

# Inzicht in het gebouw Vóór renovatie

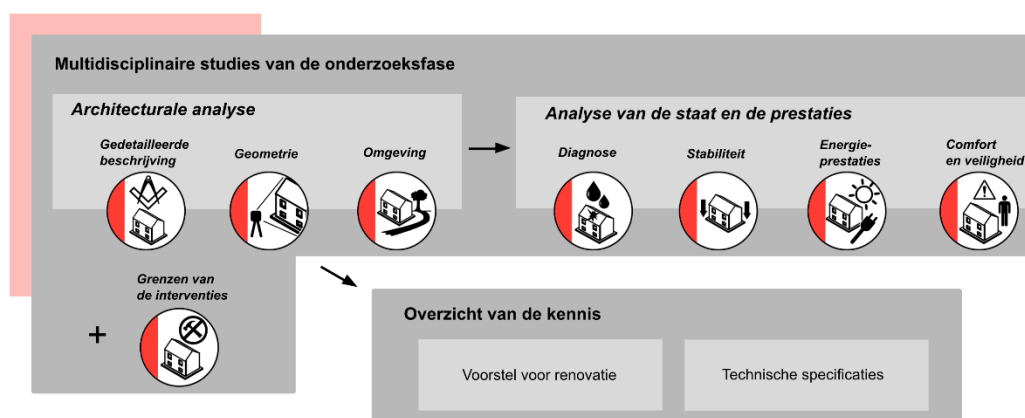
Voorafgaand aan de aanbestedingsfase werd een grondige studie van de huidige staat van het gebouw uitgevoerd door Buildwise en de sociale huisvestingsmaatschappij ABC (OVM: Openbare Vastgoedmaatschappij), die eigenaar is van het gebouw. Er werd een diagnose van het gebouw gemaakt met behulp van onder andere 3D-scantechnieken en meer klassieke thermische analyses. Op basis van deze gegevensverzameling kon een gedetailleerde plaatsbeschrijving worden opgesteld die nuttig was voor de renovatie, en kon ook voorlopig al de prefabricatie-aanpak worden gevalideerd.



## Doel van de voorstudie

Vóór de gunning van de renovatieopdracht aan een consortium, **heeft Buildwise een aantal technische studies uitgevoerd in verband met het appartementsgebouw** dat gerenoveerd moest worden. Het doel van deze studies was tweeledig. In de eerste plaats moest een basis worden gelegd voor de **definitie van de verschillende technische eisen** waaraan de innovatieve oplossing voor de geïndustrialiseerde renovatie (ontwikkeld door het innovatiepartnerschap) moest voldoen. Deze technische eisen hadden bijvoorbeeld betrekking op de brandveiligheid, de bewoonbaarheid tijdens de werkzaamheden, het geïntegreerde ventilatiesysteem en de verankering van de geïndustrialiseerde gevelsystemen. Deze eisen werden uitdrukkelijk opgenomen in de contractuele documenten van de aanbesteding voor een innovatiepartnerschap. Dit waren belangrijke parameters die het kader zouden vormen voor het werk van de kandidaat-consortia voor de renovatie (maar die mogelijk ook hun creatieve marge beperkten). Het tweede doel van de studies bestond erin **een plaatsbeschrijving van het gebouw op te stellen** met betrekking tot zijn staat en zijn prestaties. Alle verzamelde gegevens zouden dan door de consortia kunnen worden gebruikt, zowel om hun onderzoek te sturen als om hen in staat te stellen de toepasbaarheid van bepaalde technische details te beoordelen.

Het team richtte zich eerst op het verkrijgen van een nauwkeurige 3D-weergave van het gebouw met behulp van **innovatieve 3D-meettechnieken**. Deze werden vervolgens gebruikt ter ondersteuning van de algemene diagnose van het gebouw, ter aanvulling van de waarnemingen ter plaatse. Er werden ook meer specifieke meetcampagnes uitgevoerd, zoals thermografieën, luchtdichtheidsproeven en dynamische thermische simulaties. Ter informatie toont Afbeelding 1 de belangrijkste studietypes die relevant zijn voor de beoordeling van de haalbaarheid van een geprefabriceerd renovatiesysteem.



Afbeelding 1. Schema van acties die tijdens de onderzoeksfase moeten worden ondernomen om een geprefabriceerde renovatie voor te bereiden (in het ideale geval)

## Het gebouw

Vooraleer de renovatie aan te vatten, is het nuttig inzicht te krijgen in de historische ontwikkeling van de wijk Kapelleveld, overgenomen van de website *irismonument.be*<sup>1</sup>:

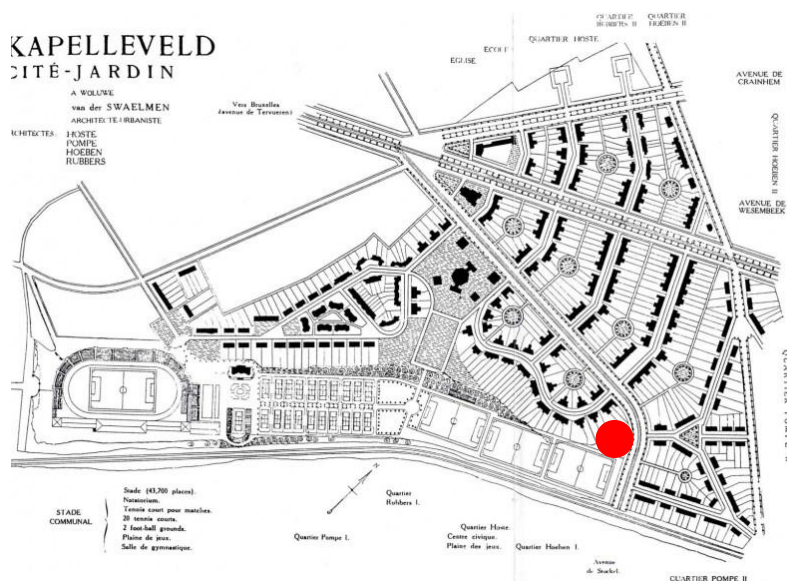
'De wijk Kapelleveld is gelegen in het oostelijke punt van de gemeente Sint-Lambrechts-Woluwe en in het uiterste noordoosten van de gemeente Sint-Pieters-Woluwe. In deze laatste gemeente wordt de wijk in het zuiden begrensd door de lijn van de oude spoorweg van Brussel naar Tervuren. Ze is gelegen tussen de Wezembeeklaan in het noorden, de Grensstraat in het oosten, de Perspectieflaan in het zuiden en de Ideaallaan en de Arthur Andréstraat in het westen. Het gebied wordt in de Gemeenteatlas van 1808 aangeduid als Montagne aux Sols. Tot het begin van de jaren 1920 blijft het volledig onbebouwd.

(...)

De wijk kende verschillende fasen van woningbouw, gespreid over de periode van de jaren 1920 tot de jaren 1970. Deze vonden allemaal plaats in opdracht van de Coöperatieve maatschappij "La Cité-Jardin du Kapelleveld", die later de Coöperatieve maatschappij Kapelleveld werd. De weinige percelen die geen eigendom waren van de maatschappij, werden, voornamelijk in de naoorlogse periode, op initiatief van particulieren bebouwd met gevarieerde woningen: rijtjeshuizen, vrijstaande of halfvrijstaande villa's en appartementsgebouwen.'

Het gebouw aan de Albert Dumontlaan 28-30 maakt dus deel uit van een site waarvan het ontwerp en de bouw in fasen plaatsvond, gespreid over verschillende decennia (Afbeelding 2). Het gebouw is gelegen op het kruispunt van de Albert Dumontlaan en de Venelle de la Spirale, in een woonomgeving die hoofdzakelijk uit appartementsgebouwen van één of twee verdiepingen bestaat.

<sup>1</sup> [http://www.irismonument.be/fonctions/pdf.php?city=Woluwe-Saint-Pierre&street=Cite\\_du\\_Kapelleveld&lg=fr&lg=fr](http://www.irismonument.be/fonctions/pdf.php?city=Woluwe-Saint-Pierre&street=Cite_du_Kapelleveld&lg=fr&lg=fr)



Afbeelding 2. Eerste plannen van de Tuinwijk Kapelleveld

Het gebouw dat hierna 'Dumont 28-30' wordt genoemd, is een woongebouw dat in feite bestaat uit **twee halfvrijstaande eenheden** met een benedenverdieping+2 (Afbeelding 3, Afbeelding 4), die in een symmetrische opstelling tegen elkaar zijn geplaatst. Behalve aan de twee aparte ingangen zal de aandachtige toeschouwer aan de zichtbare centrale voeg in de gevel en het dak zien dat het om twee gebouwen gaat in plaats van om één. Elk van de twee delen is symmetrisch opgebouwd rond een centraal trappenhuis dat door de verschillende appartementen wordt gebruikt. Door het samenvoegen van de twee gebouwen ontstaat een langgerekte vorm; het geheel strekt zich uit over een totale lengte van 35,5 m en een breedte van 8 m. Verderop in dit document wordt het – omwille van de architecturale eenheid – echter als één enkel gebouw beschouwd.

Voor een gebouw van dit type zijn de **verwachte algemene tekortkomingen** op het gebied van energieprestaties en comfort als volgt:

- Slechte algemene prestaties van de gebouwenvolp
- Aanzienlijke luchtinfiltraties
- Koudebruggen in de betonnen vloerplaten
- Een probleem van oververhitting in de zomer
- Slechte kwaliteit van de binnenlucht

Deze aspecten konden worden beoordeeld tijdens de diagnosecampagne die plaatsvond vóór de start van het innovatiepartnerschap (zie **Fiche II**)

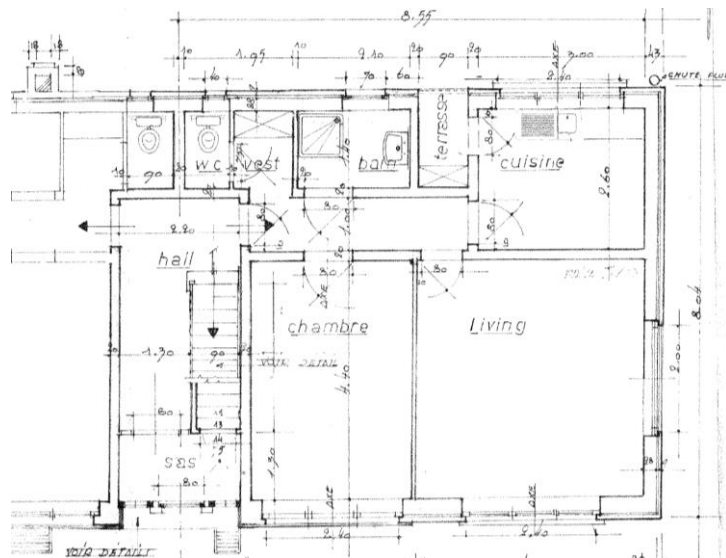


Afbeelding 3. Voorgevel



Afbeelding 4. Achtergevel

In elk van de twee aangrenzende delen bevinden zich 6 appartementen; dus in totaal 12 in het gebouw, en 4 appartementen per verdieping. De ruimtelijke organisatie is symmetrisch rond de centrale hal. Elk appartement beschikt over twee hoofdvertrekken: een grote woonkamer en een slaapkamer. Deze twee vertrekken kijken naar buiten via de voorgevel. Aan de achterkant zijn er telkens twee natte ruimten. De organisatie van de vertrekken van een appartement wordt geïllustreerd in Afbeelding 5.



Afbeelding 5. Ruimtelijke organisatie van een appartement volgens de oorspronkelijke plannen

## Geometrische opmetingen

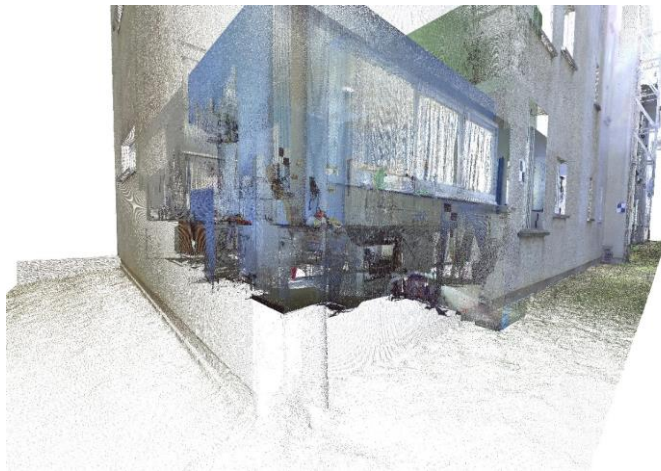
De geometrische opmeting van het gebouw vormde een cruciale eerste stap van de technische studie. We praten hier zelfs over een heuse '3D-digitalisering' van het gebouw, aangezien er een **fotorealistisch virtueel model van werd gemaakt**. De bestanden die dit opleverde, werden zowel gebruikt om de geometrie van het gebouw te bestuderen als om de visuele inspectie op afstand uit te voeren. Het gebouw werd uitgebreid vastgelegd om voortdurende verplaatsingen naar de bouwplaats te vermijden.

Er werden verschillende innovatieve registratiemethoden gebruikt om dimensionale en visuele gegevens te verzamelen, zowel binnen als buiten het gebouw. Het laboratorium "Renovatie & Erfgoed" van Buildwise heeft eerst een **fotogrammetrische opmeting** van de buitenschil van het gebouw uitgevoerd. De principes van deze methode staan gedetailleerd beschreven in de Buildwise-monografie '3D-opmetingen in het BIM-tijdperk - Vastleggen van de realiteit in hoge definitie'<sup>2</sup>. We herinneren eraan dat er software bestaat die een object in 3D kan reconstrueren aan de hand van **een groot aantal foto's en met een hoge mate van overlapping**. In dit geval werden de foto's vanaf de grond genomen, maar ook met behulp van een drone om de bovenste delen van het gebouw in beeld te brengen. Op basis van de vele foto-opnamen creëerde een softwareprogramma een virtueel model van het gebouw met een zeer hoge visuele kwaliteit.

Er werd ook **een 3D-scanner** gebruikt om talrijke puntenwolken te genereren (Afbeelding 6). Opnamen via lasergrammetrie bieden een zeer hoge meetresolutie in combinatie met een zeer hoge nauwkeurigheid. Met deze techniek kunnen dus onregelmatigheden in de constructie worden beoordeeld. Deze informatie is bijvoorbeeld waardevol om de aanpasbaarheid te beoordelen van eventuele prefabpanelen die boven op bestaande muren worden geplaatst. Om deze dataverzameling uit te voeren, moesten 16 statische meetposities binnen en 11 posities buiten worden bepaald. Alle datasets werden op elkaar uitgelijnd met behulp van *targets* die tegen de muren van het gebouw waren aangebracht (Afbeelding 7).

<sup>2</sup> <https://www.buildwise.be/nl/publicaties/innovation-paper/29/>





Afbeelding 6. Puntenwolk gegenereerd door geavanceerde 3D-scanttechnologieën



Afbeelding 7. Targets aan de buitenkant van het gebouw voor uitlijning van de puntenwolken

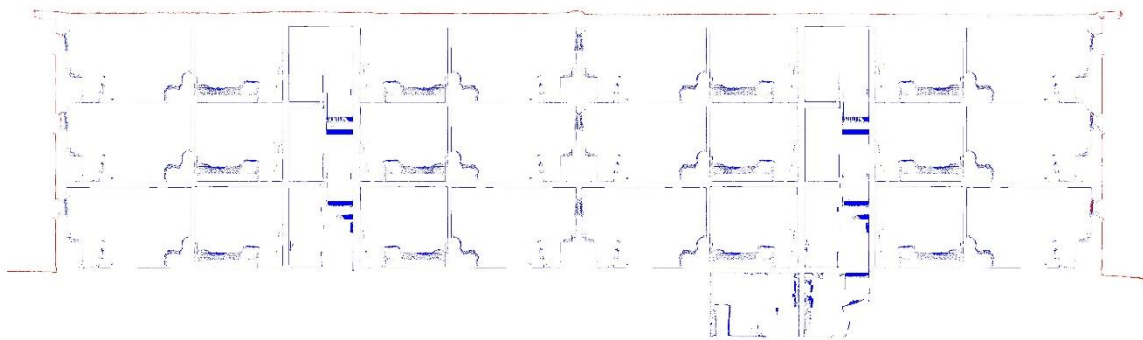
Vervolgens verwerkte het team de verkregen geometrische gegevens tot **bruikbare resultaten** voor de teams die belast waren met de renovatie. Zo werden bijvoorbeeld ortho-opnamen van de gevels gegenereerd (Afbeelding 8a): dit zijn beelden die dezelfde geometrische informatie geven als onvervormde aanzichten in de vorm van lijntekeningen (CAD) en bovendien nog visuele informatie toevoegen (nuttig voor diagnose bijvoorbeeld). Op elk beeld is een schaal in mm/pixel afgebeeld, waardoor er ook metingen op kunnen worden verricht. Er werden ook gedetailleerde weergaven van de vlakheid van de gevels gemaakt (Afbeelding 8b): Bij elk van de vier gevels is er een kleurcode toegekend aan de punten die met de laserscanner zijn opgenomen, naargelang van de afstand van elk punt tot een gemiddeld vlak dat deze gevel voorstelt. Voor elk van de 4 hoofdgevels werd de vlakheid berekend over 4 grensintervallen: van +20 tot -20cm, van +10 tot -10cm, van +5 tot -5cm en van +2 tot -2cm. Deze informatie is uiterst nuttig bij het beoordelen van de omvang van de destructieve ingrepen die moeten worden uitgevoerd voordat de gevelmodules worden geplaatst. Bovendien maakt het kennen van de mate van de afwijkingen in vlakheid het mogelijk om de 'aanpassingslaag' te ontwerpen, d.w.z. de samendrukbare laag die tussen de bestaande gevel en de nieuwe schil wordt geplaatst. Een derde voorbeeld van geleverde bestanden zijn doorsneden van het gebouw (Afbeelding 8c): deze beelden worden gemaakt op basis van sneden van de volledige puntenwolk, met een tussenafstand van 1 meter in de drie richtingen. Dit is bijzonder kostbare informatie, waarmee de gedetailleerde geometrie van het gebouw kan worden gegenereerd.



(a)



(b)



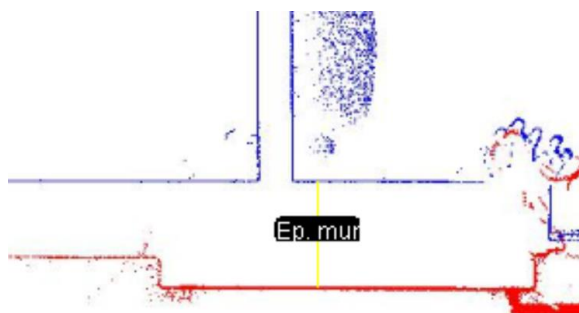
(c)

Afbeelding 8. Verschillende resultaten van de opnamen met hoge definitie: (a) ortho-opname van een gevel; (b) vlakheidsmodel; (c) doorsnede in een puntenwolk.

## Studie van de gebouwmantel

Om een algemene diagnose te kunnen stellen, heeft het team eerst getracht de **reële samenstelling en de staat van de gebouwenveloppe** te beschrijven op basis van de bestaande plannen en de waarnemingen ter plaatse. Er bestaan hulpmiddelen om deze fase van pathologieregistratie te vergemakkelijken, zoals de app 'RenoCheck', ontwikkeld door Buildwise<sup>3</sup>. De laserscanner leverde hier waardevolle geometrische informatie op, zoals te zien is in Afbeelding 9. Ook de staat van de verschillende delen van de gebouwenveloppe werd beoordeeld en gedocumenteerd. De gegevens van de 3D-scan vormden een innovatief middel voor de visuele communicatie naar het renovatieteam, zoals bijvoorbeeld geïllustreerd wordt in Afbeelding 10.

<sup>3</sup> <https://www.buildwise.be/nl/expertise-ondersteuning/buildwise-tools/renocheck/>

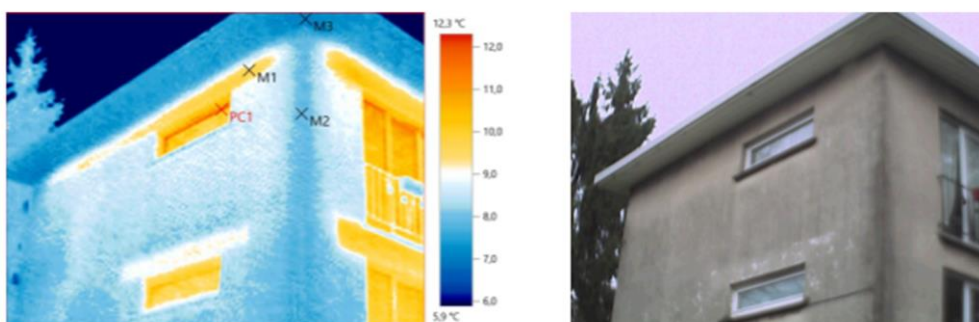


Afbeelding 9. Nauwkeurige meting van de dikte van buitenmuren op basis van de opname met de laserscanner



Afbeelding 10. Gebruik van de bestanden van de 3D-scan om te communiceren over de nomenclatuur van de muuropeningen

Ter aanvulling van de visuele waarnemingen werden er ook meer gerichte technische metingen verricht. Bij verschillende bezoeken ter plaatse tijdens de diagnosecampagne werden er **thermografische opnamen** gemaakt. Aan de hand van de gegenereerde infraroodbeelden konden lokale problemen van koudebruggen of luchtinfiltratie aan het licht worden gebracht (Afbeelding 11). Om de luchtdichtheid van de gebouwenveloppe te beoordelen, **werden verschillende 'blowerdoortests' uitgevoerd** (Afbeelding 12a), waarbij de onderzochte zones werden afgewisseld. Door gebruik van een rookontwikkelaar konden de belangrijkste lekkages worden gelokaliseerd (Afbeelding 12b).



Afbeelding 11. Thermografisch onderzoek van de gebouwenveloppe.



(a)



(b)

Afbeelding 12. Luchtdichtheidsonderzoek: (a) 'blowerdoortest'; b) rooktest.

Heel wat informatie kan worden verzameld door middel van waarnemingen, gesprekken of korte proeven. **Sommige belangrijke aspecten in verband met het comfort of de energieprestaties worden echter pas zichtbaar door het gedrag van het gebouw over een zekere periode te observeren.** Zo werd de U-waarde van een buitenmuur gemeten over een periode van 14 dagen om de gemeten waarde ( $1,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) te laten convergeren.

Ten slotte werd een **monitoringcampagne** van het binnenklimaat uitgevoerd in drie appartementen en in de gemeenschappelijke en technische ruimten. De installatie van een draadloos sensorsysteem bleek hier buitengewoon doeltreffend. Zo konden tientallen meetpunten op afstand worden gemonitord dankzij datacommunicatie via het 4G-telefoonnetwerk. Elke sensor was onopvallend geplaatst en werkte op twee AA-batterijen, wat het energiebeheer vereenvoudigde. De gecontroleerde gegevens waren hoofdzakelijk temperatuur, relatieve vochtigheid en  $\text{CO}_2$ -concentratie in de lucht, in de slaapkamer, de badkamer, de keuken en de woonkamer. Ook het werkelijke gasverbruik van het gebouw werd nauwkeurig gevolgd.



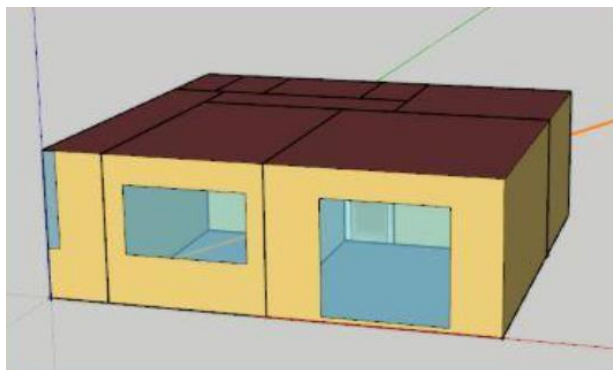
Afbeelding 13. Voorbeeld van een draadloze sensor die gebruikt werd tijdens de monitoringcampagne



## Energieverbruik: metingen en simulaties

Een cruciaal aspect voor de voorbereiding van de interventies is dat er een duidelijk beeld wordt verkregen van het energieverbruik van het gebouw. Daarom bezorgde ABC **maandelijks gedetailleerde overzichten van het verbruik van het gebouw** aan de consortia die belast waren met de renovatie. Het monitoringsysteem dat werd opgezet, zorgde voor een nauwkeurigere aanvulling in verband met het gasverbruik, echter over een beperktere periode.

Een dynamische simulatie van het thermisch gedrag van een gebouw kon bovendien meer inzicht verschaffen in de verbruiksgegevens. Op die manier kon worden getracht een digitaal model te 'ijken' met de beschikbare gegevens. Vanuit dat idee voerde de Universit  Catholique de Louvain<sup>4</sup> een aantal simulaties uit op basis van de geometrie van een appartement. Door de symmetrische indeling van het gebouw was het namelijk mogelijk elk echt appartement te 'simuleren' aan de hand van deze generieke geometrie (Afbeelding 14).



Afbeelding 14. Een appartement gemodelleerd in OpenStudio, een programma voor dynamische thermische berekening

---

<sup>4</sup> Faculté d'architecture, d'ingénierie architecturale, d'urbanisme (LOCI - faculteit architectuur, bouwtechniek en stedenbouw)

## Samenvatting van de toepasbaarheid van de geprefabriceerde oplossing

Op basis van de resultaten van de voorstudie konden een aantal implicaties worden vastgesteld in verband met de renovatieoplossing met prefabmuren.

Waarneming(en)	Implicatie(s)
<b>LOCATIE EN GEBOUW</b>	
Gebouw in stedelijk gebied met lage dichtheid	Vergemakkelijkt de bereikbaarheid van het gebouw voor het vervoer en de montage van prefabpanelen.
Hoge architecturale herhaalbaarheid en symmetrie van de ruimten	Compatibiliteit met grote prefabsystemen. Vergemakkelijkt het ontwerp van geprefabriceerde gevelpanelen.
Verticale uitlijning van de muuropeningen en minder dan 4 verdiepingen	Een systeem met verticale gevelpanelen is compatibel. Deze keuze zou het aantal naden beperken en de uitlijning van de panelen ter plaatse vergemakkelijken (maar vereist een extra manipulatie van de panelen ter plaatse vanwege de horizontale transportrichting).  Gezien de positie van de openingen en de verdeling van de appartementen, zou de keuze voor horizontale panelen het daarentegen mogelijk maken te werken met één paneel per appartement aan de voor- en achtergevel.
Woonkamer aan de voorkant, natte ruimten aan de achterkant.	Mogelijkheid om een ventilatiesysteem van type C of D te overwegen bij gebruik van de prefabpanelen en mogelijkheid om er afzuigkanalen in te integreren. In dat geval zouden wij werken met verticale hoofdventilatiekanalen die in de prefabpanelen zijn geïntegreerd. Ook de horizontale aftakking voor de aansluiting van de natte ruimten kan in de panelen worden uitgevoerd. We willen erop wijzen dat een gedecentraliseerde aanpak van de ventilatie ook mogelijk is, maar dat daarbij het akoestische aspect zorgvuldig moet worden bekeken.
Een deel van het gebouw op volle grond, een ander deel boven een AOR (kelder)	Mogelijke problemen met de coherentie van de isolatie van het gebouw van onderaf.
<b>GEBOUWENVELOPPE</b>	
De buitenmuur is een spouwmuur	De vraag rijst of de buitenbekleding behouden moet blijven wanneer een geprefabriceerd gevelsysteem wordt toegepast.  Wanneer de bestaande gevelbekleding wordt afgebroken, zou het mogelijk zijn de bestaande ramen te behouden en tegelijk het risico te beperken van koudebruggen of geluidshinder ten gevolge van een raam dat ver buiten het vlak ligt ten opzichte van de nieuwe isolerende laag. Door de bekleding te verwijderen, wordt namelijk ongeveer 14 cm gewonnen en kunnen de nieuwe prefabpanelen in een veel gunstiger vlak worden geplaatst ten opzichte van de bestaande ramen. Het slopen van de gevelbekleding is echter niet alleen duur, maar veroorzaakt ook aanzienlijke overlast voor de bewoners. De kosten van die afbraak moeten dus worden afgewogen tegen de kosten van het plaatsen van moderne ramen in de prefabpanelen (deze laatste bieden dan veel betere energieprestaties, en de coherentie van het geheel is gemakkelijker te garanderen). Een derde oplossing zou zijn de bestaande gevelbekleding en ramen te behouden, maar daarnaast een nieuw raam in te bouwen in de nieuwe gevelpanelen.  Wanneer de bekleding behouden blijft, rijst de vraag naar de verankering en de stabiliteit van de bekleding.  Wanneer de bekleding behouden blijft, moet worden overwogen om de spouw te isoleren en eventueel de verankering te versterken.
Aanwezigheid van een aanzienlijke dakoversteek (60 cm)	Bijgevolg zou de aansluiting van prefabpanelen met het bestaande dak geen al te groot probleem mogen vormen. Niettemin moeten de bouwknopen met zorg worden aangepakt.
Ramen zijn niet versleten	Het ziet er naar uit dat de prestaties van de bestaande beglazing bevredigend zijn en de renovatiewerkzaamheden zich zouden kunnen toespitsen op het tochtvrij afdichten van de ramen. Zoals hierboven werd uitgelegd, is de vraag of de ramen behouden moeten blijven cruciaal, en hangt zij samen met het vraagstuk van het behoud van de gevelbekleding.  De kosteneffectiviteit van het vervangen van de ramen door nieuwe ramen die zijn ingebouwd in de prefabpanelen, moet worden onderzocht.  Wanneer de bestaande ramen worden behouden en de gevel van buitenaf wordt geïsoleerd, moet bijzondere aandacht worden besteed aan de risico's op koudebruggen of geluidshinder.

	Een mogelijke oplossing is dat er naast het bestaande raam een tweede raam wordt ingebouwd in de geprefabriceerde panelen.
<b>De vensterbanken steken uit buiten het vlak van de buitenbekleding</b>	Indien voor de renovatie voor een geprefabriceerd systeem wordt gekozen, moeten de vensterbanken hierin kunnen 'opgaan' (hetzij door ze in het systeem te integreren, hetzij door een manier te vinden om ze aan te passen)
<b>Glasblokken brengen licht in de trappenhuizen</b>	<p>Het lijkt onmogelijk om de bestaande glasblokken te behouden als de gevels van buitenaf worden geïsoleerd, als men een aaneengesloten en doorlopende isolatielaag wil behouden. Bovendien bieden de blokken met ventilatieopeningen prestaties die zeer moeilijk controleerbaar zijn.</p> <p>Er moet dus een manier worden gevonden om de delen in glasblokken te 'bedekken' en tegelijkertijd te garanderen dat er uiteindelijk geen koudebruggen ontstaan, dat de esthetiek bevredigend is en het lichtcomfort in de aangrenzende ruimten behouden blijft.</p>

## Conclusies

Kennis van een gebouw vóór renovatie is essentieel. Het komt er in de eerste plaats op aan de sterke en zwakke punten te beoordelen om de renovatie-inspanningen optimaal te kunnen sturen. Wanneer een renovatie door middel van prefabricatie wordt overwogen, moeten specifieke aspecten worden nagegaan. Hier werden systematisch gegevens verzameld, met name met behulp van innovatieve digitale technieken.

## De fiches

De belangrijkste uitdagingen in verband met de projecten zijn samengevat in verschillende fiches:

Fiche I: Het Modul'air-project en zijn oorsprong

Fiche II: Het innovatiepartnerschap

**Fiche III: Kennis van het gebouw vóór renovatie**

Fiche IV: Innovatieve oplossingen voor ventilatie

Fiche V: De gekozen oplossing

Fiche VI: Uitvoering van een prototype



La Région et l'Europe investissent dans votre avenir ! • Het Gewest en Europa investeren in uw toekomst!

