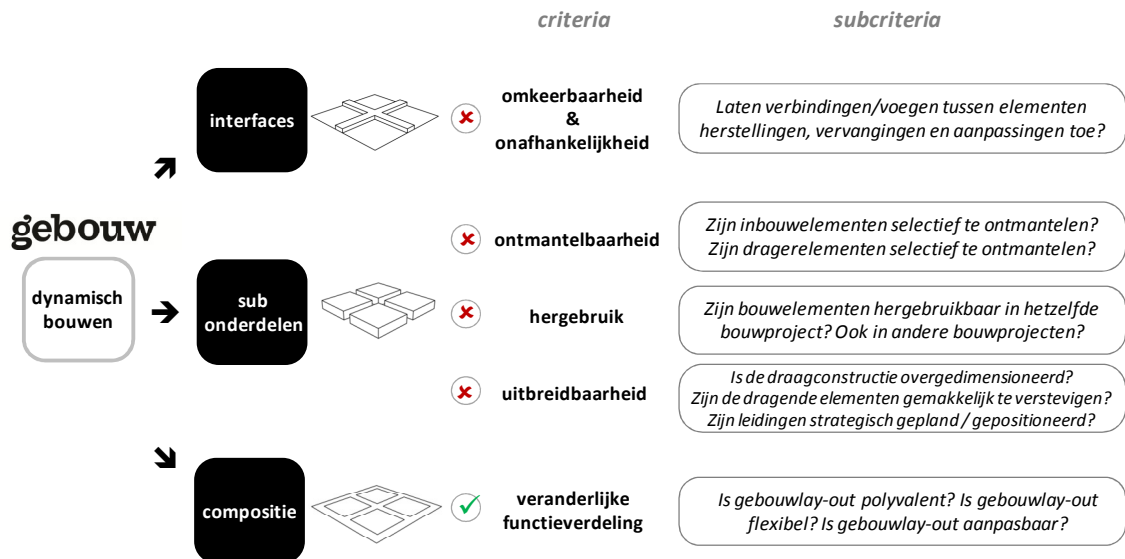
4.1.2 Gebouwniveau

Een overzicht van de evaluatie van het dynamisch ontwerpgehalte van de gebouwen van Perceel 1 wordt gegeven in Figuur 100. Hieruit blijkt dat er voldoende werd nagedacht over het gebouwconcept en de planschikking (veranderlijke functieverdeling). Zo biedt de rationele planlay-out, met aandacht voor clustering en flexibiliteit, diverse mogelijkheden qua herindeling en functiewijziging. Daarentegen scoort het gekozen traditionele bouwsysteem (dragende wanden uit snelbouwstenen in combinatie met breedplaatvloeren) slecht op alle criteria met betrekking tot de interfaces en subonderdelen. Dit bouwsysteem kan daarom een belemmering vormen voor toekomstige evoluerende noden waarvoor grootschalige aanpassingen nodig zijn. Daarom kunnen de volgende twee hoofdaanbevelingen geformuleerd worden:

- De flexibiliteit van de draagstructuur kan verhoogd worden door doordacht aanpasbare gebouwelementen te integreren binnen een flexibele skeletstructuur. Een skeletstructuur biedt meer voordelen op vlak van herindeling van het plan van de wooneenheden (met ondermeer grotere ontwerpvrijheid tijdens toekomstige renovatie-ingrepen) dan een draagstructuur met dragende wanden die het grondplan indeelt in identieke gebouwsegmenten. De focus voor het toepassen van een dynamische ontwerpbenadering ligt op de gebouwelementen die een hoge behoefte aan verandering kennen over hun levensduur. Dit wordt bepaald op basis van representatieve verbouwingsscenario's voor de verschillende woningtypes in het gebouw.

⁴⁵ Hierbij dient uiteraard opgemerkt te worden dat de keuze tussen metselwerk en droogbouw ook afhangt van de (bouw)technische functie die de gebouwelementen vervullen in het beschouwde gebouw.

- Een gerichte toepassing van dynamische oplossingen is te overwegen voor de binnenwanden met een hogere graad van verandering (opnieuw gebaseerd op representatieve verbouwingsscenario's voor de verschillende woningtypes). Vanuit een milieu- en financiële levenscyclusbenadering is een gecombineerde toepassing van metselwerkwallen enerzijds, en droogbouw- en dynamische wanden anderzijds aan te raden, voor de binnenwanden met respectievelijk een lage en een hoge vraag naar aanpassing binnen de plannen van Perceel 1.

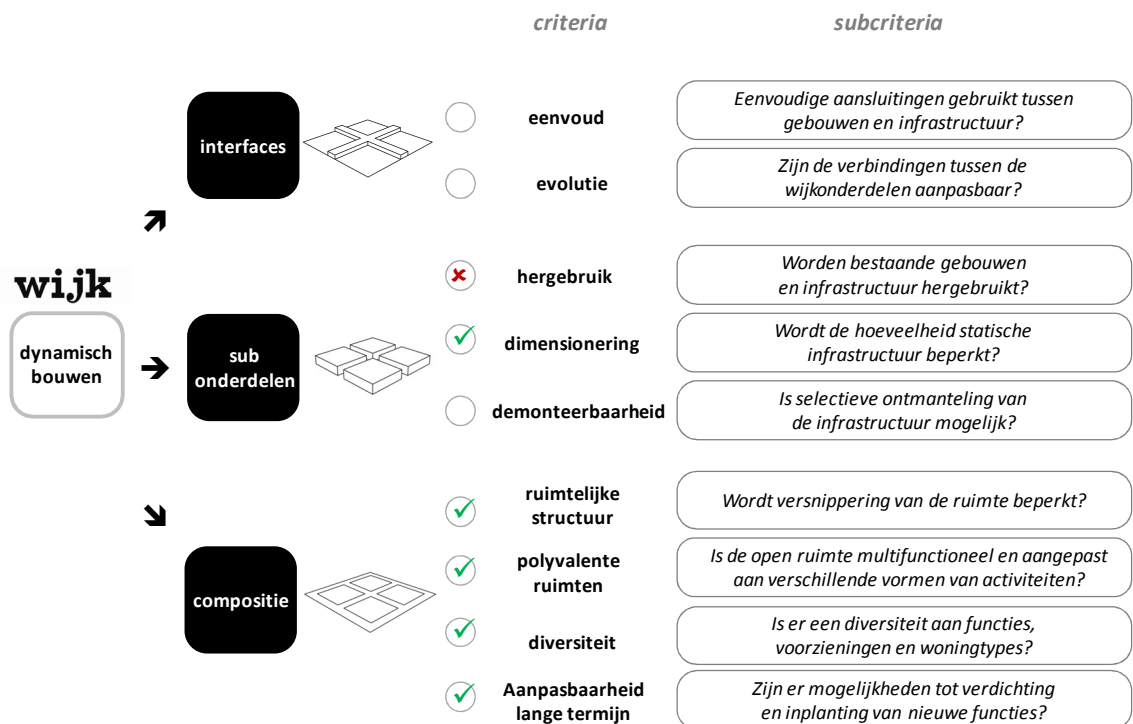


Figuur 100: Evaluatie op gebouwniveau toegepast voor het ontwerp van Perceel 1 van de Gandhiwijk

4.1.3 Wijkniveau

Een overzicht van de evaluatie van het dynamisch ontwerpgehalte van de Gandhiwijk wordt gegeven in Figuur 101. Het stedenbouwkundig plan beantwoordt aan verschillende evaluatiecriteria, vooral met betrekking tot de compositie. Zo werd er veel aandacht besteed aan de ruimtelijke structuur, de integratie van polyvalente ruimten en de omgang met diversiteit. Daarentegen zijn alle aspecten met betrekking tot de interfaces en subonderdelen minder uitgewerkt en ontbreekt er op dit moment nog informatie voor een volledige evaluatie. Wel kunnen een aantal hoofdaanbevelingen geformuleerd worden:

- De bestaande appartementsgebouwen aan de zuidkant omvatten een groot aantal waardevolle materialen die hun technische levensduur nog niet bereikt hebben. Gezien de beslissing om deze bestaande gebouwen af te breken, zou de haalbaarheid van het hergebruik van bestaande gebouwonderdelen en materialen in de nieuwe gebouwen bestudeerd moeten worden.
- De heraanleg van de wegeninfrastructuur aan de zuidkant biedt mogelijkheden voor de integratie van dynamische infrastructuuronderdelen. Er zou bijvoorbeeld kunnen gezocht worden naar aanpasbare en demontabele systemen voor wegbedekkingen.
- In functie van de gewenste graad van aanpasbaarheid op lange termijn zouden mogelijke toekomstscenario's in kaart moeten gebracht worden, zodat gepaste maatregelen kunnen genomen worden met betrekking tot de verandering van de infrastructuur en de wijklay-out.



Figuur 101: Evaluatie op wijkniveau toegepast op de Gandhiwijk⁴⁶

4.2 Algemene ontwerpaanbevelingen

Uit de resultaten van de analyse die uitgevoerd werd voor de case study kunnen ook lessen getrokken worden voor het ontwerp van andere (residentiële) gebouwen. In dit rapport werd gefocust op een voorbeeld binnen sociale huisvesting, maar sommige conclusies zijn evenzeer geldig voor de algemene residentiële woningbouwsector.

Om tot evenwichtige en voordelige dynamische bouwoplossingen te komen, is het noodzakelijk dat bouwheren, architecten en ingenieurs gezamenlijk de handen in elkaar slaan en binnen elk project bestuderen hoe de voordelen van een dynamische ontwerpbenadering het best kunnen ingezet worden. Er kunnen reeds een aantal algemene ontwerpaanbevelingen geformuleerd worden die tot belangrijke voordelen kunnen leiden in het kader van een duurzaam materiaalbeheer over de volledige levenscyclus van gebouwen.

4.2.1 Elementniveau

Op element- (en component-⁴⁷) niveau dient de discipline van ontwerper opgedeeld te worden in twee families: enerzijds architecten, ingenieurs en studiebureaus – waarbij het element in relatie staat met het gebouw – en anderzijds bouwproducenten – waarbij het element in relatie staat met bouwproducten en –systemen op de markt.

4.2.1.1 Architecten, ingenieurs en studiebureaus

Bepaling van aanpassingsfrequentie per element

Voor elk nieuwbouw- of renovatieproject is het aan te raden een evaluatie te maken van de typische aanpassingsfrequentie van elk gebouwelement. Zo volgt uit een dynamische benadering op het gebouwniveau (zie volgende paragraaf) dat specifieke gebouwelementen typisch een hogere aanpassingsfrequentie vragen dan andere. Zo kunnen bijv. een aantal binnenwanden in een wooneenheid een grotere vraag naar toekomstige wijziging hebben dan

⁴⁶ Over de niet-ingevulde velden op deze figuur is er te weinig informatie om een verdere uitspraak te doen.

⁴⁷ Elementen zijn bijvoorbeeld de gebouwgevel, de draagstructuur, de gebouwindeling; componenten zijn de samenstellende onderdelen van deze gebouwelementen.

andere. Eens scenario's zijn opgesteld voor de aanpassingsfrequentie van de verschillende gebouwelementen, dan kan een keuze gemaakt worden inzake de graad van dynamisch ontwerpgehalte dat toegepast dient te worden.

Omkeerbaarheid, onafhankelijkheid en hergebruik voor elementen met een hoge aanpassingsfrequentie

Voor gebouwelementen met een hoge aanpassingsfrequentie dient een ontwerpvoorstel gemaakt te worden met enerzijds een hoge graad van omkeerbaarheid en anderzijds gebruik makende van herbruikbare componenten, waar mogelijk. Voor gebouwelementen met een hoge nood aan onderhoud en aanpassing tijdens de gebouwlevenscyclus kan de hogere instapprijs en de hogere initiële milieu-impact immers omgezet worden in belangrijke financiële en milieuwinsten op lange termijn. De omkeerbaarheid en onafhankelijkheid bevordert enerzijds de eenvoud van ontmanteling en anderzijds het sorteren van bouwmaterialen ten voordele van hoogwaardige recyclage omwille van niet-destructieve slooptechnieken. Wanneer daarenboven aandacht besteed wordt aan een geschikte keuze van duurzame bouwcomponenten (die slijtvastheid en meervoudig gebruik garanderen), dan kan bovendien ook hergebruik van de componenten voor dezelfde of een alternatieve toepassing plaatsvinden.

Ontwerpen van duurzame dynamische elementoplossingen op basis van bestaande producten

Momenteel is de residentiële bouwmarkt (nog) schaars aan duurzame dynamische bouwoplossingen voor elk elementtype. Voor buitengevels bestaan reeds een aantal geschikte dynamische bouwoplossingen op de markt die eenvoudig omkeerbaar zijn en die hergebruik toelaten van verschillende gevellen (zie § 3.2.1.2). Daarbij dient de voorkeur gegeven te worden aan componenten met laag onderhoud, een lange technische levensduur en een hoog potentieel voor hergebruik (idealerweise gecombineerd met een lage initiële kostprijs en lage milieu-impact). Voor scheidingswanden zijn architecten echter nog steeds aangewezen op droogbouwoplossingen als meest dynamisch bouwsysteem op de huidige markt. Verder onderzoek en ontwikkeling binnen dit productdomein is daarom ook nodig (zie verder). Het blijft dan ook de taak van de architect- en studiebureaus om zelf dynamische elementoplossingen te ontwerpen en samen te stellen, op basis van de bouwproducten die momenteel op de markt aanwezig zijn.

Standaardisatie van verbindingstechnieken en bouwcomponenten

Bij het ontwerpen van dynamische elementoplossingen dienen architecten en studiebureaus voorkeur te geven aan eenvoudige en *gestandaardiseerde* verbindingstechnieken en bouwcomponenten (zie §2.3.2.2 en §2.3.2.3) om selectieve ontmanteling te optimaliseren en toekomstig hergebruik te bevorderen.

Preassemblage

Het stimuleren van (*gedeeltelijke*) *preassemblage* biedt belangrijke voordelen op het financiële, technische en sociale vlak. Ten eerste wordt het bouwproces aanzienlijk verkort waardoor het ongemak en de kosten gerelateerd aan een lang (ver)bouwproces verlaagd worden. Dit is zeker het geval voor sociale huisvesting. Daarnaast zorgt preassemblage van bouwcomponenten onder fabrieksomstandigheden voor een bijkomende kwaliteitscontrole van de producten en een belangrijke daling van de montagekosten, waardoor eveneens de kostprijs van het bouwproces kan worden verminderd. Daarom is het belangrijk dat ontwerpers preassemblage van gebouwelementen toe te passen waar mogelijk, en dat zij het ontwerp hiervan combineren met de overige principes van dynamisch bouwen.

4.2.1.2 Bouw materiaal- en bouwsysteemproducenten

Systeemdenken en levenscyclusdenken

Er dient verder geïnnoveerd te worden binnen de *systeemontwikkeling* en *productontwikkeling* van enerzijds nieuwe dynamische bouwsystemen, en anderzijds nieuwe bouwmaterialen. Nieuwe *systeemoplossingen* dienen ontwikkeld te worden waarbij de samenstelling van bouwelementen (bijv. wanden/gevels) gezamenlijk wordt ontworpen vanuit een levenscyclusvisie van de samenstellende onderdelen. Daarnaast is er ook nood aan de verdere ontwikkeling van

bouwmaterialen/componenten die zowel herbruikbaar zijn als lage milieukosten en financiële kosten hebben. Het huidige aanbod van bouwcomponenten van bijv. herbruikbare beplatingsmaterialen die tegelijk een lage kostprijs en milieu-impact bezitten, dient verder uitgebreid te worden om dynamische bouwoplossingen te kunnen ontwerpen die financieel kunnen concurreren met de courante droogbouw- en metselwerkoplossingen en daarnaast geen nefaste milieu-effecten genereren.

Hybride gebouwelementoplossingen

De verdere ontwikkeling van hybride oplossingen (i.e. combinatie van statisch en dynamisch) is op korte termijn haalbaar en kan financieel en/of ecologisch voordeliger zijn dan een volledig ontmantelbare en herbruikbare samenstelling van gebouwelementen. Voorbeelden hiervan worden gegeven in § 3.2.2.1 en § 3.2.2.3. Uit de evaluatie op elementniveau blijkt dat traditionele bouwoplossingen zoals metselwerk die gekenmerkt wordt door een lage financiële kostprijs en een lage milieu-impact geïntegreerd kunnen worden in innovatieve dynamisch oplossingen, zoals een opgehangen demontebaar gevelsysteem.

4.2.2 Gebouwniveau

Belang van het gebouwconcept

Ontwerpers moeten eerst aandacht besteden aan een planschikking die meerdere gebruiksmogelijkheden in zich draagt, rekening houdend met de volgende aspecten:

- Polyvalentie van de ruimten;
- Clustering/opsplitsing van ruimten, technieken en circulatie;
- Polyvalentie en ombouwbaarheid van de draagstructuur.

In tweede instantie moet er gedacht worden aan de integratie van dynamische elementoplossingen.

Gebruik van hybride oplossingen

Zoals blijkt uit de resultaten van de LCC/LCA evaluatie is een algemene toepassing van dynamische oplossingen niet altijd interessant. Vaak kunnen hybride oplossingen (= combinatie van 'statische' en 'dynamische' oplossingen) voordelig zijn, ondermeer door:

- een combinatie van statische en dynamische elementoplossingen naargelang de graad van verandering (bijv. dynamische elementoplossingen enkel toepassen voor de binnenwanden met een hoge aanpassingsfrequentie);
- een combinatie van dragende wanden en skeletelementen.

Uitwerking van toekomstscenario's

Ontwerpers worden aangespoord om samen met de bouwheer realistische toekomstscenario's uit te werken om de technische en ruimtelijke implicaties te kunnen integreren in hun ontwerp. Typische scenario's die in overweging genomen kunnen worden:

- Interne herindeling van een wooneenheid;
- Herindeling over verschillende wooneenheden;
- Functiewijziging;
- Uitbreidingsmogelijkheden.

4.2.3 Wijkniveau

Belang van de wijklay-out

De ruimtelijke structuur en wijklay-out hebben een belangrijke invloed op de toekomstmogelijkheden van de infrastructuur en de gebouwen. Zo worden in- en uitbreidingsmogelijkheden van gebouwen mede bepaald door ruimtelijke beslissingen op wijkniveau. Deze ruimtelijke aspecten verdienen dus bijzondere aandacht bij de opmaak van een stedenbouwkundig plan.

Hergebruik van wijkcomponenten

Veel stadsvernieuwingprojecten vertrekken van een situatie met bestaande gebouwen en infrastructuur. Er is dus een groot potentieel voor hergebruik dat, met oog op een duurzaam materialenbeheer, per stadsvernieuwingproject beter onderzocht zou moeten worden. Er kan enerzijds onderzocht worden welke gebouwen en wijkinfrastructuur integraal en deels behouden kunnen worden. Anderzijds kan men ook bekijken welke bouwcomponenten en bouwmaterialen rechtstreeks hergebruikt kunnen worden op dezelfde site.

Dynamische oplossingen voor wijkinfrastructuren

Infrastructuuronderdelen worden vandaag vooral met statische oplossingen gebouwd met, in geval van herstellingen en aanpassingen, belangrijke afbraakwerken tot gevolg. In tegenstelling tot gebouwelementen, zijn er op dit moment weinig voorbeelden van dynamische oplossingen voor infrastructuuronderdelen, zoals wegen en rioleringen. Dit zou dus verder onderzocht moeten worden (bijvoorbeeld: leidingensleuven met een afdekplaat onder het voetpad die eenvoudig weg te nemen is bij aanpassingen).

4.3 Beleidsaanbevelingen

De Vlaamse overheid kan een uiteenlopende rol spelen voor wat betreft het ontwikkelen van innovatieve en duurzame (bouw)oplossingen. In het algemeen wordt een onderscheid gemaakt tussen een dwingende rol, zoals wetgeving en aanbestedingen, een stimulerende rol, zoals subsidies en fiscale aftrek, en een sensibiliserende of informerende rol, zoals het communiceren over het thema en het sturen van participatie tussen verschillende stakeholders.

Daar de voor- en nadelen van dynamische bouwoplossingen op sociaal/individueel, financieel/economisch en ecologisch vlak contextgevoelig zijn en dus nog vrijwel ongekend zijn, is het (nog) niet mogelijk om een uitspraak te doen over wanneer en op welke wijze de Vlaamse overheid dergelijke oplossingen dient te ondersteunen en/of in welke situaties een dwingende rol moet aangenomen worden. Verder onderzoek en nieuwe ontwikkelingen moeten dit echter in de nabije toekomst toelaten.

Onderstaande beleidsaanbevelingen duiden in eerste instantie op een verdere analyserende rol en daarnaast ook meer op een sensibiliserende en informatieve rol van (verscheidene) overheidsactoren. Er wordt onderscheid gemaakt tussen algemene en specifieke aanbevelingen per overheidsactor.

4.3.1 Algemene beleidsaanbevelingen

4.3.1.1 Opbouw van gemeenschappelijk denkkader rond duurzame dynamische bouwpraktijken

Zoals eerder aangegeven in § 2.2 omvat het thema “dynamisch (ver)bouwen” vaktermen die meerdere interpretaties toelaten en/of slecht gekend zijn door bouwprofessionals, bouwheren en lokale/regionale overheden. Het is dan ook belangrijk om een gemeenschappelijke ‘taal’ te ontwikkelen die bruikbaar is voor alle genoemde actoren.

Daarnaast zijn de beweegredenen tot “dynamisch (ver)bouwen” vaak uiteenlopend, zoals het inspelen op:

- evolutief verhogen van comfort;
- betaalbaar (ver)bouwen;
- optimaal (her)gebruik van grondstoffen/bouwcomponenten;
- verlengen van de levensduur van gebouwen en bouwcomponenten;
- toegankelijkheid van gebouwen (bijv. meegroeiwonen en levenslang wonen).

Daarom is het belangrijk om mogelijke voordelen en potentiële valkuilen van dynamisch (ver)bouwen in kaart te brengen. De Vlaamse overheid kan een sturende en/of een deelnemende rol spelen in het opstellen van een denkkader rond “Dynamisch (ver)bouwen” om een gemeenschappelijke taal te ontwikkelen, te informeren over de mogelijke voordelen en valkuilen en het opstellen van verschillende transitiepaden naar een duurzame dynamische bouwpraktijk.

4.3.1.2 Verspreiden van informatie omtrent goede (en slechte) praktijken

Zoals beschreven doorheen hoofdstuk 2 bestaan er tal van voorbeelden van “dynamisch (ver)bouwen” op element, gebouw- en wijkniveau. De Vlaamse overheid kan – tesamen met sectororganisaties en kennisinstellingen – meehelpen aan het verspreiden van goede en het informeren over slechte praktijken om bouwprofessionals en bouwheren deze (vaak) innovatieve bouwconcepten te helpen ontdekken. Hierbij is een transparante en objectieve beschrijving van technische, financiële en milieugerelateerde kenmerken en kwaliteiten per oplossing belangrijk, alsook een situering van de context (bijv. situering binnen de wetgeving van een land) zodat een integrale duurzaamheidsevaluatie kan gemaakt worden en vergelijking met de statische bouwalternatieven mogelijk wordt.

4.3.1.3 Informeren van bouwheren over kwalitatieve meerwaarde van dynamisch (ver)bouwen

Bouwheren (zowel particulieren, projectontwikkelaars als overheidsdiensten) zijn weinig of niet op de hoogte van de mogelijke kwalitatieve meerwaarde van dynamisch (ver)bouwen. Het informeren hiervan kan geschieden via verschillende kanalen:

- algemene informatie via website(s), brochures, infokranten en andere vormen van toegankelijke publicaties;
- gerichte informatie via info-loket, info-telefoonlijn en gespecialiseerd bouwadvies.

Advies aan particulieren rond duurzaam bouwen wordt ondermeer verstrekt via provinciale steunpunten⁴⁸ “duurzaam bouwen en wonen” in Vlaanderen en via de Stadswinkel in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (www.curbain.be/nl). Dergelijke bestaande initiatieven kunnen bijdragen tot het verspreiden van kwalitatieve en technische informatie met betrekking tot (duurzaam) dynamisch (ver)bouwen.

4.3.1.4 Sensibiliseren van bouwprofessionals, lokaal beleid en financiële instellingen

De regionale overheden kunnen zich – in partnerschap met bouw- en infocentra – tevens toespitsen op het voeren van campagnes naar bouwprofessionals toe (architecten, aannemers, studie bureau's) rond het opvolgen van de huidige bouwproblematiek (meer specifiek: wat zijn de gevolgen van de huidige statische bouwpraktijk op betaalbaarheid, milieu, comfort?) en mogelijke (dynamische) ontwerp- en bouwpraktijken die dit kunnen verhelpen.

Anderzijds hebben onderwijsinstellingen een belangrijke rol bij het opleiden van nieuwe en bestaande bouwprofessionals, zoals architecten, ingenieur-architecten, opdrachtgevers, bouwproducenten en aannemers (nieuwbouw, renovatie, demontage/afbraak).

Niet alleen bouwprofessionals dienen gesensibiliseerd te worden, maar ook enerzijds lokale besturen en infocentra, zodat zij particulieren en overheidsopdrachtgevers beter kunnen informeren (cf. “train-the-trainer”) en financiële instellingen opdat zij hun kredietformules kunnen aanpassen aan betaalbare en duurzame bouwpraktijken. Zo zouden banken tegemoet moeten komen aan de behoefte aan voordelige kredieten nodig voor duurzame gebouwen - die meegroeien met de gebruiker en de technologische vooruitgang (bijv. ten aanzien van een verbeterde energie-efficiëntie).

Voorbeeldgebouwen binnen de publieke sector

Wanneer het aankomt op het stimuleren van de marktvraag, kunnen openbare instanties een belangrijke rol spelen via het zogenaamde ‘duurzaam aanbesteden’. Regionale en lokale overheden kunnen dan ook het ‘goede voorbeeld’ geven door hun eigen gebouwen (zowel nieuwbouw als bestaande) te (her)ontwerpen en te (ver)bouwen volgens een duurzame dynamische benadering. Hierbij is het belangrijk dat de principes rond “dynamisch (ver)bouwen” ingezet worden om de drie (gekende) pijlers van duurzame ontwikkeling – maatschappij, milieu en economie (People, Planet, Profit) - te ondersteunen en aan te vullen met de vierde (minder gekende) pijler, i.e. de tijd (Process).

⁴⁸ Een lijst van alle provinciale steunpunten is te vinden via <http://do.vlaanderen.be/beleid/vlaams-beleid/vlaamse-strategie-duurzame-ontwikkeling/transitie-wonen-en-bouwen/provinciale-s>

4.3.1.5 Juridische en financiële ruimte laten voor innovatie/experimenteren

Gelet op de beperkte aanwezigheid van dynamische (ver)bouwoplossingen in de bouwwereld, is er de noodzaak om al doende te leren, te experimenteren en te innoveren. Vaak staan juridische bepalingen dit echter in de weg, zoals wetgeving met betrekking tot ruimtelijke ordening die tijdelijke en veranderlijke bouwpraktijken verhinderen, of de selectie van bouwoplossingen met de laagste investeringsprijs bij publieke aanbestedingen. Gezien dergelijke praktijken innovatieremmend zijn, dient er dan ook de nodige juridische en financiële ruimte gecreëerd te worden om de uitvoering van (tijdelijke) innovatieve bouwexperimenten plaats te laten vinden.

4.3.1.6 Coördineren van ontwerprichtlijnen en regelgeving

Sociale woningen, sociale assistentiewoningen of erkende dagverblijven hebben ieder hun specifieke ontwerprichtlijnen en regelgeving. Als ontwerper (en bouwheer) is het vaak een zware opgave te achterhalen welke (ontwerp)eisen van toepassing zijn voor het invullen van bepaalde gebouwfuncties. Dit wordt tevens bemoeilijkt wanneer gebouwfuncties veranderen in de loop van de levensduur van het gebouw. Het wordt dan ook aanbevolen om ontwerpaanbevelingen en juridische eisen inzake publieke woon- en zorgfuncties op elkaar te laten afstemmen en via de meest gepaste media te communiceren (bijv. publieke bestekken via erkende websites). Dit betekent echter niet dat de coördinatie van ontwerprichtlijnen en juridische eisen moet leiden tot standaard-gebouwoplossingen. In het tegendeel, het geheel moet leiden tot meer creativiteit en innovatie.

4.3.1.7 Stimuleren van verdere onderzoeks- en ontwikkelingspistes

De overheid kan ook een bepalende factor zijn bij het aanreiken van (bijkomende) onderzoeksstudies die enerzijds het belang en het (toepassingsgericht) gebruik van dynamisch (ver)bouwen verder in detail onderzoeken en anderzijds verder bepalen hoe het beleid kan inspelen op dit bouwparadigma. Er kan ook aanvullend gedacht worden aan het gericht stimuleren van innovatieve bouwontwikkelingen door publiek-private financiering, zoals gebeurde in Nederland tussen 1998 en 2005 bij het opzetten van het IFD-programma (i.e. Industrieel Flexibel en Demontabel Bouwen).

4.3.2 Specifieke beleidsaanbevelingen naar de OVAM

4.3.2.1 Uitwerking van de bouwmaterialenmethodiek voor dynamische bouwoplossingen

Aan de OVAM wordt aanbeveeld om de bouwmaterialenmethodiek – i.e. Milieugerelateerde Materiaalprestatie van Gebouw(element)en - verder te (laten) ontwikkelen zodanig dat ook dynamische en statische gebouwelementvarianten op een objectieve en transparante manier vergeleken kunnen worden - zowel op basis van milieu-impact (cf. milieukosten) als op basis van financiële kosten over de gehele levenscyclus van het gebouw(element). Enerzijds dienen dynamische bouwoplossingen toegevoegd te worden aan de bestaande elementendatabank. Anderzijds moet de bepalingsmethode de nodige aanpassingen ondergaan, zoals het integreren van de netto milieu- en financiële winsten/lasten gerelateerd aan een verhoogd hergebruik- en recyclagepotentieel. De verdere uitwerking is zowel van toepassing op nieuwbouw als renovatie van gebouwen.

4.3.2.2 Integrerende rol omtrent duurzaam dynamisch (ver)bouwen binnen transitiearena “DuWoBo” en “Plan C”

Gelet op haar rol in het verbeteren van het duurzaam materialenbeheer in de bouwwereld, bezit de OVAM reeds een sturende en participerende rol in zowel de transitiearena rond Duurzaam Wonen en Bouwen (DuWoBo) als de arena rond duurzaam materialenbeheer (Plan C). Door haar aanwezigheid in beide arena's kan de OVAM een integrerende rol opnemen in het opzetten van meerdere transversale transitie-experimenten rond duurzaam dynamisch (ver)bouwen.

4.3.2.3 Scenario-analyse van milieuwinsten en -lasten ten aanzien van duurzaam materiaalbeheer door integratie van duurzaam dynamisch (ver)bouwen binnen Vlaanderen

De OVAM kan tevens een trekkersrol aannemen bij het (laten) opstellen van toekomstscenario's waarbij de mogelijke milieuwinsten- en/of lasten ten gevolge van een dynamische ontwerpbenadering binnen het Vlaams gebouwenpatrimonium in kaart gebracht worden. Zo kunnen verschillende realistische scenario's worden afgetekend ten opzichte van een 'business-as-usual' trend (i.e. een hoofdzakelijk statische bouwpraktijk). Een mogelijke optie is om de wijzigingen op vlak van de in- en uitstroom van materialen in Vlaanderen te analyseren over de komende decennia. Anderzijds kan men vanuit deze macro-analyse ook de gerelateerde milieuwinsten en -lasten over de levenscycli van gebouwen bepalen - samen met de financiële winsten en lasten.

Dergelijke analyses zullen noodzakelijk zijn voor het opstellen van toekomstige richtlijnen voor het beperken van materiaalgerelateerde milieu-impact van zowel nieuwbouw als bestaande gebouwen, zonder de betaalbaarheid van de verscheidene bouwprocessen uit het oog te verliezen.

4.3.3 Specifieke beleidsaanbevelingen naar het Vlaams gebouwbeleid

4.3.3.1 Opname van gebruiksvriendelijke evaluatiecriteria rond duurzaam (en) dynamisch (ver)bouwen binnen de Vlaamse Duurzaamheidskaders

De evaluatie van dynamisch (ver)bouwen in bestaande duurzaamheidsinstrumenten is momenteel beperkt. Het evaluatiekader opgesteld in deze studie kan als onderlegger dienen bij de herziening van menig duurzaamheidskader.

Aan het Vlaams departement LNE wordt gevraagd om werk te maken van gebruiksvriendelijke criteria bij het evalueren van het dynamisch gehalte van gebouwen (en wijken) en het formuleren van aanbevelingen binnen de Vlaamse Maatstaf "Duurzame woningbouw" (en het te ontwikkelen instrument rond "Duurzame Wijken"). Zo kunnen kwaliteiten zoals de aanpasbaarheid, polyvalentie en flexibiliteit van gebouwen, maar ook het hergebruik van bouwcomponenten beter in kaart gebracht worden. De nodige aandacht dient gevestigd te worden op het feit dat sommige kwaliteiten kunnen overlappen en dat een kwantitatieve evaluatiemethode op basis van een levenscyclusbenadering – indien mogelijk - de voorkeur geniet.

Dergelijke aanbevelingen zijn ook bruikbaar ten aanzien van duurzaamheidsinstrumenten voor andere gebouwfuncties, zoals:

- het instrument voor duurzame scholenbouw "Naar een Inspirende Leeromgeving" van AGIO en het gemeenschapsonderwijs (GO!);
- de handleiding "Waardering van kantoorgebouwen" opgesteld door LNE;
- het Belgisch Referentieel (Ref-B) voor zowel woon- als kantoorgebouwen gefinancierd door de drie Gewesten.

4.3.3.2 Opname van ontwerp- en evaluatiecriteria rond duurzaam dynamisch (ver)bouwen binnen architectuurwedstrijden

Het ontwerpen en evalueren van bouwprojecten met een (semi-)publieke functie dient te beantwoorden aan duidelijke eisen ten aanzien van toegankelijkheid, functionele aanpasbaarheid, duurzaam materiaalbeheer e.a. In dit opzicht wordt er gevraagd om naast publieke aanbestedingen (zie aanbeveling nr. 0) ook werk te maken van duidelijke ontwerp- en evaluatiecriteria tijdens architectuurwedstrijden – ondermeer de Open Oproep van de Vlaams Bouwmeester – rond dynamisch (ver)bouwen die tegemoet komen aan de integrale duurzaamheid van projecten.

4.3.4 Specifieke beleidsaanbevelingen naar de VMSW

4.3.4.1 Kritische analyse van het Vlaams sociaalwoonpatrimonium

Een belangrijke rol is weggelegd voor de VMSW om een kritische analyse van het Vlaams sociaalwoonpatrimonium uit te voeren ten aanzien van:

- de technische en functionele levensduur van haar woningen;
- scenario's omtrent veranderd gebruik (bijv. door gezinsuitbreiding/vermindering);
- de evoluerende demografische samenstelling van de sociale bewoners (leeftijd, leefgewoonten, origine, etc.).

Dergelijke gegevens zijn noodzakelijk om het evaluatiekader voorgesteld in § 2.4 te verbeteren en toe te passen op het gehele Vlaams sociaal woonpatrimonium gezien zij het gebruiksscenario beïnvloeden.

Opname van gebruiksvriendelijk ontwerpmaatregelen rond duurzaam dynamisch (ver)bouwen in heruitgave van C2008-bestek

Kwalitatieve en kwantitatieve resultaten vanuit de kritische analyse voorgesteld in aanbeveling nr. 4.3.4.1 kunnen gebruikt worden om meer aandacht te besteden aan dynamisch (ver)bouwen binnen een heruitgave van het huidige C2008-bestek voor ontwerpers. Dergelijke ontwerpmaatregelen kunnen tevens gebruikt worden in architectuurwedstrijden, zoals bijvoorbeeld de Open Oproep georganiseerd door de Vlaams Bouwmeester (zie aanbeveling nr. 4.3.3.2).

4.4 Verder onderzoek

Tijdens deze onderzoeksstudie voor OVAM zijn een aantal onderzoekspistes aan het licht gekomen die het onderwerp kunnen vormen van verder onderzoek. Deze bijkomende onderzoekspistes worden hieronder kort besproken.

4.4.1.1 Verdere uitbouw van ontwerprichtlijnen (aanpak en strategie)

De evaluatiecriteria omtrent “dynamisch bouwen” opgesteld in § 2.3 kunnen gelezen worden als ontwerprichtlijnen die toegepast kunnen worden binnen de woningbouw (zie § 4.1). Veel ontwerpcriteria gelden ook voor andere gebouw/wijkfuncties en andere contexttoepassingen (bijv. publiek versus privaat). Er wordt aanbevolen om na te gaan welke ontwerprichtlijnen algemeen toepasbaar zijn en welke specifiek zijn per toepassing. Dit zal leiden tot een verdere uitbouw van ontwerprichtlijnen voor gebouwen en wijken met een andere of gemengde functie zoals kantoor, woonzorg, scholen, winkels, recreatie en industrie. Ontwerprichtlijnen voor dynamisch (ver)bouwen moeten steeds samen beschouwd worden met andere technische en functionele vereisten die het element, het gebouw of de wijk kenmerken.

4.4.1.2 Verdere uitbouw van integrale duurzaamheidsevaluatie

In Hoofdstuk 2 van dit rapport werd een methodologie voor duurzaamheidsevaluatie beschreven. Hierbij werden zowel de evaluatiecriteria met betrekking tot dynamisch (ver)bouwen op element-, gebouw- en wijkniveau, als de toetsing op basis van levenscycluskosten en levenscyclusmilieu-impact besproken. Verdere inspanningen moeten geleverd worden om:

- de evaluatiecriteria toegankelijk te maken voor zowel experts als leken;
- de kwantitatieve levenscyclusbenadering dient afgewogen te worden tegen een volledige kwaliteitsanalyse;
- de evaluatiemethodologie te vertalen opdat deze gemakkelijk in te passen zou zijn in bestaande en nieuwe duurzaamheidsinstrumenten.

Een integrale duurzaamheidsevaluatie is gewenst, waarbij alle evaluatiecriteria bekeken worden vanuit een zelfde levenscyclusbenadering (gebaseerd op LCA en LCC) en kwaliteitsanalyse (bijvoorbeeld op basis van multi-criteria-analyse). Dit wil dan ook zeggen dat aspecten rond dynamisch (ver)bouwen tesamen geëvalueerd zullen worden met andere

duurzaamheidsaspecten, bijvoorbeeld op vlak van materiaal- en energie-efficiëntie, waterbeheer, mobiliteit en beheer, vervat in een consequente LCA-aanpak.

4.4.1.3 Toepassing van de ontwikkelde evaluatiemethodologie op meerdere cases

Om een representatief beeld te scheppen van de stand-van-zaken van het huidig (en te realiseren) woonpatrimonium, wordt er aanbevolen om de evaluatiemethode toe te passen op meerdere cases. Dit kan gebeuren op een ad-hoc-basis. Typologisch onderzoek (zowel op gebouw- als wijkniveau) kan echter tot snellere en meer gestructureerde resultaten leiden. Hierbij wordt het Vlaams woonpatrimonium onderverdeeld in verschillende representatieve gebouwtypes, bijvoorbeeld op basis van morfologie (zoals alleenstaand, 3 gevels, 2 gevels, appartement.) en bouwperiode. Voor iedere woningtype wordt dan een representatieve en gedetailleerde invulling gedaan van de elementenopbouw (inclusief technische installaties). Een gelijkaardige werkwijze is geldig voor andere gebouwfuncties en wijken. Op deze manier kan men via een beperkt aantal representatieve cases onderbouwde besluiten trekken over het duurzaam en dynamisch (ge)bouwgehalte van het Vlaams gebouwpatrimonium. Een aanzet werd hier reeds gedaan binnen het SuFiQuaD-onderzoek tussen 2007 en 2011 (Allacker et al. 2011).

Bijlage 1. Lijst van tabellen

Tabel 1: Verschillende interpretaties van de term “aanpasbaarheid”	11
Tabel 2: Vergelijkende studie van enkele veel gebruikte verbindingswijzen in de bouwwereld (op basis van Morgan et al. 2005)	18
Tabel 3: Principieel voorbeeld van afhankelijkheid van aanliggende paneeloplossingen (Paduart 2012)	22
Tabel 4: Relatie tussen het appartementstype en de mogelijkheid tot interne en externe uitbreidingsmogelijkheden (Paduart 2012)	28
Tabel 5: Samenstelling van geëvalueerde (niet-dragende) binnenwanden (BiW)	49
Tabel 6: Samenstelling van geëvalueerde niet-dragende woningscheidende wanden (WoW) .	54
Tabel 7: Samenstelling van geanalyseerde buitengevels (BuG)	55
Tabel 8: Scenario 1: Omvorming tot erkende assistentiewoningen.....	64
Tabel 9: Scenario 2: Omvorming tot voorziening kinderopvang	66

Bijlage 2. Lijst van figuren

Figuur 1: Impressie van de nieuwe Mahatma Gandhijijk in 2020, respectievelijk voor Perceel 1, 2 en 3 (van boven naar beneden) (Woonpunt Mechelen 2012)	8
Figuur 2: Illustratie van de “Shearing layers of change”, waarbij iedere “laag” een stijgende vervangingsfrequentie heeft (van buiten naar binnen): van roerende zaken, interieur, technische installaties, bouwschil, draagconstructie tot de site (Brand 1995).....	10
Figuur 3: Literatuuroverzicht van verschillende termen rond “aanpasbaarheid” (Schmidt et al. 2010)	12
Figuur 4: Renovatie van de Van Nelle-fabriek in Rotterdam waarbij er handig gebruik gemaakt wordt van de open planopdeling (http://dyanvanputten.blogspot.be/2012/05/van-nelle.html)	13
Figuur 5: Overzicht van enkele flexibele binnenwandoplossingen: (a) plooIWanden (b) wegneembare wanden (c) draai/schuifwanden en (d) schuif/rolwanden.....	14
Figuur 6: Voorbeeld van ‘drager-inbouwprincipe’ op gebouwniveau: de drager (hier: draagconstructie) leidt tot polyvalent gebruik, en de inbouw (hier: binnenwanden) leidt tot flexibel of aanpasbaar gebruik (gebaseerd op (De Troyer 2002))	15
Figuur 7: Bespreking van evaluatiecriteria voor dynamisch bouwaspecten op elk schaalniveau (wijk, gebouw, gebouwelement) volgens indeling in ‘interfaces’, ‘subonderdelen’ en ‘compositie’	16
Figuur 8: Omkeerbare versus onomkeerbare verbindingen	18
Figuur 9: Toepassingen van eenvoudige gestandaardiseerde assemblage- en verbindingstechnieken	19
Figuur 10: Duurzaamheid van bouwcomponenten	20
Figuur 11: Keukenunit gebaseerd op fractaal grid (OpenStructures)	20
Figuur 12: Scenarios voor de gelaagdheid van bouwoplossingen voor gevels van gebouwen .	21
Figuur 13: Voorbeeld van afhankelijkheid van wandpanelen (Faay wanden)	22
Figuur 14: Voorbeelden van gepreassembleerde en geprefabriceerde geveldelen.....	23
Figuur 15: Criteria van het dynamisch ontwerpgehalte op elementniveau	23
Figuur 16: Tegenstelling tussen gesloten bouwsysteem en open bouwsystemen / open systeembouw (gebaseerd op De Troyer (2001))	25
Figuur 17: De uitbreidbare draagconstructie van het Centre Pompidou te Parijs	26
Figuur 18: Illustratief overzicht van verscheidene voorbeelden om rekening te houden met de positionering van technische leidingen in vloeren (Debacker et al. 2007).....	26
Figuur 19: Vanuit het standpunt van uitbreidbaarheid en veranderlijke functieverdeling gaat de voorkeur uit naar een geclusterde verdeling van de technische leidingen – hier: verticaal (Paduart 2012)	27
Figuur 20: Relatie tussen het circulatietype en het draagconstructietype ten aanzien van een polyvalent of flexibel bouwlay-out (Paduart 2012)	28
Figuur 21: ‘Cellophane House’ van Kieran Timberlake: (links) in opbouw en (rechts) als tijdelijke configuratie.....	29
Figuur 22: Een voorbeeld van een sanitaire cel die aangepast kan worden voor een rolstoelbehoevende (www.wtcb.be)	29
Figuur 23: Criteria van het dynamisch ontwerpgehalte op gebouwniveau	30
Figuur 24: Versnipperde ruimtelijke structuur (www.vai.be) versus de compacte stad (www.wikipedia.org)	31

Figuur 25: Park Spoor Noord (www.agstadsplanning.be)	31
Figuur 26: Monofunctionele woningbouwwijk (Clichy-sous-bois, www.europe1.fr) versus diversiteit in de stad (www.erfgoedcelgent.be)	31
Figuur 27: Stadsinbreiding Diepenbeek (De Gouden Liniaal Architecten en Diliën Architecten – www.architectura.be)	32
Figuur 28: Schoolgebouw in Braine l'Alleud – Hergebruik van een bestaand gebouw (Atelier d'Architecture Alain Richard – www.aa-ar.be)	32
Figuur 29: Groene parkeerstroken langs een rijweg (www.tonn.nl)	33
Figuur 30: Demontage en hergebruik van porfieren ("Materialen recupereren en recycleren"- Praktische Handleiding voor het ontwerpen van de openbare ruimten van duurzame wijken" – BIM).....	33
Figuur 31: Complexe aansluiting op de riolering (www.goen.be)	33
Figuur 32: Verschillende vormen van terreinafsluitingen: de statische tuinmuur (www.wikipedia.org – www.aquasilver.nl) versus het mobiele hekwerk (www.aquasilver.nl)	34
Figuur 33: Overzicht evaluatiecriteria op wijkniveau.....	34
Figuur 34: Structuur duurzaamheidsevaluatie SuFiQuaD project	35
Figuur 35: Levenscyclusbenadering in gebouwen (Paduart 2012).....	35
Figuur 36: Elementenmethode en schaalniveaus.....	36
Figuur 37: Levensduurscenario's op 3 niveaus: gebouw, element en component.....	37
Figuur 38: Verticale gebouwelementen in gebouw 1 (Perceel 1 - Gandhiwijk)	40
Figuur 39: Evaluatie van het dynamisch ontwerpgehalte van metselwerk gebouwelementen ..	40
Figuur 40: Wand uit bouwblokken met omkeerbare verbindingen (Q-Brick systeem).....	41
Figuur 41: Baksteengevel gebruik makende van omkeerbare verbindingen tussen de bakstenen (Clickbrick).....	41
Figuur 42: Metselwerk versus droogbouw binnenwanden.....	42
Figuur 43: Varianten van geventileerde gevelsystemen betreffende verbindingwijze en type gevelpaneel (Paduart 2012).....	43
Figuur 44: Gyproc Cable Stud	44
Figuur 45: Geventileerde buitengevel met baksteenfineer (Corium)	44
Figuur 46: Samengestelde prefab wandpanelen voor woningen (Faay)	45
Figuur 47: Prefab gevelpanelen op de werf van U-residence op campus Oefenplein (Elsene) van de Vrije Universiteit Brussel (VUB)	45
Figuur 48: Gepreassembleerde baksteenpanelen (Wienerberger en Leebrick)	46
Figuur 49: Overgang van statische naar dynamische bouwoplossingen (Paduart 2012)	47
Figuur 50: Dynamisch ontwerp van binnenwanden gebaseerd op opbergssystemen met aandacht voor de opgestelde evaluatiecriteria omtrent dynamisch bouwen op elementniveau (Paduart 2012).....	47
Figuur 51: Dynamisch ontwerp van binnenwanden en hun montage als gepreassembleerd wandpaneel (Paduart 2012).....	48
Figuur 52: Dynamisch ontwerp van buitengevel (Paduart 2012).....	48
Figuur 53: Traditionele gemetste baksteengevel versus dynamisch ontwerp van bakstenen buitengevel (Paduart 2012).....	48

Figuur 54: Overzicht van de initiële milieukosten (IE) en de levenscyclusmilieukosten (LCE) van binnenwanden voor 4 gebouwscenario's	50
Figuur 55: Invloed van de technische levensduur van subcomponenten op de milieulevenscycluskosten (LCE) in gebouwscenario BiW (0-60, 15)	51
Figuur 56: Overzicht van de initiële financiële kosten (IF) en de financiële levenscycluskosten (LCF) van binnenwanden voor 4 gebouwscenario's	52
Figuur 57: Preassemblage van dynamische wandpanelen die op de bouwwerf worden afgewerkt	52
Figuur 58: Invloed van clustering van subcomponenten op de financiële levenscycluskosten (LCF) in gebouwscenario BiW (0-60,15)	53
Figuur 59: Overzicht van de initiële milieukosten (IE) en de levenscyclusmilieukosten (LCE) van woningscheidende wanden voor 3 gebouwscenario's	54
Figuur 60: Overzicht van de initiële financiële kosten (IF) en de financiële levenscycluskosten (LCF) van woningscheidende wanden voor 3 gebouwscenario's	55
Figuur 61: Overzicht van de initiële milieukosten (IE) en de levenscyclusmilieukosten (LCE) van gevels voor 2 gebouwscenario's voor thermische gevel-upgrade	56
Figuur 62: Overzicht van de initiële financiële kosten (IF) en de financiële levenscycluskosten (LCF) van gevels voor twee gebouwscenario's voor thermische gevel-upgrade	57
Figuur 63: Snede gebouw A (Perceel 1 - Gandhiwijk)	59
Figuur 64: Voorbeelden van omkeerbare verbindingen voor binnenwanden (Paduart 2012)	60
Figuur 65: Analyse van de gebouweigenschappen m.b.t de draagstructuur, circulatie en installaties (Perceel 1 - Gandhiwijk)	60
Figuur 66: Flexibiliteit van verschillende draagsystemen (Paduart 2012)	60
Figuur 67: Uitbreidingsmogelijkheden in een gebouw (FEBE, WTCB, KULeuven)	61
Figuur 68: Polyvalent-flexibiliteit van de gebouwlay-out (typewoningen gebouw A en B - Perceel 1 - Gandhiwijk)	62
Figuur 69: Omvorming van een tweekamerappartement naar een éénkamerappartement (typewoningen gebouw A en B - Perceel 1 - Gandhiwijk)	62
Figuur 70: Omvorming van tweekamerappartement naar een éénkamerappartement en een driekamerappartement (typewoningen gebouw A en B - Perceel 1 - Gandhiwijk)	63
Figuur 71: Aanpasbaarheid aan rolstoelgebruikers (Typewoningen gebouw A en B - Perceel 1 - Gandhiwijk)	66
Figuur 72: Geselecteerde casestudy voor de levenscyclusevaluatie op gebouwniveau (typewoning gebouw B - Perceel 1 - Gandhiwijk)	67
Figuur 73: Verbouwingsingrepen in scenario 1 (Typewoning gebouw B - Perceel 1 - Gandhiwijk)	68
Figuur 74: Wandenscenario's in scenario 1 (Typewoning gebouw B - Perceel 1 - Gandhiwijk)	68
Figuur 75: Overzicht van de initiële milieukosten (IE) en de levenscyclusmilieukosten (LCE) van scenario 1 voor simulaties met 1 of 2 wandtypes.	69
Figuur 76: Overzicht van de initiële financiële kosten (IF) en de financiële levenscycluskosten (LCF) van scenario 1 voor simulaties met 1 of 2 wandtypes.	70
Figuur 77: Verbouwingsingrepen in scenario 2 (Typewoning gebouw B - Perceel 1 - Gandhiwijk)	70
Figuur 78: Wandenscenario's in scenario 2 (Typewoning gebouw B - Perceel 1 - Gandhiwijk)	71
Figuur 79: Overzicht van de initiële milieukosten (IE) en de levenscyclusmilieukosten (LCE) van scenario 2 voor simulaties met 1 of 2 wandtypes.	71

Figuur 80: Overzicht van de initiële financiële kosten (IF) en de financiële levenscycluskosten (LCF) van scenario 2 voor simulaties met 1 of 2 wandtypes.	72
Figuur 81: Verbouwingsingrepen in scenario 3 (Typewoning gebouw B - Perceel 1 - Gandhiwijk).....	72
Figuur 82: Wandenscenario's in scenario 3 (Typewoning gebouw B - Perceel 1 - Gandhiwijk)	73
Figuur 83: Overzicht van de initiële milieukosten (IE) en de levenscyclusmilieukosten (LCE) van scenario 3 voor simulaties met 1 of 2 wandtypes.	73
Figuur 84: Overzicht van de initiële financiële kosten (IF) en de financiële levenscycluskosten (LCF) van scenario 3 voor simulaties met 1 of 2 wandtypes.	74
Figuur 85: Gandhiwijk – knelpunten bestaande wijk (Omgeving cvba)	75
Figuur 86: Gandhiwijk – concepten voor de verbetering van de ruimtelijke samenhang: verwijderen overbodige infrastructuur (links), vijf wooneilanden en continuïteit publiek domein (midden) en punctuele ingrepen (rechts), (Omgeving cvba).....	75
Figuur 87: Gandhiwijk – bestaande recreatieve structuur (Omgeving cvba)	76
Figuur 88: Masterplan Gandhiwijk – parkzones (Omgeving cvba)	76
Figuur 89: Gandhiwijk – aanwezige functies (Omgeving cvba)	77
Figuur 90: Gandhiwijk – concepten diversiteit: lokale voorzieningen (links), ontmoetingsplaatsen op alle schaalniveaus (midden) en variatie creëren (rechts)	77
Figuur 91: Gandhiwijk – ingrepen stedenbouwkundig ontwerp (de nieuwe gebouwen worden in het donkergrijs aangeduid, (Omgeving cvba)	78
Figuur 92: Gandhiwijk – afbraak bestaande wijkonderdelen (Omgeving cvba).....	79
Figuur 93: Renovatie van de gebouwen van de Modelwijk in Laken (www.vermat.be)	79
Figuur 94: Gandhiwijk – Mahatma Gandhistraat met langsparkeerplaatsen langs beide zijden.....	80
Figuur 95: Versnipperde wijklay-out (links) versus wijklay-out met geoptimaliseerde infrastructuur (rechts)	81
Figuur 96: Volgebouwde wijklay-out (links) versus wijklay-out met open polyvalente ruimte (rechts)	81
Figuur 97: Statische wijklay-out (links) versus wijklay-out met inbreidingsmogelijkheden (rechts). De toekomstige ingrepen worden in het rood aangeduid	82
Figuur 98: Nieuwbouwwijk (links) versus hergebruik en integratie van bestaande gebouwen (rechts). De nieuwe gebouwen worden in het rood aangeduid	83
Figuur 99: Evaluatie op elementniveau toegepast voor het ontwerp van de verticale elementen op Perceel 1 van de Gandhiwijk.....	84
Figuur 100: Evaluatie op gebouwniveau toegepast voor het ontwerp van Perceel 1 van de Gandhiwijk.....	86
Figuur 101: Evaluatie op wijkniveau toegepast op de Gandhiwijk.....	87

Bijlage 3. Bibliografie

- Allacker, K. (2010). *Sustainable Building: The Development of an Evaluation Method* (Doctoraatswerk). KUL. Leuven.
- Allacker, K., De Troyer, F., Geerken, T., Debacker, W., Spirinckx, C., Van Dessel, J., Janssen, A., Delem, L. (2011). *Final Report: Sustainability, Financial and Quality Evaluation of Dwelling Types (SuFiQuaD)*. Belgian Science Policy. Via www.belspo.be/belspo/SSD/science/Reports/SuFiQuaD_FinalReport_ML.pdf
- ASPEN. (2009a). *ASPENindex: Nieuwbouw* (edition of June). Antwerp: ASPEN.
- ASPEN. (2009b). *ASPENindex: Onderhoud en ombouw* (edition of June). Antwerp: ASPEN.
- Boekholt, J.T. (1987). *Ontwerpprocessen, ontwerpmethodieken*, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven.
- Brand, S. (1995). *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*. New York: Penguin Books.
- BRE. (2001). *Current Practice and Potential Uses of Prefabrication* (Interim Report). Watford: Building Research Establishment.
- BVBS. (2010). *Technische levensduur van bouwcomponenten voor levenscyclusanalyse van duurzaam bouwen*, via <http://www.nachhaltigesbauen.de>
- CEN (2011). EN 15978 Sustainability assessment of construction works – assessment of environmental performance of buildings – calculation method.
- Debacker, W., Henrotay, C., Paduart, A., Elsen, S., De Wilde, W.P., & Hendrickx, H. (2007). Four-dimensional design: From strategies to cases - generation of fractal grammar for reusing building elements. *International Journal of Ecodynamics*, 2(4), 258-277.
- Debacker W., Paduart A., De Wilde W.P., Hendrickx H. (2007). *Studie herhuisvesting via transitwoningen na onbewoonbaarverklaring en bij grootschalige renovatiewerken - Fase 2: Bouwfysische en bouwtechnische uitwerking*, rapport in opdracht van Vlaams Ministerie van Huisvesting, 58p.
- Debacker, W. (2009). *Design and environmental load assessment of multi-use construction kits for temporary applications based on 4Dimensional Design* (Doctoraatswerk). Vrije Universiteit Brussel.
- Debacker, W., Allacker, K., De Troyer, F., Janssen, A., Delem, L., Peeters, K., De Nocker, L., Spirinckx, C., Van Dessel J. (2012). *Milieugerelateerde Materiaalprestatie van Gebouwelementen - finaal rapport* (in opdracht van de OVAM), via www.ovam.be/jahia/Jahia/pid/2594?lang=null
- Declerck, N. (2004). Belgium: Impact of modernism in a divided country. In R. Turkington, R. van Kempen, F. Wassenberg (Eds.), *High-rise housing in Europe: Current trends and future prospects* (pp. 117-128). Delft: DUP Science
- De Troyer, F. (2002). *Ontwerpgids – Bouwen met prefab beton*, FEBELCEM, Brussel.
- De Troyer, F., *Architectuurkwaliteiten en Maatordening: terugkijken en vooruitblikken*, in Cement, nr. 8, p.18.
- Donker, A.G. (2004) *Prefabricage van geveldelen*, Cement 2004/5.
- Durmisevic, E. (2006). *Transformable Building Structures* (Doctoraatswerk). Delft University of Technology.
- Enter (2009), *Ontwerpgids Meegroeiwonen*, via http://www.entervzw.be/sites/default/files/ontwerpgids_meegroeiwonen.pdf

- Enter, NAV en Vlaamse Overheid (Dienst RWO) (2011), Brochure Meegroeiwonen – Met 40 tips voor een levenslange woning, via http://www.entervzw.be/sites/default/files/brochure_40_tips_meegroeiwonen.pdf
- FEBE, WTCB, KULeuven, IFD – Industrieel Flexibel en Demontabel bouwen, toekomstgericht ontwerpen
- FOD economie, K.M.O., Middenstand en Energie (g.d.). december 2009, via [//statbel.fgov.be/nl/statistieken/cijfers/economie/bouw_industrie/gebouwenpark/index.jsp](http://statbel.fgov.be/nl/statistieken/cijfers/economie/bouw_industrie/gebouwenpark/index.jsp)
- Huffmeijer, F.J.M. (1998). *Levensduur van bouwproducten: praktijkwaarden*. Rotterdam: SBR.
- IDEA Consult (2012), *Aanpasbare, combineerbare en multi-inzetbare infrastructuur in centrumsteden: uitdagingen en knelpunten voor het beleid*, rapport in opdracht van Agentschap voor Binnenlands Bestuur, dienst stedenbeleid.
- KULeuven, VITO, WTCB (2007-2011). *SuFiQuaD - Sustainability, Financial and Quality evaluation of Dwelling types*. FOD Wetenschapsbeleid, Brussel.
- KULeuven, VITO, WTCB (2012). *Milieugerelateerde materiaalprestatie van gebouwelementen*, OVAM, Mechelen.
- Leupen, B. (2006). *Frame and generic space*. Rotterdam: 010 Publishers.
- LNE (2012). *Maatstaf voor Duurzaam Wonen en Bouwen: Duurzame Woningbouw*, versie 4.0, via <http://www.lne.be/themas/duurzaam-bouwen-en-wonen>
- Lommée, T. (2010). *Open Standards: Design for adaption - A new design vocabulary*. Brussels: Intrastructures, via www.intrastructures.net/Intrastructures/Analysis_files/DesignForAdaption_1.pdf
- Morgan, C., Stevenson, F. (2005). *Design and Detailing for Deconstruction*. SEDA Design Guides for Scotland No. 1. Edinburgh: SEDA.
- OMGEVING cvba (2010). *Mahatma Gandhiwijk Mechelen*, stedenbouwkundige studie, eindrapport, Mechelse Goedkope Woning, Mechelen.
- Paduart, A. (2012). *Re-Design for Change: A 4 Dimensional renovation approach towards a dynamic and sustainable building stock* (Doctoraatswerk). VUB. Brussel.
- Rotor vzw (2012). *Etude sur l'analyse du gisement, des flux et des pratiques de prévention et de gestion des déchets de construction et démolition en RBC*, via http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/Etude_dechets_construction_CER_AA_Rotor.pdf
- Schmidt, R., Eguchi, T., Austin S., Gibb A. (2010). *What is the meaning of adaptability in the building industry?*, In proceedings of the CIB 16th International Conference on Open and Sustainable Building, Bilbao, Spain, 17-19 May.
- Smith, R.E. (2010). *Prefab Architecture: A guide to Modular Design and Construction*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- TES. (2009). *TES EnergyFacade – Prefabricated timber based building system for improving the energy efficiency of the building envelope*. Via <http://www.tesenergyfacade.com>
- Vanderleyden, L., Callens, M., & Noppe, J. (2009). *De sociale staat van Vlaanderen 2009*. Brussels: Studiedienst van de Vlaamse Regering.
- Vlaams Parlement. (2012). *Beleidsprioriteiten 2012-2013*. Beleidsbrief – Energie, Stuk 1779/1 (2012-2013) via <http://docs.vlaamsparlement.be/docs/stukken/2012-2013/g1779-1.pdf>
- VMSW (2008). C2008 Concepten voor sociale woningbouw - Leidraad voor bouwheer en ontwerpers, via <http://www.vmsw.be/nl/algemeen/publicatiesoud/c2008>
- Woonpunt Mechelen (2012). *Nieuwsbrief Mahatma Gandhistraat*, oktober 2012, via http://www.mgw.be/downloads/Nieuwsbrief_MAG_blok_oktober.pdf