

**Zumtobel Research**

Studie over de invloed van een lichtsturing- en  
zonweringsysteem op het energieverbruik van  
een kantoorgebouw.

AJ INGENIERÍA José Luis Hernández, Barcelona | ES

CREVER Onderzoeksteam voor toegepaste warmtetechniek, Barcelona | ES

URV Universiteit Rovira i Virgili in Tarragona, Tarragona | ES

Januari 2012

ISBN 978-3-902940-26-1



<b>Voorgeschiedenis</b>			5
<b>1 Doelstelling van de studie</b>			6
<b>2 Auteur van de studie</b>			7
<b>3 Werkmethode</b>	3.1	Gebruikte IT-tools	8
	3.2	Simulatiemodellen	10
<b>4 Beschrijving van het gebouw</b>	4.1	Beschrijving van het gebouw VOOR de renovatie	12
	4.1.1	Beschrijving van het gebouw	12
	4.1.2	Bouwsystemen	12
	4.1.3	Installaties	13
	4.2	Beschrijving van het gebouw NA de renovatie	14
	4.2.1	Beschrijving van het gebouw	14
	4.2.2	Bouwsystemen	14
	4.2.3	Installaties	17
<b>5 Inputgegevens</b>	5.1	Klimatologische gegevens	26
	5.2	Geometrische configuratie en zone-indeling	27
	5.3	Lichtondoorlaatbare omsluitingen	28
	5.4	Beglazing	29
	5.5	Verduisteringsinrichtingen	30
	5.6	Interne winsten door personen	31
	5.7	Interne winsten door toestellen en installaties	32
	5.8	Interne winsten door verlichting	33
	5.9	HVAC systeem	34
<b>6 Resultaten</b>	6.1	Algemene energieverbruikswaarden	35
	6.2	Warmtebalansen van het gebouw	36
	6.3	Warmtebalansen van een representatieve ZONE met beweeglijk lamellensysteem	40
	6.4	Vergelijking tussen de gemeten en gesimuleerde energieverbruikswaarden voor de verlichting	42
<b>7 Conclusies</b>	7.1	Scenario's van het GEBOUW	45
	7.1.1	Analyse van scenario 03 (huidig gebouw, met lamellen, zonder sturing) – GEBOUWNIVEAU	46
	7.1.2	Analyse van scenario 04 (huidig gebouw, zonder lamellen, met sturing) – GEBOUWNIVEAU	48
	7.1.3	Analyse van scenario 05 (huidig gebouw, met lamellen, met sturing) – GEBOUWNIVEAU	49
	7.2	Scenario's van een ZONE	50
	7.2.1	Analyse van scenario 03 (huidig gebouw, met lamellen, zonder sturing) – ZONENIVEAU	51
	7.2.2	Analyse van scenario 04 (huidig gebouw, zonder lamellen, met sturing) – ZONENIVEAU	51
	7.2.3	Analyse van scenario 05 (huidig gebouw, met lamellen, met sturing) – ZONENIVEAU	52
	7.3	Samenvatting van de resultaten	52



Foto's van het gebouw. Bovenaan het gebouw in zijn oorspronkelijke staat. Onderaan het gebouw na de renovatie.

AJ Ingeniería, S.L.P. krijgt van de onderneming LUXMATE de opdracht om een studie te realiseren over de invloed van de voor het moedergebouw van het „Serveis Territorials del Departament de Treball de la Generalitat de Catalunya“ in Barcelona ingebouwde lichtsturing- en zonweringsystemen.

Dit gebouw werd onlangs gerenoveerd en beschikt over een LUXMATE systeem waarmee het kunstlicht naargelang van het door de ramen naar binnen vallende daglicht wordt gestuurd.

Bovendien werd het gebouw aan twee gevels met motorisch aangedreven, beweeglijke lamellen uitgerust die naargelang van de stand van de zon geopend of gesloten kunnen worden om zowel tegen verblinding als tegen oververhitting ingevolge de invallende zonnestralen te beschermen.

### **Gebouwgegevens**

- Locatie: C/ Carrera Nr. 12-24 , 08004 - Barcelona
- Gebruik: zetel van het „Serveis Territorials del Departament de Treball de la Generalitat de Catalunya“. Gebruik door overheidsinstantie. Publiek toegankelijke zone.
- Bebouwde oppervlakte: 6 800 m<sup>2</sup>
- Project voor grondige renovatie en gevelvernieuwing: AJ INGENIERIA, S.L.P.
- Architectuur: Joan Francesc Serra Andreu, architect
- Inrichtingen en installaties: Juan Hernandez Mayor, industrieel ingenieur
- Totale kostprijs van de renovatie: 6 570 000 €
- Voltooiing van de bouwwerken: 2009

# 1 Doelstelling van de studie

Het doel van de studie is het bepalen van de impact van een lichtsturing- en zonweringsysteem op het energieverbruik van een gebouw met glasgevels.

Hiertoe worden door de implementatie van de geïnstalleerde sturingssystemen energiesimulaties van het gebouw doorgevoerd om hun effecten op het energieverbruik van het gebouw voor de verlichting en klimaatregeling zowel apart als gecombineerd te kunnen analyseren.

Het hoofddoel van de studie is het opsporen van synergieën bij de energiebesparing door deze systemen, niet alleen op het vlak van lichtverbruik maar ook bij andere energieverbruikende systemen zoals bijvoorbeeld de klimaatregeling.

Voor de simulatie van een reëel gebouw met een LUXMATE lichtsturingssysteem staat een register van het verlichtingsgerelateerde stroomverbruik voor een heel jaar bij een aangedreven installatie ter beschikking (mei 2010 tot mei 2011) dat met de bij de simulatie verkregen gegevens kan worden vergeleken. In een volgend stadium wordt dan de convergentie van de beide systemen gecontroleerd, wat toelaat om voor de overige, door de simulaties verkregen en geanalyseerde resultaten op het vlak van energieverbruik uiterst betrouwbare waarden te bekomen.

De voorliggende studie werd gerealiseerd door AJ INGENIERÍA S.L.P. in samenwerking met het Onderzoeksteam voor Toegepaste Warmtetechniek CREVER van de URV (Universiteit Rovira i Virgili) in Tarragona (Spanje).

CREVER is verantwoordelijk voor de simulatie van het gebouw met behulp van de programma's Design Builder en Energy Plus, dit onder toezicht van het bureau AJ INGENIERÍA S.L.P., dat ook de gegevens ter beschikking stelt.

De evaluatie van de met behulp van de door CREVER doorgevoerde energiesimulatie verkregen resultaten gebeurde eveneens door AJ INGENIERÍA S.L.P.

Daartoe werden grafieken en tabellen uit de simulatie van CREVER gebruikt.

Studiebureau voor installaties en energie, in 1979 opgericht door Ángel González Toro en Juan Hernández Mayor in Barcelona (Spanje).

Ontwerpt sinds meer dan 30 jaar uitvoeringsprojecten voor elektrische en mechanische installaties, bijzondere installaties zoals brandbeveiligingsinstallaties voor de woningbouw, de tertiaire sector en de industrie.

Auteur van de studie: José Luis Hernández Yuste, ingenieur/econoom.

Supervisie en leiding: Juan Hernandez Mayor, industrieel ingenieur.

Het Onderzoeksteam voor Toegepaste Warmtetechniek is een multidisciplinair onderzoeksteam van de Universiteit Rovira i Virgili Tarragona dat zich bezighoudt met het onderzoek naar en de ontwikkeling van nieuwe technologieën voor hernieuwbare energieën en de verbetering van de energie-efficiëntie.

Auteur van de studie: Arturo Ordóñez García, architect.

Supervisie en leiding: Alberto Coronas Salcedo, Hoofd von CREVER en Professor aan de URV.



## 3 Werkmethode

### 3.1 Gebruikte IT-tools

Om het vooropgestelde doel te bereiken, werd een analyseprocedure op basis van dynamische energiesimulaties gevolgd. Daarvoor werd het programma DesignBuilder met de ingebouwde rekenmachine EnergyPlus gebruikt.

#### **DesignBuilder**

DesignBuilder is een programma dat bijna zeven jaar geleden door de onderneming met dezelfde naam in Gloucestershire (Engeland) werd ontwikkeld. Van meet af aan was een van de belangrijkste doelstellingen van de ontwikkelaars het creëren van een gebruikersvriendelijke interface voor EnergyPlus, een programma dat volledig in zijn platform geïntegreerd is. Er werden echter ook onafhankelijke modules zoals de certificatiemodule SBEM en de module CFD in het programma ingebouwd.

Meer informatie hierover vindt u op:

[www.designbuilder.co.uk](http://www.designbuilder.co.uk) en op [www.sol-arq.com](http://www.sol-arq.com)

#### **EnergyPlus**

EnergyPlus is een programma dat door het Ministerie van Energie van de Verenigde Staten via het overheidslab van Orlando Lawrence Berkeley werd ontwikkeld. Het bestaat uit meerdere modules die samen de hoeveelheid energie berekenen die nodig is voor het koelen of verwarmen van een gebouw. Daarbij wordt met behulp van veelvuldige hulpbronnen en energiesystemen het tot stand brengen van een optimaal niveau van comfort vooropgesteld. De kern van het programma is een gebouwmodel dat gebaseerd is op de basisprincipes van de energiebalans.

Het programma biedt een integrale simulatie. Dit wil zeggen dat de drie hoofdbestanddelen van de simulatie, met name de ruimtes van het gebouw, het luchtmanagementsysteem en de klimaatregelinginstallaties, tegelijkertijd worden berekend (in tegenstelling tot de voorgaande programma's DOE-2 en BLAST, waarin de drie onderdelen na elkaar en zonder enige vorm van feedback werden berekend).

Voor de berekening van de warmtestromen doorheen de bouwcomponenten gebruikt EnergyPlus een warmteoverdrachtmodel dat gebaseerd is op een methode die gekend is als „state space“ en toelaat om de betrokken dynamische processen inclusief de thermisch actieve massa mee in overweging te nemen.

Het betreft bovendien een uiterst krachtig instrument voor de evaluatie van het thermisch rendement van passiefgebouwen (zonder mechanische klimaatregelingsystemen) omdat het naast de nageoeg precieze inschatting van de impact van de zoninstraling met de module AIRNET ook de externe luchtstromen berekent. Door rekening te houden met aspecten zoals winddruk en schoorsteeneffect is het mogelijk om de voordelen van natuurlijke ventilatie in te schatten, inclusief de combinatie hiervan met bouwsystemen met een hoge thermisch actieve massa.



EnergyPlus werd door verschillende erkende industriestandaarden zoals het ASHRAE Research Project 865, de ANSI/ASHRAE standaard 140-2007 en de IEA BESTest (Building Energy Simulation Test) erkend.

Meer informatie hierover vindt u op:

<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus>

### **Slab**

Het programma Slab is een hulpinstrument van EnergyPlus dat met behulp van een driedimensionale rekenmachine voor de berekening van de warmteoverdracht de berekening van de maandelijkse gemiddelde temperaturen van de met de vloer in contact komende buitenvlakken (aan gebouwen) mogelijk maakt. Het programma gebruikt dezelfde bestanden met klimatologische tijdsgegevens als EnergyPlus (in het formaat .epw).

Meer informatie hierover vindt u in het document van het EnergyPlus Auxiliary Program, dat kan worden opgeroepen op:

<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/documentation.cfm>

### **Weather Tool**

Weather Tool is een programma dat werd ontwikkeld door de onderneming Square One in Engeland. Het betreft in wezen een tool voor de visualisatie en analyse van klimatologische informatie op basis van tijdsgegevens in het formaat .epw van EnergyPlus (waarbij echter ook gegevens in andere formaten kunnen worden geïmporteerd). Het biedt een ruime keuze aan visualisatieopties, inclusief twee- en driedimensionale grafieken en windgrafieken en diagrammen over het verloop van de zon.

Meer informatie hierover vindt u op:

<http://ecotect.com/products/weathertool>

## 3.2 Simulatiemodellen

Voor de analyse van de impact van de lichtsturing- en zonweringstrategieën op het energieverbruik van het gebouw, zowel geïsoleerd als gecombineerd, werden 5 scenario's voor de inrichting van het gebouw vastgelegd op basis van de indeling van het gebouw en de daarin effectief voorziene installaties:

- Scenario 01: oorspronkelijk gebouw (voor de renovatie), zonder beweeglijke lamellen en zonder lichtsturing.
- Scenario 02: huidig gerenoveerd gebouw, zonder beweeglijke lamellen en zonder lichtsturing.
- Scenario 03: huidig gerenoveerd gebouw, met beweeglijke lamellen en zonder lichtsturing.
- Scenario 04: huidig gerenoveerd gebouw, zonder beweeglijke lamellen en met lichtsturing.
- Scenario 05: huidig gerenoveerd gebouw, met beweeglijke lamellen en met lichtsturing.

Voor elk scenario worden de waarden voor het energieverbruik voor de verlichting en de klimaatregeling geanalyseerd. Daarbij blijft het energieverbruik van apparaten ('miscellaneous') en liften buiten beschouwing omdat deze geen voorwerp van de huidige studie uitmaken.

Aan de hand van deze scenario's kan de impact van de belangrijkste verbeteringsstrategieën zowel individueel als gecombineerd geanalyseerd worden.

Zo laat scenario 02 toe om de impact van de veranderingen in de samenstelling van de buitenmuren en de beglazing na de renovatie hiervan te analyseren.

Scenario 04 definieert de impact van het gebruik van een lichtsturingssysteem zonder gebruik van beweeglijke lamellen om de geïsoleerde impact van een lichtsturing te meten.

Scenario 03 meet daarentegen de impact van het systeem van beweeglijke lamellen zonder lichtsturingssysteem om de geïsoleerde impact van het systeem van beweeglijke lamellen te meten.

Scenario 05 tenslotte laat toe om de gecombineerde impact van het systeem van beweeglijke lamellen én de lichtsturing te analyseren.

Er dient nog op gewezen te worden dat bij de scenario's 01, 02 en 04, waarbij het gebouw zonder zonweringssystemen door buitenlamellen wordt gesimuleerd, een systeem met doorschijnende binnenschermen van het 'glasgordijntype' werd gebruikt.

Wat de gesimuleerde lichtsystemen betreft, werd in alle scenario's uitgegaan van een lichtbelasting ( $W/m^2$ ) die overeenkomt met de effectief in het gebouw ingebouwde installatie. Zelfs bij scenario 01 (voor de renovatie) werd dezelfde lichtbelasting gehanteerd zodat in dit geval de verbetering door de hogere graad van energie-efficiëntie van de na de renovatie geïnstalleerde armaturen en elektronische apparaten niet mee in overweging werd genomen. De gebruikte tijdslijn voor de werking van de installatie beantwoordt aan de door de gebruiker van het gebouw ter beschikking gestelde gegevens en wordt in de volgende hoofdstukken nog nader verklaard.

Wat de klimaatregelingsystemen betreft, worden alle simulaties mechanisch uitgevoerd, met andere woorden rekening houdend met het gebruik van verwarmings- en/of koelsystemen om tijdens alle gebruikstijden en het hele jaar door optimale comfortvoorwaarden te verzekeren. In dit geval vormen de waarden voor het energieverbruik in combinatie met de klimaatregelingsystemen de belangrijkste gegevens voor de analyse en vergelijking van het energetische rendement van de verschillende scenario's.

Het klimaatregelingsysteem is in elk scenario hetzelfde zodat de verbetering van de efficiëntie van de installatie door het hogere energetische rendement van de toestellen van het geïnstalleerde HVAC-systeem niet mee in overweging werd genomen. Op die manier kan de impact van elke afzonderlijke verbeteringsmaatregel (lichtsturing en/of beweeglijke lamellen) op een in alle gevallen identiek referentieklimaatregelingsysteem exact worden vastgesteld.

## 4 Beschrijving van het gebouw

### 4.1 Beschrijving van het gebouw VOOR de renovatie

#### 4.1.1 Beschrijving van het gebouw



Het gebouw bestaat uit een gelijkvloers, bel-etage, 4 gewone verdiepingen en twee kelderverdiepingen. Het gebouw is opgericht rond twee verticale verbindingskernen. De beide kelderverdiepingen worden als parkeergarage met in totaal 120 parkeerplaatsen gebruikt. Het gelijkvloers, dat de volledige diepte van het perceel inneemt, en de gewone verdiepingen worden gebruikt als kantoorruimte. Het gebouw heeft een oppervlakte van ca. 6000 m<sup>2</sup>.

Het gebouw is opgericht rond twee verticale verbindingskernen die elk over een eigen trappenhuis, twee liften, sanitaire installaties en de voor de installaties voorziene verticale schachten beschikken.

#### 4.1.2 Bouwsystemen

##### **Structuur**

Kolommen en draagbalken uit staalbeton.

##### **Verbindingsstructuur**

Staalbeton in netstructuur met mortelcassetten die tussenassen van 80 cm vormen. De verbindingstructuur omvat 22 cm + een 4 cm dikke compressielaag.

##### **Buitenmuren**

- Achtergevel: met ¼ muur, een luchtkamer gevuld met een 3 cm dikke EPS-isolatie en een buitenwandvlak met enkelzijdig bepleisterde holle bakstenen. De metaalconstructie is van buiten uit aangebracht.
- Hoofdgevel: bestaande uit ¼ muur, een luchtkamer gevuld met een 3 cm dikke EPS-isolatie, een 14 cm dikke muur in holle baksteen en buitenbekleding met natuurlijke zandsteenplaten.

##### **Scheidingswanden**

- Afscheiding van kantoren: met tussenwand uit holle baksteen 14 cm.
- Toiletten: 9 cm dikke holle baksteen.
- Trappenhuisen en lift: holle baksteen van 14 cm dik.





#### **Dak**

Gemiddeld 12 cm dik cellenbeton met helling, afdichting met bitumineuze dakbekleding, warmte-isolatie met uiterst dichte, 30 mm dikke XPS platen, doorslagbestendige drainagefolie en een gemiddeld 5 cm dikke kiezellaag.

#### **Buitenschrijnwerk en beglazing**

Buitenschrijnwerk uit aluminium, zonder onderbreking van warmtebruggen. Climalit 6-6-5 kleurloos bij buitenschrijnwerk. Samengesteld veiligheidsglas 4-4 met tussenfolie uit butyral aan het buitenschrijnwerk op het gelijkvloers, de bel-etage en de toegangsdeuren.

### 4.1.3 Installaties

#### **Verlichting**

- Kantoren: in het verlaagd plafond ingebouwd lichtscherm van 120 bij 60 cm met 4 fluorescentiebuizen van 36 W elk. Model Novalux NLE 136/440. Met lamellendiffusor met V-vormige bruggen. Magnetische reactantie.
- Toiletten: met behulp van lichtaansluitingen voor verzonken inbouw voor lamp E-14 40 W, type Guzzini 8011.
- Foyers: armaturen voor verzonken inbouw met halogeenlamp 50 W. Type Guzzini 8005.

#### **Klimaatregeling**

Warmtepompen met directe verdamper/split-units. Units buiten op het dak en binnen in de verlaagde plafonds van gangen en foyers. 7 toestellen per verdieping.

## 4.2 Beschrijving van het gebouw NA de renovatie

### 4.2.1 Beschrijving van het gebouw



Het gebouw bestaat uit een gelijkvloers, bel-etage, 4 gewone verdiepingen en twee kelderverdiepingen. Het gebouw is opgericht rond twee verticale verbindingskernen. De beide kelderverdiepingen worden als parkeergarage met in totaal 120 parkeerplaatsen gebruikt. Het gelijkvloers, dat de volledige diepte van het perceel inneemt, en de gewone verdiepingen worden gebruikt als kantoorruimte.

De verdeling van de oppervlakte over de verschillende niveaus is als volgt:

Gelijkvloers	1 350 m <sup>2</sup>
Bel-etage	700 m <sup>2</sup>
Eerste verdieping	950 m <sup>2</sup>
Tweede verdieping	940 m <sup>2</sup>
Derde verdieping	950 m <sup>2</sup>
Vierde verdieping	950 m <sup>2</sup>
<b>Totaal</b>	<b>6 800 m<sup>2</sup></b>

### 4.2.2 Bouwsystemen

#### **Structuur**

De structuur (kolommen en draagbalken in staalbeton) blijft door de renovatie onaangeroerd.

#### **Verbindingsstructuur**

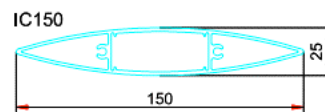
De verbindingsstructuur (staalbeton in netstructuur met mortelcassetten die tussenassen van 80 cm vormen) blijft door de renovatie onaangeroerd. (De verbindingsstructuur omvat 22 cm + een 4 cm dikke compressielaag.)

#### **Buitenmuren**

- Achtergevel: de achtergevel (met ¼ muur, een luchtkamer gevuld met een 3 cm dikke EPS-isolatie en een buitenwandvlak met enkelzijdig bepleisterde holle bakstenen) blijft door de renovatie onaangeroerd.
- Hoofdgevel: borstweringafdekking in modulaire bouwwijze tussen de ramen aan de hoofdgevel (vooraanzicht) op basis van:
  1. Buitenpaneel uit samengestelde plaat Alucobond Smoke Silver Metallic
  2. Waterafstotende vezelplaat
  3. Isolatievulling uit steenwol (100 kg/m<sup>3</sup> - 100 mm)
  4. Brandwerende binnenplaat Promatect uit cementgebonden silicaat

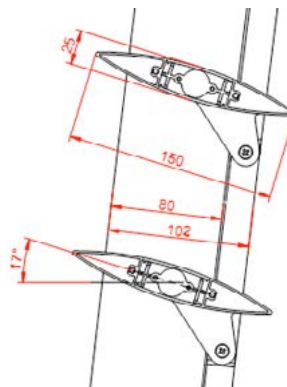


- Zonwering aan de oostelijke, zuidelijke en zuidoostelijke zijde (afgeschuinde gevel): door middel van een tweede huid van motorisch aangedreven, kantelbare lamellen die het gebouw ongetwijfeld ook een esthetische meerwaarde geven, een uiterst significante energiebesparing tot stand brengen en voor een hogere levenskwaliteit van de zich in het gebouw ophoudende personen zorgen. De lamellen hebben de volgende vorm en afmetingen:

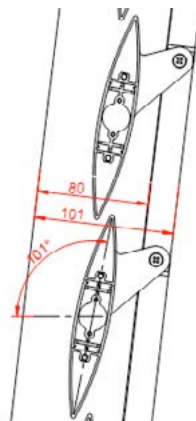


De lamellen worden motorisch aangedreven en hun bewegingen worden gestuurd door het LUXMATE systeem om de gevel tegen zoninstraling en de zich in het gebouw ophoudende personen tegen verblinding te beschermen.

Wanneer ze volledig geopend zijn, is de positie van de lamellen als volgt:



Wanneer ze volledig gesloten zijn, is de positie van de lamellen als volgt:



### **Scheidingswanden**

- Afscheiding van kantoren: 80 mm dikke tussenwanden met een binnen- en buitenstructuur uit gegalvaniseerd staal. Vezelplaten van 13 cm. Binnenisolatie uit 50 mm dikke mineraalwol met een dichtheid van 30/40 kg/m<sup>3</sup>.
- Toiletten: met 9 cm dikke holle baksteen.
- Trappenhuizen en lift: niet in de renovatie opgenomen (holle baksteen van 14 cm dik).

### **Dak**

Gemiddeld 12 cm dik cellenbeton met helling, afdichting met bitumineuze dakbekleding, warmte-isolatie met uiterst dichte, 50 mm dikke XPS platen, doorslagbestendige drainagefolie en een gemiddeld 5 cm dikke kiezellaag.

### **Buitenschrijnwerk en beglazing**

Buitenschrijnwerk uit aluminium met onderbreking van warmtebruggen, REYNAERS model CS68 gelakt in RAL-kleur 9007.

Beglazing bel-etage en 1<sup>ste</sup> tot 4<sup>de</sup> verdieping:

- floatglas 6 mm transparant / kamer 15 mm / lamellair 4+4 Butyral Silence transparant. Geringe emissiewaarden.

Beglazing brandweertoegang op 1<sup>ste</sup> tot 4<sup>de</sup> verdieping:

- floatglas 6 mm transparant gehard / kamer 15 mm / float 8 mm transparant gehard.

Beglazing gelijkvloers op hangwerkwand:

- lamellair buitenkant 6+6 kleurloos / kamer 16 mm / lamellair binnenkant 6+6 kleurloos met geluidsisolatie Butyral. Geringe emissiewaarden.

Beglazing gelijkvloers aan inkomzone aan de afgeschuinde gevel van het gebouw:

- lamellair 6+6 kleurloos, buitenkant gehard.



## 4.2.3 Installaties

### Verlichting

- Kantoren en open ruimtes: in het verlaagd plafond ingebouwd lichtscherm van 60 bij 60 cm voor 3 fluorescentiebuizen van het type T16, 24 W. Merk LLEDÓ, model OD-3281 met dubbele paraboolreflector in gesatineerd aluminium en regelbare digitale reactantie, merk: TRIDONIC, model EXCELL ONE4ALL.
- Toiletten: downlights van het merk ZUMTOBEL, model PANOS Q LM, 2 x 26 W en/of 2 x 18 W, met regelbare digitale reactantie, merk TRIDONIC, model EXCELL ONE4ALL.

## LUXMATE lichtsturingssysteem

### **STURINGSBUS**

Er wordt een op de LUXMATE veldbus gebaseerd sturingssysteem ingebouwd waaraan alle modules van de installatie worden aangesloten. De bustopologieën zijn absoluut flexibel geconcentreerd om de bedrading en de aansluiting van de modules te vereenvoudigen. Elk topologietype is toegelaten (ster, boom, lijn, enz.) uitgezonderd de ringtopologie.

De LUXMATE bus kan door galvanische sectieschakelaars in segmenten opgedeeld worden. Elk van deze segmenten wordt gevoed via een stroombron die de aansluiting van max. 100 modules per segment mogelijk maakt. Indien nodig wordt aan elk segment een tweede stroombron aangesloten die redundant werkt en de bus automatisch van stroom voorziet wanneer er aan de eerste bron een probleem zou optreden.

De segmentering van de LUXMATE bus wordt gebruikt om een functioneel gestructureerde bedrading doorheen de hele installatie tot stand te brengen. Zo wordt vermeden dat problemen met de bus zoals kortsluitingen, een onderbreking van de busleiding of stroomuitval in een deel van de installatie de rest van de installatie mee zouden verstoren.

De vrijheid bij de bustopologie laat toe om in een later stadium op een even eenvoudige als voordelige wijze aanpassingen of uitbreidingen van de installatie door te voeren.

De LUXMATE bus is ongevoelig voor elektromagnetische storingen zonder dat haar kabelaansluitingen daarvoor met afgeschermded leidingen moeten worden uitgerust. Alle aan de bus aangesloten LUXMATE modules worden uitgerust met een diodedetectielus die de aansluiting ongeacht de polariteit mogelijk maakt. Bovendien kunnen alle modules „warm“ aan de bus aangesloten of hiervan losgekoppeld worden; dit wil zeggen dat voor de aansluiting of loskoppeling de voeding van het bussegment niet moet onderbroken worden.

Voor de installatie van de bus wordt een conventionele standaardkabel H 05 VV-U 2 x 0,75 of H 05 VV-U 2 x 1,5 met tweepolige kabeldraden gebruikt.

De LUXMATE bus werkt met een communicatiesnelheid van 4800 Baud, een variabele bit/framesnelheid en een cyclische 16-bit redundantiecontrole (CRC) die het bericht bij een transmissiefout automatisch herhaalt.

De LUXMATE modules kunnen zowel aan hun ingangen als hun uitgangen over meerdere kanalen beschikken. Aan elk kanaal wordt een eenduidig adres toegewezen dat het kanaal binnen elke bus ondubbelzinnig identificeert.

De bedrijfscommando's vanuit het LUXMATE systeem kunnen aan een enkel kanaal, aan alle kanalen van een groep, aan alle kanalen van een ruimte of aan alle kanalen van de installatie worden gegeven.

De adressering verloopt eenvoudig en intuïtief via een aan het systeem aangesloten LUXMATE bedieningsapparaat. Na de adressering van alle systeemmodules kan dit later indien nodig als bedieningsapparaat voor de installatie worden gebruikt. Het gebruik van complexe programmeerconsoles, PC's of specifieke software is voor de adressering niet nodig.

Het LUXMATE systeem maakt in elke ruimte de inrichting en verandering van stemmingen mogelijk. Deze stemmingen bestaan uit concrete waarden voor alle uitgangskanalen binnen de ruimte, die in de EPROM geheugens van elke module worden opgeslagen. Naargelang van het moduletype kunnen tot twintig verschillende stemmingen worden opgeslagen die dan via een eenvoudige druk op de knop op het bedieningsapparaat of aan de systeemingang kunnen worden opgeroepen.

Voor het wisselen tussen verschillende stemmingen maakt het programma de definiëring van fadingtijden mogelijk die volledig door de gebruiker geconfigureerd kunnen worden. Wanneer deze tijden geconfigureerd zijn en een gebruiker beslist om in een ruimte van de ene stemming naar een andere over te schakelen, veranderen de uitgangen één na één de waarde die ze in de oorspronkelijke stemming hadden tot ze de corresponderende waarde voor de pas gekozen stemming bereiken. Deze procedure neemt de tijd in beslag zoals deze in het systeem gedefinieerd werd. Het definiëren van deze tijden kan voor elke doelsequentie verschillend of voor alle in de ruimte gedefinieerde sequenties identiek zijn.

## **STURING VAN ARMATUREN**

De fluorescentiearmaturen van de installatie worden gestuurd via het communicatiesysteem DALI, dat voor elke armatuur de geschikte waarde levert. Via dit digitale signaal worden de armaturen met een minimaal instelbereik van 1-3 % tot 100 % ingesteld.

Het gebruik van dit digitale signaal maakt zelfs bij een geringe lichtsterkte een constante regeling mogelijk zonder dat de armatuur flinkt en de elektronische ballast kan lampstoringen aan het systeem doorgeven.

Alle LUXMATE modules met DALI-uitgang voor de armatuursturing zijn uitgerust met een uitgangsbewaking. Daardoor kunnen ze bij storingen zoals kortsluitingen in de DALI-leiding, het openen van de

leiding, door de digitale elektronische ballast voor fluorescentielampen gestuurde lampuitvallen, enz. foutcodes naar het systeem toe sturen.

Alle aan de DALI-leiding aangesloten armaturen kunnen in elk opzicht apart aangestuurd worden. Daarvoor wordt een conventionele standaardkabel H 05 VV-U 2 x 0,75 of H 05 VV-U 2 x 1,5 met tweepolige kabeldraden gebruikt.

### **STURING VAN JALOEZIEPOSITIE EN LAMELLENHOEK**

De specifieke laagspanningsgelijkstroommodules zijn met meerdere, autonome uitgangen uitgerust die alle een LUXMATE adres toegewezen krijgen.

Elk kanaal is in staat om met één enkele uitgang zowel de verticale jaloeziepositie als ook de uitrichting van de lamellen te sturen. De sturing van de jaloezieën kan ofwel via het systeem ofwel via een rechtstreeks aan de module zelf aangesloten drukknopschakelaar gebeuren.

### **RADIOFREQUENTIEDRUKKNOPPEN**

Het LUXMATE systeem is uitgerust met LM-RFR-radiofrequentieontvanger-drukknoppen voor de draadloze verbinding van EnOcean toetsen (batterijloze RFR-drukknoptechnologie).

Zo wordt bij de configuratie maximale betrouwbaarheid verzekerd en worden de inbouwtijden verkort.

Via de knoppen kunnen vooraf ingestelde stemmingen op heel eenvoudige wijze geactiveerd worden. Via de tuimelschakelaar T+ (op) en T- (neer) kan de verlichting ingeschakeld en de verlichtingssterkte geregeld worden.

### **STURINGSELEMENTEN**

Het LUXMATE systeem beschikt over een ruim aanbod van sturings-elementen voor wandmontage met verschillende functies zoals in- en uitschakeling, dimmen of het oproepen van vooraf ingestelde stemmingen.

### **BUITENLICHTSENSOR**

Het LUXMATE systeem is uitgerust met een algemene sensor voor de gehele installatie die op het hoogste punt van het gebouw geïnstalleerd is. Deze sensor bestaat uit in totaal acht lichtelektrische cellen en een infraroodsensor. De sensor verzamelt via de infraroodsensor continu de gegevens over de directe en diffuse verticale en horizontale lichtinval vanuit elke hemelrichting en over de algemene toestand van de hemel.

Alle door de sensor geregistreerde gegevens worden via de LUXMATE bus voor verdere verwerking en verder gebruik naar de andere onderdelen van de installatie verstuurd.

### **DAGLICHTCALCULATOR**

De gecentraliseerde verwerking van de LUXMATE installatie gebeurt via zoveel calculators als nodig is. Iedere dergelijke calculator is in staat om drie volkomen autonome veldbussen met elk maximaal 500 systeemuitgangen, dus in totaal 1500 uitgangen, te sturen.

De verbinding tussen de calculator en de veldbussen gebeurt via de hiervoor in de calculator voorziene communicatiepoort RS 232. Aan elke poort wordt een communicatie-interface aangesloten die toelaat om de verbinding tussen de calculator en de veldelementen tot stand te brengen.

De calculator beschikt over een modem met telefoontoegang om aan de installatie werken van op afstand uit te voeren.

De daglichtcalculator neemt de volgende functies op zich:

#### **Daglichtafhankelijke regeling**

In die ruimtes waarin het invallende daglicht voldoende is, worden de verlichtingsarmaturen daglichtafhankelijk geregeld, wat resulteert in een hoog gebruikerscomfort en een aanzienlijke energiebesparing.

De lichtcalculator neemt de instelling van de verlichtingswaarden van alle systeemuitgangen op zich in functie van de schommelingen van het daglicht zoals deze door de op het dak van het gebouw geïnstalleerde sensor worden geregistreerd.

Het LUXMATE sturingssysteem maakt voor elke regelbare uitgang het aanmaken van een kenmerkende sturingscurve mogelijk. Deze wordt gebruikt om op elk moment de uitgangswaarde te berekenen die nodig is om het verlichtingsniveau in de ruimte ondanks de normale daglichtschommelingen buiten op een constant niveau te houden.

Voor elke armatuur kunnen verschillende sturingscurven in alle in het LUXMATE systeem mogelijke stemmingen opgenomen worden zodat het systeem bij het kiezen van een van deze stemmingen in een ruimte automatisch de bij deze stemming passende sturingscurve berekent.

Alhoewel de armatuurwaarden automatisch door het systeem worden gestuurd, kunnen deze door de gebruikers op elk moment gewijzigd worden. Daarbij wordt de tijd vastgelegd waarna de installatie aansluitend op een manuele ingreep naar de automatische werking terugkeert.

In elke voor de daglichtafhankelijke regeling in aanmerking komende ruimte wordt een binnenlichtsensor ingebouwd die het invallende daglicht in functie van de afscherpende elementen zoals jaloezieën, glasgordijnen, enz. registreert.

Het gebruik van deze interne sensor impliceert de definiëring van een derde punt in de sturingscurve om rekening te houden met de met de daglichtinval verbonden vervorming.

#### **Automatisering van lamellen**

Het LUXMATE sturingssysteem maakt via de daglichtcalculator een volledige automatisering van alle lamellenuitgangen van de installatie mogelijk. Er kunnen voor elke individuele uitgang of voor willekeurige uitgangsgroepen in elke ruimte aparte automatiseringstaken worden uitgevoerd.

Voor elke groep jaloezieën worden de uitlijning ervan ten overstaan van het noordpunt en ook de horizontale en verticale stand van de zon gedefinieerd waarbij er directe zoninstraling op het raam valt. Bovendien wordt ook de buitenlichtwaarde gedefinieerd waarop de lamel moet worden geactiveerd.

Wanneer door de stand van de zon deze rechtstreeks op het raam valt en de gegevens van de buitensensor de gedefinieerde lichtdrempelwaarde overschrijden, worden de lamellen van het systeem door de instelling van de lamellenhoek in functie van de beweging van de zon automatisch dwars ten aanzien van de zonnestrallen gepositieerd.

Het systeem houdt daarbij ook rekening met de geometrie van het gebouw en met andere aangrenzende gebouwen of elementen die hun schaduwen op de te sturen lamellen zouden kunnen werpen. Omdat de stand van de zon 's morgens als uiterst storend wordt ervaren, ook wanneer de lichtdrempelwaarde niet wordt overschreden, laat het systeem een correctiefactor toe om hierop in te spelen en de jaloezieën naar beneden te verrijden.

Het systeem maakt bovendien de programmering van vooraf ingestelde sluittijden volgens werkuren, feest- en vakantiedagen mogelijk. Daarbij kan men definiëren of de gebruiker op die momenten al dan niet manueel in de installatie kan ingrijpen.

#### **Tijdmanagement**

De daglichtcalculator maakt de programmering van zogenaamde events na de werkuren en op feest- of vakantiedagen mogelijk. Deze events werken in op elk willekeurig onderdeel van de installatie: meerdere ruimtes, één enkele ruimte, groeps- of individuele uitgangen. Er kan zelfs gekozen worden welk uitgangstype het event moet aanspreken.

#### **Verbruiksmanagement**

De gegevens inzake het aantal armaturen en het vermogen van iedere individuele armatuur die aan de verschillende uitgangen van het LUXMATE systeem aangesloten is, worden in het systeem ingegeven. Met deze gegevens worden historische van bedrijfstijden, vermogen en verbruikte energie aangemaakt.

Deze toepassing bezorgt aan het onderhoudspersoneel betrouwbare informatie over de veroudering van de installatieonderdelen en gedetailleerde gegevens over de verbruikswaarden aan elk individueel punt van de installatie.

#### **Gebruikersmanagement**

De daglichtcalculator neemt de administratie van de gebruikers op zich. Daarbij kunnen de namen van de gebruikers, wachtwoorden, werkplekken van de gebruikers en toegangsrechten tot de verschillende LUXMATE sturingsprogramma's en de acties die ze aan de installatie kunnen verrichten, gedefinieerd worden.

#### **Communicatie met externe systemen**

De daglichtcalculator neemt de communicatie met andere systemen met behulp van de communicatiestandaard BMS via het TCP/IP protocol of een seriële poort RS 232 op zich.

Via deze communicatie kan elk willekeurig extern systeem op het LUXMATE sturingssysteem inwerken. Elke willekeurige armatuur van het systeem kan daarbij ingeschakeld, uitgeschakeld en geregeld worden en ook de status van de armatuur of van een deel van de installatie kan worden opgeroepen.

#### **GRAFISCHE INTERFACE**

Het LUXMATE sturingssysteem beschikt over software voor de visualisering van de installatie om de toestand van alle uitgangen van de installatie te controleren.

Het LUXMATE afleessysteem bevat een historiek met de aan de installatie opgetreden storingen. In deze historiek kunnen naargelang van de gebruikersrechten alarmmeldingen als reeds gekend door de onderhoudsmedewerker gemarkeerd en afgeprint worden.

Het systeem geeft niet alleen een algemene alarmcode aan maar specificeert ook of het om een algemeen probleem van de module, een communicatiestoring, een fout in het door de module gestuurde element, enz. handelt.

#### **GESTUURDE RUIMTES**

Hierna worden de gestuurde ruimtes en de definiëring van hun functies volgens hun gebruik en de vereiste prestatiekenmerken opgelijst.

Het sturingssysteem beschikt over een terminal voor de grafische bewaking van de installatie waarmee de status van de systeemuitgangen in real-time aangeduid wordt. Bovendien kunnen bedrijfscommando's naar de systeemuitgangen verstuurd en alarmmeldingen over storingen in modules en lampen aangeduid en afgeprint worden.

#### **Gangen en gemeenschappelijke ruimtes**

Er geldt een algemene sturing van de in- en uitschakelacties volgens het voor het gebouw vastgelegde tijds kader.

In ruimtes met daglichtinval worden armaturen die zich binnen een ca. 5 meter brede strook bevinden, doorlopend aangestuurd.

Buiten de normale gebruikstijden van het gebouw blijft minstens een derde van de armaturen van de ruimte voor de veiligheid en bewaking ingeschakeld.

#### **Receptie**

Hier wordt een touch panel in de wand ingebouwd waarmee deze zone volledig wordt gestuurd. Er wordt ook een overzichtswegge van de aan te sturen elementen met hun verdeling over het gebouw getoond.

In ruimtes met daglichtinval worden armaturen die zich binnen een ca. 5 meter brede strook bevinden, doorlopend aangestuurd. Er geldt een algemene sturing van de in- en uitschakelacties volgens het voor het gebouw vastgelegde tijds kader.

**Toiletten en omkleedruimtes**

Hier wordt de verlichting via bewegingsmelders in- en uitgeschakeld.

In de toilethokjes wordt de verlichting via conventionele wandschakelaars in- en uitgeschakeld.

**Kantoren, werkruimtes en vergaderruimtes**

Hier wordt de verlichting via in de wand ingebouwde radiofrequentieknoppen in- en uitgeschakeld en gedimd.

In ruimtes met daglichtinval worden armaturen die zich binnen een ca. 5 meter brede strook bevinden, doorlopend aangestuurd.

De lamellen worden automatisch zo gestuurd dat de lamellenhoek bij directe zonlichtinval op het raam volgens de actuele stand van de zon wordt ingesteld. Op deze wijze wordt directe lichtinval vermeden maar diffuse lichtinval toegelaten. Het systeem berekent de regelwaarde van de armaturen voor elke positie van de jaloezieën om zo de voor het gebouw gedefinieerde verlichtingssterkte op peil te houden.

Er geldt een algemene sturing van de in- en uitschakelacties volgens het vastgelegde tijds kader.

**Perszaal**

Hier wordt een sturingsapparaat in de wand ingebouwd waarmee uitgangen geactiveerd, uitgeschakeld en geregeld kunnen worden. Bovendien kan de actuele configuratie voor vijf verschillende stemmingen opgeslagen en later opgeroepen worden.

De manuele sturing van lamellen en projectieschermen gebeurt volgens de geselecteerde stemming via het wandapparaat of het touch panel.

De sturing van de ruimte gebeurt via de sturingselementen die voor de bediening van de audiovisuele installaties zijn voorzien, waardoor het systeem voor zijn integratie over een element voor de aansluiting aan externe systemen moet beschikken.





## Klimaatregeling

Het klimaatregelingsysteem gebruikt water als warmtedrager met vier buisleidingen omdat door de geometrie en de ligging van het gebouw verschillende delen van het gebouw verschillend georiënteerd zijn en de vereisten ook bij een gelijktijdige spontane warmteomkeer vervuld moeten worden.

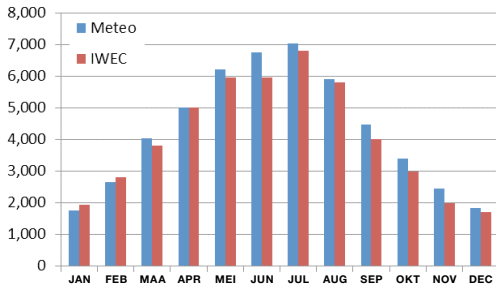
De koudwaterbereiding gebeurt via een luchtgekoelde condensator boven op het dak en de warmwaterbereiding via een gasketel. De verdeling van het water gebeurt met behulp van pompen via een geïsoleerd leidingnet tot aan de eindapparaten.

Bij de eindapparaten gaat het om fancoilunits (ventilator/convectoren) in een 4-wegsuitvoering met een koude- en warmtegroep voor de meeste kantoorruimtes.

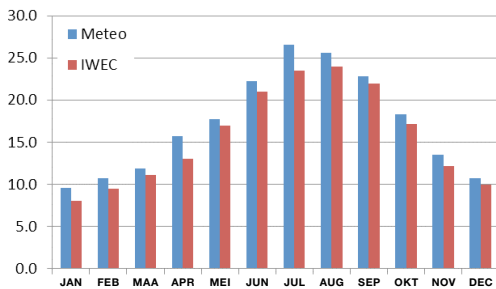
De opname van buitenlucht gebeurt via aircotoestellen voor de filtering en behandeling van de lucht en de aansluitende distributie naar de fancoilunits met een temperatuur die de comfortabele temperatuur voor binnenruimtes benadert.

Voor alle ruimtes is de voorgeschreven luchtverversing volgens de geldende voorschriften voor thermische installaties in gebouwen voorzien. Daarbij leiden aircotoestellen en roterende enthalpiewisselaars de uit de behandelde lucht onttrokken energie verder en geven ze deze af aan de buitenluchtinlaat.

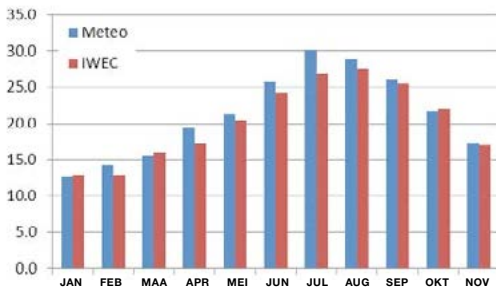
# 5 Inputgegevens



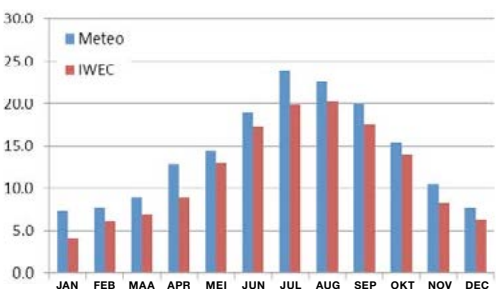
Afbeelding 1: zonnestraling globaal horizontaal (Wh/m²).



Afbeelding 2: maandelijkse gemiddelde temperatuur (Wh/m²).



Afbeelding 3: maandelijkse maximumtemperatuur (Wh/m²).



Afbeelding 4: maandelijkse minimumtemperatuur (Wh/m²).

## 5.1 Klimatologische gegevens

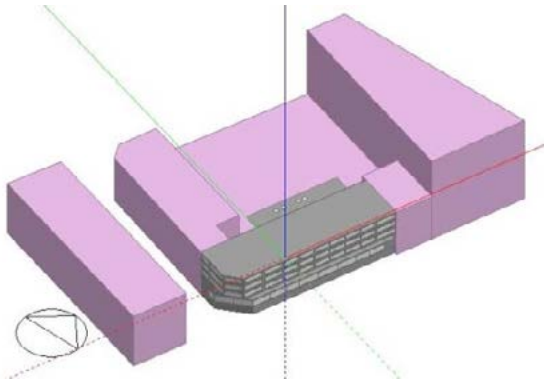
Het gebouw staat in Barcelona, Spanje (breedtegraad 41,28°, lengtegraad 2,07, hoogtegraad 6,0 en dergelijke meer).

Voor de simulatie werd een bestand met de klimatologische gegevens voor deze stad gebruikt. Bron van dit bestand: de 'International Weather for Energy Calculations' (IWEC) van ASHRAE. Het bestand bevat uurinformatie over een heel jaar voor parameters als droogtemperatuur, dauwtemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, zonnestraling (globaal horizontaal, direct normaal en diffuus horizontaal) en wind (richting en snelheid).

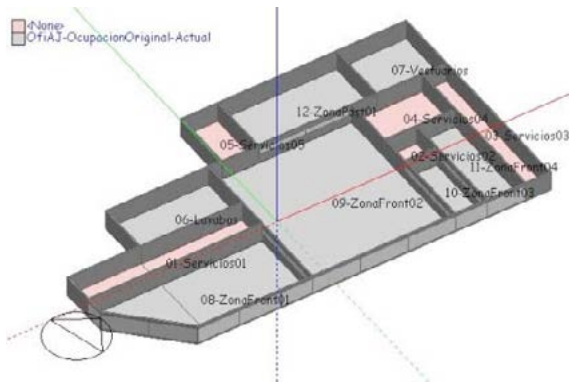
In bijlage 1 vindt u grafische voorstellingen van de jaar-/uurgegevens voor de belangrijkste in het genoemde bestand opgenomen parameters.

Om de betrouwbaarheid van het bestand met klimatologische gegevens te controleren, werden de gemiddelde waarden voor zonnestraling en temperatuur vergeleken met de klimatologische gegevens die in een weerstation in de buurt van het gebouw werden opgemeten.

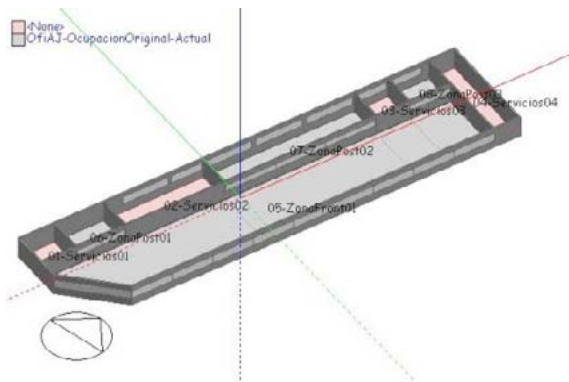
De volgende grafieken maken een vergelijking mogelijk tussen de gemiddelde waarden (bron: METEOCAT) en de corresponderende waarden uit het bestand met klimatologische gegevens (IWEC). Er kan worden vastgesteld dat de opgemeten gegevens en de gegevens uit het bestand in voldoende mate overeenkomen. Dit geldt vooral voor de zonnestraling.



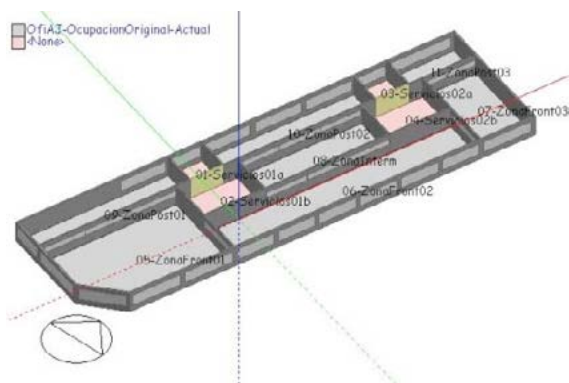
**Afbeelding 5:** 3D-model, het hele gebouw.



**Afbeelding 6:** 3D-model, gelijkvloers.



**Afbeelding 7:** 3D-model, bel-etage.



**Afbeelding 8:** 3D-model, eerste tot vierde bovenverdieping.

## 5.2 Geometrische configuratie en indeling in zones

Het gebouw bestaat uit 8 niveaus: twee vooral als parkeergarage gebruikte ondergrondse niveaus, een gelijkvloers, een bel-etage en vier bovenverdiepingen. De kelderverdiepingen en het gelijkvloers nemen het hele perceel in. De bel-etage en bovenverdiepingen vormen een lang uitgerekt volume waarvan de lengteas van het noorden naar het zuiden loopt (waardoor de bredere gevels naar het oosten en het westen gericht zijn).

Bij de ontwikkeling van het simulatiemodel werd geprobeerd om zoveel mogelijk rekening te houden met de geometrische configuratie van het reële gebouw. Wel werden enkele vereenvoudigingen doorgevoerd om de analyseprocessen te optimaliseren. Deze vereenvoudigingen zijn onder andere:

- De tweede en derde bovenverdieping werden door het gebruik van een zonemultipliator gelijk aan 2 als één enkele standaardverdieping geconfigureerd om de resultaten voor de beide verdiepingen te bekomen.
- Er werd een vereenvoudigde interne zone-indeling vastgelegd door te differentiëren tussen werkruimtes en serviceruimtes en de met de ligging van deze ruimtes verbonden verschillende thermische omstandigheden.
- De configuratie van het model werd zo ontwikkeld dat alle ruimtes convex zijn. Dit is een noodzakelijke voorwaarde voor het gebruik van de optie 'volledige interne en externe zonverdeling' van Design Builder. Deze optie maakt een gedetailleerdere configuratie van de verdeling van de in de ruimte naar binnen vallende zonnestraling mogelijk, wat een belangrijk aspect is met het oog op de doelstellingen van deze studie.

Verder werden ook extra blokken in het model geïntegreerd die de naburige gebouwen voorstellen om rekening te kunnen houden met de schaduwen die door deze gebouwen op het geanalyseerde gebouw geworpen worden.

De afbeeldingen 5 tot 8 tonen de bij de simulaties gebruikte 3D-modellen, met name van het hele gebouw, het gelijkvloers, de bel-etage en de eerste tot vierde bovenverdieping.

## 5.3 Lichtondoorlaatbare omsluitingen

De volgende tabel toont een overzicht van de aan het model van het oorspronkelijke gebouw en aan het model van het huidige gebouw toegewezen omsluitingen, inclusief de warmtedoorgangswaarden en warmtecapaciteit. In bijlage 2 worden de eigenschappen van de verschillende omsluitingen in detail beschreven.

	Oorspronkelijk gebouw	Huidig gebouw
Oostelijke en zuidelijke gevel	Muur 01 U (W/m <sup>2</sup> -K) = 0,675 k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 57,4	Muur 04 U (W/m <sup>2</sup> -K) = 0,272 k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 14,2
Zuidoostelijke gevel (afgeschuinde gevel)	Muur 01 U (W/m <sup>2</sup> -K) = 0,675 k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 57,4	Muur 05 U (W/m <sup>2</sup> -K) = 0,201 k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 57,4
Westelijke gevel	Muur 02 U (W/m <sup>2</sup> -K) = 0,682 k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 57,4	Muur 02 U (W/m <sup>2</sup> -K) = 0,682 k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 57,4
Noordelijke gevel (tussenmuur)	Muur 03 U (W/m <sup>2</sup> -K) = 1,167 k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 56,5	Muur 03 U (W/m <sup>2</sup> -K) = 1,167 k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 56,5
Onderverdelingen (binnenmuren)	Onderverdeling 01 U (W/m <sup>2</sup> -K) = 1,730 k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 104,6	Onderverdeling 01 U (W/m <sup>2</sup> -K) = 1,730 k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 104,6
Bovenste overdekking (vierde bovenverdieping)	Overdekking 01 U (W/m <sup>2</sup> -K) = 0,547 k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 158,0	Overdekking 02 U (W/m <sup>2</sup> -K) = 0,530 k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 158,0
Onderste overdekking (gelijkvloers)	Overdekking 03 U (W/m <sup>2</sup> -K) = 0,545 k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 158,0	Overdekking 03 U (W/m <sup>2</sup> -K) = 0,545 k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 158,0
Binnenvloeren	k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 180,4	k-m (KJ/m <sup>2</sup> -K) = 0,0

U = totale warmtedoorgangswaarde  
k-m = interne warmtecapaciteit

**Afbeelding 9:** Tabel met de mee in rekening gebrachte omsluitingen.

## 5.4 Beglazing

In de volgende tabellen worden de gedetailleerde en algemene waarden van de beglazing voor en na de renovatie voorgesteld:

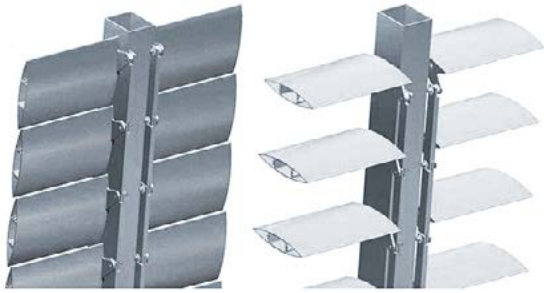
Laag, glas/gas	Dikte (m)	Geleidend vermogen (W/m-K)	Bron
1 (Buiten) helder glas	0,006	0,900	Databank EnergyPlus
2 Luchtkamer	0,006		BS EN 673 / EnergyPlus
3 (Binnen) helder glas	0,006	0,900	Databank EnergyPlus
3,094 W/m <sup>2</sup> -K totale doorgangswaarde (U)			
0,700 totale doorlating zonlicht (SGHC)			
0,604 doorlating direct zonlicht			
0,781 lichtdoorlating			

**Afbeelding 10:** tabel met de eigenschappen van de beglazing in het originele gebouw.

Laag, glas/gas	Dikte (m)	Geleidend vermogen (W/m-K)	Bron
1 (Buiten) generisch reflecterend glas	0,006	0,900	Datenbank EnergyPlus
2 Luchtkamer	0,013		BS EN 673 / EnergyPlus
3 (Binnen) generisch helder glas	0,010	0,900	Datenbank EnergyPlus
2,639 W/m <sup>2</sup> -K totale doorgangswaarde (U)			
0,691 totale doorlating zonlicht (SGHC)			
0,577 doorlating direct zonlicht			
0,763 lichtdoorlating			

**Afbeelding 11:** tabel met de eigenschappen van de beglazing in het huidige gebouw.

## 5.5 Verduisteringsinrichtingen



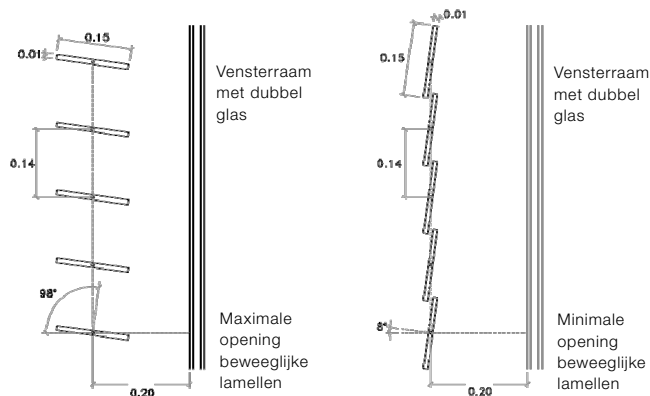
**Afbeelding 12:** foto's van het beweeglijke lamellensysteem in gesloten en geopende positie zoals gebruikt voor marketingdoeleinden.

Voor de simulatiemodellen werden twee soorten verduisteringsinrichtingen gebruikt. De eerste bestaat uit een systeem van geautomatiseerde beweeglijke lamellen aan de buitenzijde van de beglazing. De positie van de lamellen verandert automatisch tussen een minimale openingshoek en een maximale openingshoek om de inval van direct zonlicht op de beglazing te verhinderen. Voor de configuratie van deze sturing werd de module Window Property: ShadingControl > BlockBeamSolar van EnergyPlus gebruikt.

Afbeelding 12 toont foto's van het beweeglijke lamellensysteem zoals deze voor marketingdoeleinden worden gebruikt. In afbeelding 13 zijn de bij de simulatiemodellen gebruikte geometrische parameters weergegeven. In dit verband moeten we erop wijzen dat met Design-Builder/EnergyPlus enkel vlakke lamellen kunnen worden geconfigureerd. Er wordt vanuit gegaan dat de lamellen een geleidend vermogen van 0,1 W/m-K hebben en dat dus zowel de voor- als achterkant een zonreflectie en zichtbare lichtreflectie van 0,6 en een emissiviteit van 0,4 vertonen.

Het beweeglijke lamellensysteem werd gebruikt in de modellen voor de simulatiescenario's 03 en 05. Overeenkomstig de kenmerken van het huidige gebouw werd het echter enkel aan de ramen van de eerste tot de vierde bovenverdieping aan de oostelijke, zuidoostelijke (afgeschuinde gevel) en zuidelijke gevel toegewezen. Aan de zuidelijke gevel worden enkel de vlak naast de zuidoostelijke gevel gelegen ramen meegerekend.

De tweede verduisteringsinrichting bestaat uit een doorschijnend vensterscherm aan de binnenzijde van de beglazing met een doorgangswaarde en een zonreflectie van 0,2. Als sturingscriterium geldt dat deze inrichting actief is wanneer het invallende zonlicht op het betreffende raam 72 W/m<sup>2</sup> of meer bedraagt (bij invallend zonlicht van minder dan 75 W/m<sup>2</sup> geldt dat het vensterscherm opgetrokken is). De vensterschermen aan de binnenzijde zijn toegewezen aan die ramen die in de scenario's 03 en 05 niet met beweeglijke lamellen zijn uitgerust en aan alle ramen van de modellen in de scenario's 01, 02 en 04.



**Afbeelding 13:** geometrische parameters van het beweeglijke lamellensysteem bij de simulatiemodellen.

## 5.6 Interne winsten door personen

Afbeelding 14 toont de inputgegevens betreffende de bezetting van het gebouw terwijl afbeelding 15 de hiermee verbonden instelwaarden toont. Deze parameters worden gebruikt om de interne warmte-winsten door personen volgens de volgende formule te berekenen:

*Winsten door personen (W) = grondoppervlak x bezettingsgraad x stofwisselingssnelheid x stofwisselingsfactor x instelwaarde.*

De bezettingsgraden werden vastgelegd en gestandaardiseerd op basis van de beschikbare informatie over het gebruik van het gebouw. De stofwisselingssnelheid is afhankelijk van de aard van de activiteit (des te intensiever de activiteit, des te hoger is de stofwisselingssnelheid) terwijl de stofwisselingsfactor toelaat om de lichamelijke constitutie van de zich in het gebouw bevindende personen in te schatten: man = 1,00, vrouw = 0,85, kind = 0,75.

Ruimtetype	Bezettingsgraad (pers./m <sup>2</sup> )	SWR (W/pers.)	SWF	Winst (W/m <sup>2</sup> )	Programmering
Werkruimtes	0,150	120	0,90	16,2	Bezetting
Serviceruimtes	0,030	120	0,90	3,2	Bezetting

**Afbeelding 14:** tabel van de inputgegevens betreffende de bezetting.

Zoals uit de formule blijkt, laat de bezettingsprogrammering toe om de tijdsintervallen waarbinnen de ruimtes bezet zijn (wanneer de waarde afwijkt van nul) te definiëren en de daarmee verbonden warmte-winsten tijdafhankelijk aan te passen door een bepaald gebruikspatroon van het gebouw vast te leggen. Zo wordt bijvoorbeeld in de tijdsintervallen waarin de instelwaarde 0,80 bedraagt, de warmte-winst door personen naar 80 % gereduceerd.

Maandag tot donderdag	Vrijdag	Zaterdag en zondag
00:00 - 08:00 = 0,05	00:00 - 08:00 = 0,00	00:00 - 24:00 = 0,00
08:00 - 09:00 = 0,80	08:00 - 09:00 = 0,80	
09:00 - 13:00 = 1,00	09:00 - 13:00 = 1,00	
13:00 - 14:00 = 0,80	13:00 - 14:00 = 0,80	
14:00 - 16:00 = 1,00	14:00 - 16:00 = 1,00	
16:00 - 20:00 = 0,20	16:00 - 24:00 = 0,00	
20:00 - 24:00 = 0,05		

**Afbeelding 15:** bezettingsprogrammering: 1 januari tot 31 december.

## 5.7 Interne winsten door toestellen en installaties

Afbeelding 16 toont de inputgegevens betreffende het gebruik van toestellen en installaties terwijl afbeelding 17 de hiermee verbonden instelwaarden toont. Met behulp van deze gegevens worden de waarden voor het energieverbruik en de overeenkomstige warmte-winsten volgens de volgende formule berekend:

*Verbruikswaarden/winsten door toestellen (W) = grondoppervlak x winstpercentage x instelwaarden.*

Ruimtetype	Winst (W/m <sup>2</sup> )	Concept	VA.	LA.	RA.	FA.	Programmering
Werkruimtes	12,0	Toestellen (elek.)	0,00	0,00	0,20	0,80	Installaties
Serviceruimtes	3,0	Toestellen (elek.)	0,00	0,00	0,20	0,80	Installaties

VA. = verliesaandeel (naar buiten toe afgegeven warmte)

LA. = latent aandeel; RA. = radiatief aandeel; VA. = voelbaar aandeel

**Afbeelding 16:** tabel van de inputgegevens betreffende de toestellen en installaties.

Opmerking: wanneer zoals hier het verliesaandeel gelijk is aan nul, wordt ervan uitgegaan dat de verbruikte energie overeenkomt met de in de ruimte gewonnen warmte. De gewonnen warmte kan volgens de corresponderende waarden in zijn latente, radiatieve en convectieve aandelen worden opgedeeld.

Zoals uit de formule blijkt, laat de installatieprogrammering toe om de bedrijfstijden van de toestellen en installaties (voor zover de waarde afwijkt van nul) te definiëren en de daarmee verbonden warmte-winsten en energieverbruikswaarden tijdafhankelijk aan te passen door een bepaald gebruikspatroon van het gebouw vast te leggen. Zo wordt bijvoorbeeld in de tijdsintervallen waarin de instelwaarde 0,80 bedraagt, het percentage voor het energieverbruik/de warmte-winst door toestellen en installaties naar 80 % gereduceerd.

Maandag tot donderdag	Vrijdag	Zaterdag en zondag
00:00 - 08:00 = 0.05	00:00 - 08:00 = 0.05	00:00 - 24:00 = 0.05
08:00 - 09:00 = 0.80	08:00 - 09:00 = 0.80	
09:00 - 13:00 = 1.00	09:00 - 13:00 = 1.00	
13:00 - 14:00 = 0.80	13:00 - 14:00 = 0.80	
14:00 - 16:00 = 1.00	14:00 - 16:00 = 1.00	
16:00 - 20:00 = 0.20	16:00 - 24:00 = 0.05	
20:00 - 24:00 = 0.05		

**Afbeelding 17:** programmering van toestellen en installaties: 1 januari tot 31 december.



## 5.8 Interne winsten door verlichting

Afbeelding 18 toont de inputgegevens betreffende het gebruik van de kunstverlichting terwijl afbeelding 19 de hiermee verbonden instelwaarden toont. Met behulp van deze gegevens worden de waarden voor het energieverbruik en de overeenkomstige warmtewinsten volgens de volgende formule berekend:

*Verbruikswaarden/winsten door verlichting (W) = grondoppervlak x (minimale verlichtingssterkte / 100) x verlichtingsenergie (W/m<sup>2</sup> - 100 lux) x instelwaarde.*

Ruimtetype	Min. verl. (lux)	Verl. energ. (W/m <sup>2</sup> -100 lux)	Winst (W/m <sup>2</sup> )	RS	Rad A.	SA.	KA.	Programmering
Werkruimtes	500	4,20	21,00	0,00	0,37	0,18	0,45	Verlichting
Serviceruimtes	200	4,20	8,40	0,00	0,37	0,18	0,45	Verlichting

**Afbeelding 18:** tabel van de gegevens betreffende de kunstverlichting.

Maandag tot donderdag	Vrijdag	Zaterdag en zondag
00:00 - 08:00 = 0,05	00:00 - 08:00 = 0,05	00:00 - 24:00 = 0,05
08:00 - 09:00 = 0,80	08:00 - 09:00 = 0,80	
09:00 - 13:00 = 1,00	09:00 - 13:00 = 1,00	
13:00 - 14:00 = 0,80	13:00 - 14:00 = 0,80	
14:00 - 16:00 = 1,00	14:00 - 16:00 = 1,00	
16:00 - 20:00 = 0,20	16:00 - 24:00 = 0,05	
20:00 - 24:00 = 0,05		

**Afbeelding 19:** verlichtingsprogrammering: 1 januari tot 31 december.

Er dient echter op gewezen te worden dat naast deze parameters in elke werkruimte van de scenario's 03 en 05 een lichtsensor geconfigureerd werd die de stapsgewijze verhoging resp. verlaging van de lichtsterkte in functie van de beschikbaarheid van daglicht mogelijk maakt. Er wordt rekening mee gehouden dat de armaturen tot 3 % van hun totale vermogen kunnen worden gedimd en bij het bereiken van deze waarde volledig uitgeschakeld worden.

Omdat het sturingssysteem in scenario 05 samenwerkt met de geautomatiseerde beweeglijke lamellen, moet het lichtsturingssysteem, rekening houdend met de beperkingen van het gebruikte simulatieprogramma, het sturingssysteem van het reële gebouw voor het zonlicht zo realistisch mogelijk weerspiegelen.

## 5.9 HVAC systeem

De klimaatregelingsystemen zijn geconfigureerd met de DesignBuilder optie HVAC Compact, waardoor met behulp van templates vanuit EnergyPlus de integratie van generische systemen mogelijk wordt waarvan de specifieke elementen automatisch worden geconfigureerd.

In dit geval werd een vierwegsfancoilsysteem gedefinieerd met een via een gasketel met een nominale capaciteit van 0,89 gevoede warmwaterkring en een koudwaterkring die gevoed wordt via een koeler met een referentie-COP (prestatiecoëfficiënt) van 3,67. Beide kringen zijn tijdens de bezettingsperiode van het gebouw en het hele jaar door gelijktijdig beschikbaar, conform de in afbeelding 20 voorgestelde programmering. De nominale temperatuur in de koelmodus bedraagt 25 °C terwijl de nominale temperatuur in de warmtemodus 21 °C bedraagt.

Maandag tot donderdag	Vrijdag	Zaterdag en zondag
00:00 - 08:00 = 0,00	00:00 - 08:00 = 0,00	00:00 - 24:00 = 0,00
08:00 - 20:00 = 1,00	08:00 - 16:00 = 1,00	
20:00 - 24:00 = 0,00	16:00 - 24:00 = 0,00	

**Afbeelding 20:** programmering van verwarming en koeling: 1 januari tot 31 december.

De met de klimaatregeling verbonden mechanische ventilatie is voorzien op het gebruik van retourlucht. Daarbij wordt echter altijd een minimaal aandeel verse lucht verzekerd die in dit geval 12,5 l/s per persoon bedraagt. Voor het mechanische ventilatiesysteem geldt de in afbeelding 21 voorgestelde programmering zodat het aandeel aan toestromende verse lucht schommelt naargelang van de bezettingsgraad (waarde 1 staat daarbij voor het maximale aandeel aan verse lucht terwijl de breukwaarden gedeeltelijke ventilatiewaarden voorstellen).

Maandag tot donderdag	Vrijdag	Zaterdag en zondag
00:00 - 08:00 = 0,00	00:00 - 08:00 = 0,00	00:00 - 24:00 = 0,00
08:00 - 09:00 = 0,80	08:00 - 09:00 = 0,80	
09:00 - 13:00 = 1,00	09:00 - 13:00 = 1,00	
13:00 - 14:00 = 0,80	13:00 - 14:00 = 0,80	
14:00 - 16:00 = 1,00	14:00 - 16:00 = 1,00	
16:00 - 20:00 = 0,20	16:00 - 24:00 = 0,00	
20:00 - 24:00 = 0,00		

**Afbeelding 21:** programmering van de mechanische ventilatie: 1 januari tot 31 december.

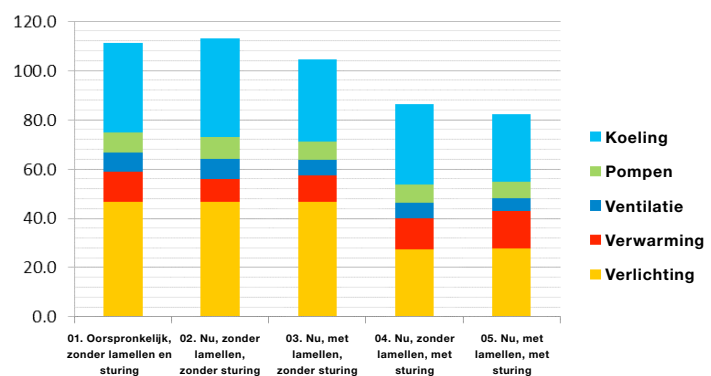
In dit hoofdstuk worden de bij de simulaties verkregen resultaten samengevat. Voor elk van de voorgestelde scenario's werd, rekening houdend met de in het vorige hoofdstuk opgegeven inputgegevens, een jaarsimulatie doorgevoerd.

## 6.1 Algemene energieverbruikswaarden

Eerst tonen we een vergelijkende tabel van de energieverbruikswaarden in kWh/m<sup>2</sup> (afbeelding 22). Hierbij wordt rekening gehouden met het verbruik door de verlichting, de verwarming (ketel), de mechanische ventilatie, de pompen van de klimaatregeling en de koeling (koelinstallaties). Daarnaast wordt in de tabel ook het niveau van de verbetering in de scenario's 02 tot 05 tegenover scenario 01 getoond via het procentueel berekende gereduceerde algemene energieverbruik. Afbeelding 23 toont de waarden van deze tabel in grafiekvorm.

	Verlichting	Verwarming	Ventilatie	Pompen	Koeling	Totaal	Verbetering
01. Oorspronkelijk, zonder lamellen en sturing	46,7	12,2	7,9	8,1	36,3	111,2	Ref.
02. Nu, zonder lamellen, zonder sturing	46,7	9,2	8,0	8,9	40,3	113,1	-1,7 %
03. Nu, met lamellen, zonder sturing	46,7	10,9	6,3	7,4	33,3	104,6	6,0 %
04. Nu, zonder lamellen, met sturing	27,4	12,5	6,5	7,5	32,6	86,5	22,2 %
05. Nu, met lamellen, met sturing	27,7	15,3	5,2	6,5	27,6	82,3	26,0 %

**Afbeelding 22:** Vergelijkende tabel van de waarden voor het energieverbruik voor de klimaatregeling en de verlichting van het gebouw (kWh/m<sup>2</sup>).



**Afbeelding 23:** Vergelijkende grafiek van de waarden voor het energieverbruik voor de klimaatregeling en de verlichting van het gebouw (kWh/m<sup>2</sup>).

We kunnen daarbij vaststellen dat het totale energieverbruik van scenario 02 (huidige gebouw, zonder lamellen en zonder sturing) 1,7 % hoger is dan in scenario 01 (oorspronkelijk gebouw voor de renovatie). Dit is terug te voeren tot het feit dat de omsluitingen van de hoofdgevel werden vervangen door beter geïsoleerde omsluitingen (met een geringere overdrachtscoëfficiënt) maar wel met een geringere thermisch actieve massa.

Omdat het gebouw in Barcelona staat en omwille van zijn gebruik en interne lasten (door bezetting, verlichting en installaties) is het verbruik voor de koeling beduidend hoger dan dat voor de verwarming. Omdat de oude omsluiting van de hoofdgevel een hogere thermisch actieve massa heeft dan de nieuw geïnstalleerde omsluiting, is het algemene verbruik van het gerenoveerde gebouw een beetje hoger dan dat van het oorspronkelijke gebouw. We kunnen vaststellen dat het gerenoveerde gebouw een geringer verbruik voor de verwarming heeft dan het oorspronkelijke gebouw omdat de omsluiting van de hoofdgevel een geringere overdrachtscoëfficiënt heeft (beter geïsoleerd is). Het verbruik voor de koeling is bij het gerenoveerde gebouw echter hoger dan in het oorspronkelijke gebouw omdat de oorspronkelijke omsluiting van de hoofdgevel meer thermisch actieve massa had. Omdat de energiesimulatie van het gebouw dynamisch is, heeft de waarde voor de thermisch actieve massa een wezenlijke invloed op de verkregen resultaten.

Wanneer we scenario 02 als referentie gebruiken (nu, zonder lamellen, zonder sturing) worden de door de lamellen en lichtsturing gerealiseerde verbeteringen duidelijk. Op die manier worden de verbeteringen zichtbaar die uitsluitend door de systemen tot stand worden gebracht.

	Verl.	Verw.	Vent.	Pompen	Koeling	Totaal	Glob. verb.	Glob. verb.
01. Oorspronkelijk, zonder lamellen en sturing	46,7	12,2	7,9	8,1	36,3	111,2	1,9	1,68 %
02. Nu, zonder lamellen, zonder sturing	46,7	9,2	8,0	8,9	40,3	113,1	Ref.	Ref.
03. Nu, met lamellen, zonder sturing	46,7	10,9	6,3	7,4	33,3	104,6	8,5	7,52 %
04. Nu, zonder lamellen, met sturing	27,4	12,5	6,5	7,5	32,6	86,5	26,6	23,52 %
05. Nu, met lamellen, met sturing	27,7	15,3	5,2	6,5	27,6	82,3	30,8	27,23 %

**Afbeelding 24:** Vergelijkende tabel energieverbruikswaarden (kWh/m<sup>2</sup>).

## 6.2 Warmtebalansen van het gebouw

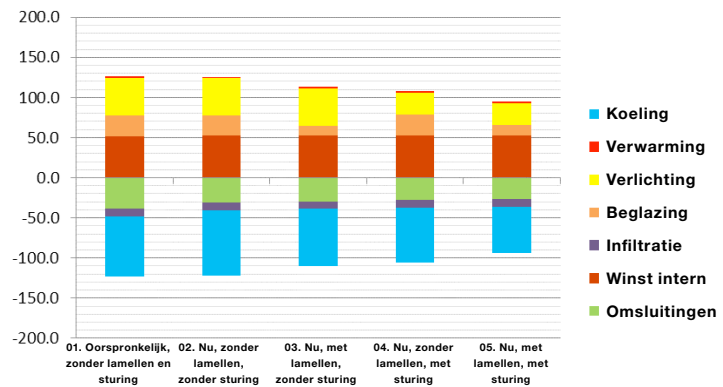
Voor een betere begroting van deze post werd een warmtebalans van het gebouw opgesteld. Hierbij werd rekening gehouden met de winsten door omsluitingen (dit zijn de verliezen en winsten door muren, vloeren en overdekkingen), door interne bronnen (personen en toestellen), door infiltratie, door beglazing (dit zijn de winsten door zonlicht en de geleiding doorheen de ramen), door verlichting, door verwarming en door koeling, uitgaande van de volgende overwegingen:

1. De waarden vertegenwoordigen de som uit de warmtewinsten en –verliezen over het hele jaar. Een aantal waarden houden uitsluitend winsten in, zoals de verlichting, andere dan weer uitsluitend verliezen, zoals de koeling. Bij de omsluitingen zijn echter zowel verliezen als winsten geïmpliceerd. Dit betekent dat, ook al is het globale resultaat van de omsluitingen over het hele jaar bekeken een verlies, er toch perioden zijn waarin deze omsluitingen winsten opleveren.

2. De winsten door koeling en verwarming vertegenwoordigen de energie die door de klimaatregeling telkens ontnomen en in de ruimte ingebracht wordt om het leefklimaat comfortabel te houden. De wezenlijke verschillen in de corresponderende waarden voor het energieverbruik worden verklaard door het feit dat in dit geval noch de efficiëntie van de installaties, noch de door de behandeling van de ventilatiebuitenlucht verbonden lasten mee in rekening gebracht worden.
3. Bij een perfecte warmtebalans zouden de totaalwaarden in de rechterkolom het nulpunt benaderen. Omdat het echter om dynamische berekeningen gaat en aspecten zoals thermische geleidingsweerstand mee in overweging worden genomen, zullen er hier altijd restwaarden zijn.

	Omsl.	Winst int.	Infilt.	Begl.	Verl.	Verw.	Koeling	Totaal
01. Oorspronkelijk, zonder lamellen en sturing	-38,5	52,1	-9,4	25,5	46,7	1,9	-75,4	3,0
02. Nu, zonder lamellen, zonder sturing	-31,3	52,2	-9,5	25,0	46,7	1,3	-81,5	2,9
03. Nu, met lamellen, zonder sturing	-29,5	52,2	-9,2	12,4	46,7	1,5	-71,6	2,6
04. Nu, zonder lamellen, met sturing	-28,0	52,4	-9,2	26,0	27,4	1,9	-68,0	2,3
05. Nu, met lamellen, met sturing	-27,0	52,3	-8,9	13,1	27,7	2,2	-57,5	1,9

**Afbeelding 25:** Vergelijkende tabel van de algemene warmtebalansen van het gebouw (kWh/m<sup>2</sup>).



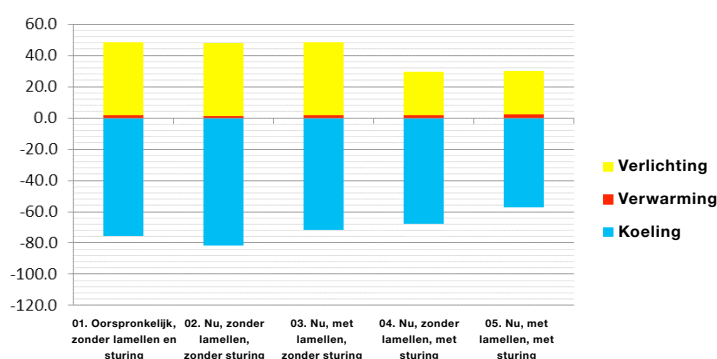
**Afbeelding 26:** Vergelijkende grafiek van de algemene warmtebalansen van het gebouw (kWh/m<sup>2</sup>).

In de afbeeldingen 27 en 28 worden de gegevens over de warmteverliezen en –winsten door de koeling, verwarming en verlichting apart weergegeven. Dit laat toe om een duidelijke band tussen de warmtebalansen en de daarmee gepaard gaande energieverbruikswaarden vast te leggen, vooral met het oog op de berekening van de procentuele verbeteringswaarden.

Opmerking: voor de berekening van de totaalwaarden van de tabel in afbeelding 27 werden de negatieve waarden voor de koeling (warmteverliezen) omgekeerd.

	Koeling	Verwarming	Verlichting	Totaal	Glob. verb.
01. Oorspronkelijk, zonder lamellen en sturing	-75,4	1,9	46,7	124,1	4,17 %
02. Nu, zonder lamellen, zonder sturing	-81,5	1,3	46,7	129,5	Ref.
03. Nu, met lamellen, zonder sturing	-71,6	1,5	46,7	119,8	7,49 %
04. Nu, zonder lamellen, met sturing	-68,0	1,9	27,4	97,3	24,86 %
05. Nu, met lamellen, met sturing	-57,5	2,2	27,7	87,4	32,51 %

**Afbeelding 27:** Vergelijkende tabel van de partiële warmtebalansen van het gebouw (kWh/m<sup>2</sup>).



**Afbeelding 28:** Vergelijkende grafiek van de partiële warmtebalansen van het gebouw (kWh/m<sup>2</sup>).

### Analyse van de resultaten van scenario 02

We kunnen vaststellen dat het verbruik voor de koeling in scenario 02 (gerenoveerd gebouw, zonder lamellen en zonder lichtsturing) hoger is dan in scenario 01 (gebouw voor de renovatie), met name dat dit stijgt van 75,4 naar 81,5 kWh/m<sup>2</sup>. Het verbruik voor de verwarming daalt daarentegen van 1,9 naar 1,3 kWh/m<sup>2</sup>.

### Analyse van de resultaten van scenario 03

Bij de resultaten van scenario 03 (gerenoveerd gebouw, met lamellen en zonder lichtsturing) kunnen we vaststellen dat het verbruik voor de koeling in vergelijking met scenario 02 door de implementatie van beweeglijke zonweringlamellen aanzienlijk daalt, met name van 81,5 naar 71,6 kWh/m<sup>2</sup>. Het verbruik voor de verwarming stijgt daarentegen licht van 1,3 naar 1,5 kWh/m<sup>2</sup>. Dit kan worden verklaard door het feit dat de beweeglijke lamellen weliswaar de inval van diffuse zonnestraling toelaten maar de inval van direct zonlicht verhinderen (als zonwering) en er daardoor in de winter minder gratis warmte winsten zijn, waardoor de verwarmingsbehoefte vergeleken met scenario 02 duidelijk stijgt. Bovendien zien we dat het verbruik voor de verlichting zowel bij scenario 01 als bij scenario 02 en scenario 03 constant blijft omdat het gesimuleerde verlichtingssysteem niet over een lichtsturing beschikt zodat de armaturen onafhankelijk van de daglichtinval in het gebouw gedurende de volledige bezettings- en gebruikstijd van het gebouw ingeschakeld blijven.

De verbetering in het energieverbruik van het gebouw bedraagt 3,5 % in vergelijking met het oorspronkelijke gebouw en 7,5 % in vergelijking met het gerenoveerde gebouw zonder lamellen en lichtsturingssysteem.

#### **Analyse van de resultaten van scenario 04**

Voor wat de resultaten van scenario 04 (gerenoveerd gebouw, zonder lamellen maar met lichtsturing) betreft, zien we middels een vergelijking met het resultaat van scenario 02 dat de verbetering op het vlak van algemene energieverbruikswaarden aanzienlijk is. Dit is vooral gebaseerd op de vermindering van het energieverbruik voor de verlichting, dat daalt van 46,7 kWh/m<sup>2</sup> naar 27,4 kWh/m<sup>2</sup>. Ook het verbruik voor de koeling daalt significant van 81,5 kWh/m<sup>2</sup> naar 68 kWh/m<sup>2</sup>, waaruit blijkt dat de daling van het verbruik voor de verlichting hoofdzakelijk positief inwerkt op het verbruik voor de koeling. De daling van het verbruik voor de verlichting werkt dan weer wel negatief in op het verbruik van het gebouw voor de verwarming, dat stijgt van 1,3 naar 1,9 kWh/m<sup>2</sup>. Deze stijging heeft echter in het licht van de verschillen in het energieverbruik voor de koeling/verlichting enerzijds en de verwarming anderzijds niet echt een significante impact op de algemene berekening van het energieverbruik van het gebouw.

De verbetering in het energieverbruik van het gebouw bedraagt 21,6 % in vergelijking met het oorspronkelijke gebouw en 24,8 % in vergelijking met het gerenoveerde gebouw zonder lamellen en lichtsturingssysteem.

#### **Analyse van de resultaten van scenario 05**

Uit de vergelijking van de simulatie van scenario 05 (gerenoveerd gebouw met lamellen en met lichtsturing), waarin alle maatregelen inbegrepen zijn die bij de grondige renovatie van het gebouw zijn gerealiseerd, met scenario 04 (gerenoveerd gebouw zonder lamellen en met lichtsturing) blijkt dat het verbruik voor de koeling daalt van 68 naar 57,5 kWh/m<sup>2</sup>. Dit kan worden verklaard door de zonwering door middel van beweeglijke lamellen aan de gevel. Het verbruik voor de verlichting en de verwarming stijgt daarentegen duidelijk. Dit valt dan weer te verklaren door het feit dat de beweeglijke lamellen weliswaar de inval van diffuse zonnestraling toelaten maar de inval van direct zonlicht verhinderen (zonwering) en er daardoor in de winter minder gratis warmtewinsten zijn waardoor de verwarmingsbehoefte lichtjes stijgt, waarbij dient gezegd dat deze verschillen in het energieverbruik voor de verlichting en de verwarming niet echt een significante impact hebben op de algemene berekening van het energieverbruik van het gebouw. Deze toont immers een verbetering van 29,6 % in vergelijking met het gebouw voor de renovatie en van 32,5 % in vergelijking met het gerenoveerde gebouw zonder lamellen en zonder lichtsturing.

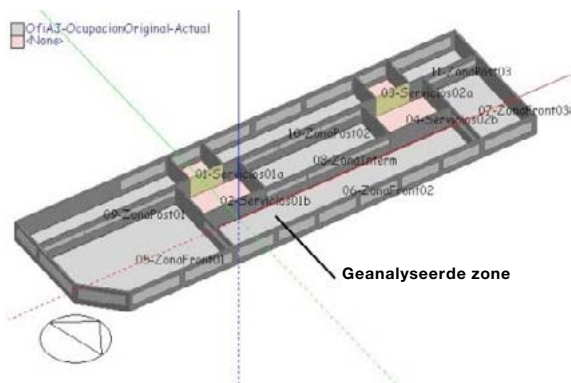
Uit de aldus verkregen resultaten kunnen conclusies op het vlak van energetische verbeteringen door zowel de afzonderlijke als gecombineerde implementatie van het zonweringsysteem en de lichtsturing worden getrokken.

### Overwegingen inzake het gebouw

De hoger besproken resultaten hebben betrekking op het GEBOUW (het gebouw in zijn totaliteit) inclusief alle gevels, verdiepingen en binnenruimtes. Er dient op gewezen te worden dat het zonweringsysteem enkel aan de oostelijke en zuidoostelijke gevel (afgeschuinde achtergevel). Evenmin is er een zonweringsysteem op basis van beweeglijke lamellen op het hele gelijkvloers en de bel-etage zodat de verbetering van de energieverbruikswaarden nog hoger zou zijn geweest wanneer aan de naar het westen georiënteerde achtergevel en op het gelijkvloers en de bel-etage van het gebouw lamellen ingebouwd waren geweest.

Voor de raming van de impact van het lamellen- en zonweringsysteem werd op ZONENIVEAU een simulatie uitgevoerd van een representatieve zone die met het lamellen- en zonweringsysteem uitgerust is zodat de overige zones, die niet over deze systemen beschikken, niet mee in de resultaten van de in deze zone gerealiseerde verbeteringen opgenomen zijn. Deze simulatie wordt in het volgende hoofdstuk besproken.

## 6.3 Warmtebalansen van een representatieve ZONE met beweeglijk lamellensysteem



**Abbeelding 29:** Identificatie van de in dit hoofdstuk geanalyseerde zone.

Zoals bij de inputgegevens aangegeven, werd het beweeglijke lamellensysteem niet aan alle ramen van het gebouw geïnstalleerd maar enkel aan de ramen van de eerste tot de vierde verdieping aan de oostelijke, zuidoostelijke en zuidelijke gevel (bij deze laatste werden dan weer enkel de ramen die onmiddellijk aan de zuidoostelijke gevel grenzen in overweging genomen). Zodoende beschikt slechts 42,2 % van de benutte totale oppervlakte van het gebouw over het genoemde systeem. Naast het feit dat het gelijkvloers door zijn geometrische configuratie volkomen anders aan de zoninstraling blootgesteld wordt dan de resterende verdiepingen, bemoeilijkt dit de meting van de werkelijke impact van het beweeglijke lamellensysteem wanneer de gegevens op niveau van het gebouw worden getoond.

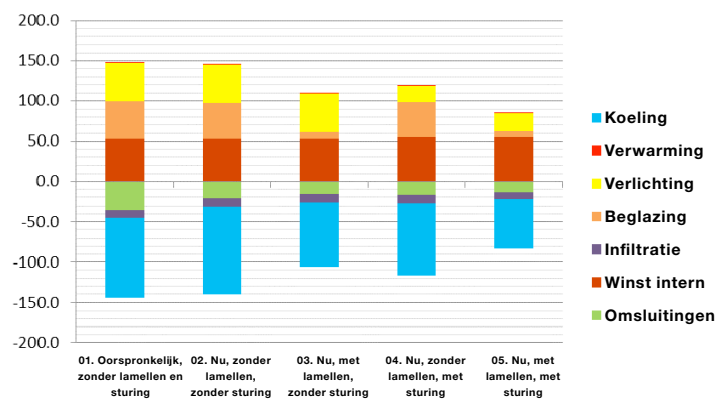
Om de invloed van dit aspect op de prestatiekenmerken van het gebouw beter te kunnen inschatten, worden in dit hoofdstuk de berekende warmtebalansen in een representatieve zone waarin het beweeglijke lamellensysteem geïnstalleerd werd, getoond. In dit geval gaat het om kopzone 02 van de tweede bovenverdieping (zie afbeelding 29).

Opmerking: alle overwegingen gemaakt in het vorige hoofdstuk zijn ook van toepassing op deze gegevens.



	Koeling	Verwarming	Verlichting	Totaal	Glob. verb.
01. Oorspronkelijk, zonder lamellen en sturing	-98	1,1	47,8	146,9	6,85 %
02. Nu, zonder lamellen, zonder sturing	-109,5	0,3	47,8	157,7	Ref.
03. Nu, met lamellen, zonder sturing	-80,6	0,6	47,8	129,0	18,20 %
04. Nu, zonder lamellen, met sturing	-89,3	0,7	20,8	110,7	29,80 %
05. Nu, met lamellen, met sturing	-60,9	1,0	22,1	84,0	46,73 %

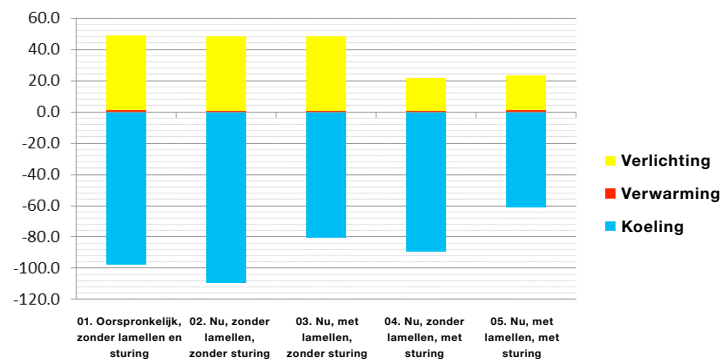
**Afbeelding 30:** Vergelijkende tabel van de algemene warmtebalansen van kopzone 02 (kWh/m<sup>2</sup>).



**Afbeelding 31:** Vergelijkende grafiek van de algemene warmtebalansen van kopzone 02 (kWh/m<sup>2</sup>).

	Koeling	Verwarming	Verlichting	Totaal	Glob. verb.
01. Oorspronkelijk, zonder lamellen en sturing	-98,0	1,1	47,8	146,9	Ref.
02. Nu, zonder lamellen, zonder sturing	-109,5	0,3	47,8	157,7	-7,4 %
03. Nu, met lamellen, zonder sturing	-80,6	0,6	47,8	129,0	12,2 %
04. Nu, zonder lamellen, met sturing	-89,3	0,7	20,8	110,7	24,6 %
05. Nu, met lamellen, met sturing	-60,9	1,0	22,1	84,0	42,8 %

**Afbeelding 32:** Vergelijkende tabel van de partiële warmtebalansen van kopzone 02 (kWh/m<sup>2</sup>).



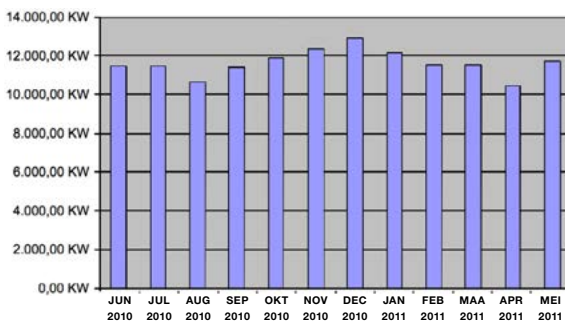
**Afbeelding 33:** Vergelijkende grafiek van de partiële warmtebalansen van kopzone 02 (kWh/m<sup>2</sup>).

We zien dat de verbetering van de energieverbruikswaarden op ZONENIVEAU in vergelijking met de energieverbruikswaarden op GEBOUWNIVEAU aanzienlijk hoger is, met name een verbetering van 42,8 % in vergelijking met het oorspronkelijke gebouw voor de renovatie en van 46,7 % in vergelijking met het gerenoveerde gebouw zonder lamellen en zonder lichtsturing.

## 6.4 Vergelijking tussen de gemeten en gesimuleerde energieverbruikswaarden voor de verlichting

Omdat er voor het gebouw reële meetgegevens over het energieverbruik voor de verlichting voor een heel jaar voorliggen (scenario 05), kunnen deze vergeleken worden met de in de simulatie berekende cijfers.

Hierna worden de uit de LRA-module van LUXMATE gehaalde gegevens inzake het stroomverbruik voor de verlichting voor de periode van juni 2010 tot mei 2011 getoond:



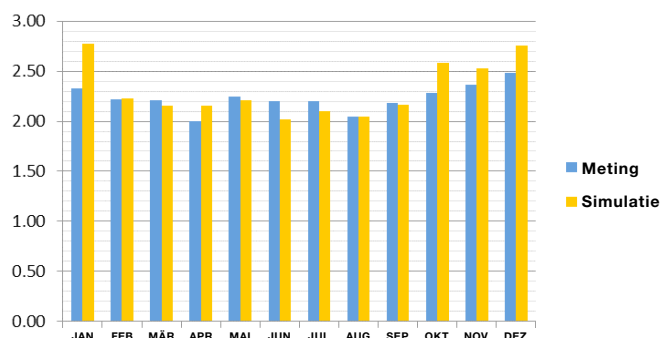
Gebouw	SERVEIS TERRITORIALS DE TREBALL
Locatie	C/ Carrera 12-24. BARCELONA
Aanvangsdatum	01 juni 2010
Einddatum	31 mei 2011
Armatuur DALI:	2 x 36 W
Aantal armaturen:	1 137
Geïnstalleerd vermogen (W)	81 864
Juni 2010	11 450,26 KW
Juli 2010	11 462,26 KW
Augustus 2010	10 657,44 KW
September 2010	11 370,64 KW
Oktober 2010	11 878,58 KW
November 2010	12 315,18 KW
December 2010	12 910,79 KW
Januari 2011	12 134,43 KW
Februari 2011	11 539,17 KW
Maart 2011	11 522,12 KW
April 2011	10 443,91 KW
Mei 2011	11 714,40 KW
Totaal	139 399,18 KW

In de tabel van afbeelding 34 en de grafiek van afbeelding 35 wordt de hoger aangegeven vergelijkende analyse getoond. We kunnen vaststellen dat de meetgegevens globaal genomen met de bij de simulaties verkregen gegevens overeenstemmen. In de eerste en laatste maanden zijn de afwijkingen weliswaar significant maar verder wordt een vrij gelijkaardig beeld verkregen. Wanneer we bovendien de jaarlijkse verbruikswaarden bekijken, bedraagt de afwijking slechts 3,5 %.

Deze vergelijking leert ons dat we ons sterk kunnen verlaten op de ontwikkelde simulatiemodellen, vooral wat de werking van de beweeglijke lamellen en het lichtsturingssysteem betreft. De overige parameters inzake het energieverbruik zoals verwarming en koeling konden niet vergeleken worden omdat er geen gedifferentieerde meetgegevens voorliggen.

	Gemeten	Simulatie	Afwijking
Jan	2,33	2,77	-19,1 %
Feb	2,21	2,23	-0,6 %
Maa	2,21	2,15	2,7 %
Apr	2,00	2,15	-7,3 %
Mei	2,25	2,21	1,8 %
Jun	2,20	2,02	8,1 %
Jul	2,20	2,10	4,5 %
Aug	2,05	2,05	0,0 %
Sep	2,18	2,17	0,7 %
Okt	2,28	2,58	-13,2 %
Nov	2,36	2,52	-6,8 %
Dec	2,48	2,75	-11,1 %
Totaal	26,76	27,71	-3,5 %

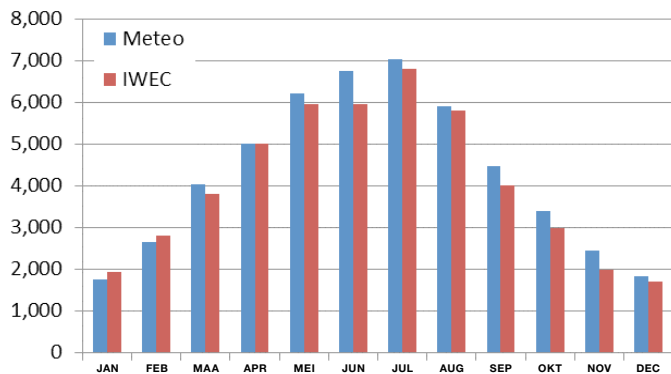
**Afbeelding 34:** Vergelijkende tabel van de gemeten en de in scenario 05 gesimuleerde energieverbruikswaarden voor de verlichting (kWh/m<sup>2</sup>).



**Afbeelding 35:** Vergelijkende grafiek van de gemeten en de in scenario 05 gesimuleerde energieverbruikswaarden voor de verlichting (kWh/m<sup>2</sup>).

De geringe verschillen tussen de reële, vanuit de installatie opgenomen verbruiksgegevens en de bij de simulatie vastgelegde waarden kunnen worden verklaard door de volgende factoren:

1. De voor de simulatie aangewende gebruikperiode van het gebouw kan in zekere mate afwijken van het reële tijds kader van de installatie.
2. De gegevens van het bij de simulatie gebruikte klimaatbestand komen uit een databank van IWEC (Ashrae) en wijken voor een stuk af van de reële klimaatgegevens van juni 2010 tot mei 2011, dus voor de periode waarvoor we reële gegevens over het verbruik voor de verlichting hebben. Omdat het Catalaanse Klimaatinstituut reële klimaatbestanden vanuit een weerstation in de buurt van het gebouw dat het voorwerp van deze studie is, ter beschikking heeft gesteld, konden de gegevens van beide met elkaar vergeleken (reeds uitgelegd in hoofdstuk 5.1 van deze studie) worden. Hierna wordt de vergelijking getoond:



**Afbeelding 36:** Vergelijking van globale horizontale zonnestraling (Wh/m²).

3. Bij de simulatie wordt geen rekening gehouden met het doorheen de interne onderverdelingen, die de ruimtes achter de gevel afscheiden van de meer naar binnen gelegen ruimtes, invallende licht, wat tot verschillen leidt tussen de reële, vanuit de installatie opgenomen verbruiksgegevens en de bij de simulatie vastgelegde waarden.

In dit hoofdstuk worden de conclusies uit de uitgevoerde studie besproken.

Deze studie werd uitgevoerd aan de hand van een onlangs gerenoveerd gebouw waarin een Luxmate lichtsturing en een extern lamellensysteem geïnstalleerd is en waarvan er reële gegevens over het stroomverbruik voor de verlichting van mei 2010 tot mei 2011 voorliggen. Er zijn echter geen reële verbruikswaarden voor de klimaatregeling ter beschikking omdat de netanalyseapparaten in de zekeringenkast niet konden worden uitgelezen.

In deze studie werd de invloed ingeschat die een lichtsturingssysteem met buitenlamellen voor de zonwering op het energieverbruik van het gebouw heeft en dit zowel voor het verbruik door de verlichting als voor het energieverbruik van de klimaatregeling.

## 7.1 Scenario van het GEBOUW

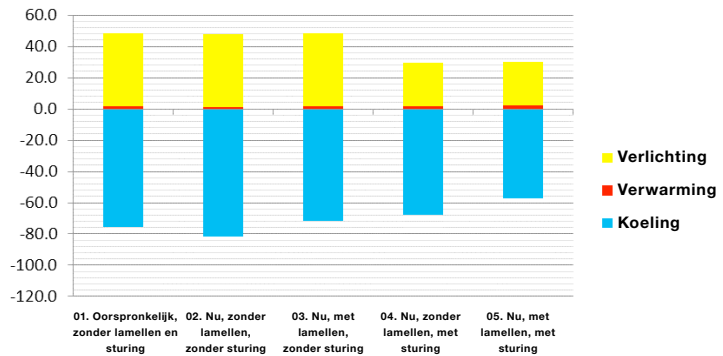
Er werden verschillende scenario's gesimuleerd om de verbeteringen op het vlak van het energieverbruik door het geïnstalleerde lichtsturing- en externe lamellensysteem zowel afzonderlijk als ook gecombineerd in te schatten. Deze scenario's zijn als volgt samengevat:

- Scenario 01: oorspronkelijk gebouw (voor de renovatie), zonder beweeglijke lamellen en zonder lichtsturing
- Scenario 02: huidig gerenoveerd gebouw, zonder beweeglijke lamellen en zonder lichtsturing
- Scenario 03: huidig gebouw, met beweeglijke lamellen en zonder lichtsturing
- Scenario 04: huidig gebouw, zonder beweeglijke lamellen en met lichtsturing
- Scenario 05: huidig gebouw, met beweeglijke lamellen en met lichtsturing

De simulatie werd zowel op het niveau van het GEBOUW als op het niveau van de ZONE uitgevoerd. In het eerste geval (GEBOUW NIVEAU) omvat de simulatie alle ruimtes en verdiepingen van het gebouw en leidt dit tot resultaten over de waarden voor het energieverbruik in combinatie met het verlichtingssysteem en met het klimaatregelingsysteem in elk van de scenario's. Deze resultaten worden hierna samengevat.

	Koeling	Verb.koel.	Verwarm.	Verb. verw.	Verl.	Verb. verl.	Totaal	Globale verb.	Globale verb.
01. Oorspronkelijk, zonder lamellen en sturing	-75,4	7,48 %	1,9	-46,15 %	46,7	0,00 %	124,1	5,4	4,17 %
02. Nu, zonder lamellen, zonder sturing	-81,5	Ref.	1,3	Ref.	46,7	Ref.	129,5	Ref.	Ref.
03. Nu, met lamellen, zonder sturing	-71,6	12,15 %	1,5	-15,38 %	46,7	0 %	119,8	9,7	7,49 %
04. Nu, zonder lamellen, met sturing	-68,0	16,56 %	1,9	-46,15 %	27,4	41,33 %	97,3	32,2	24,86 %
05. Nu, met lamellen, met sturing	-57,5	29,45 %	2,2	-69,23 %	27,7	40,69 %	87,4	42,1	32,51 %

**Afbeelding 37:** Vergelijkende tabel van de partiële warmtebalansen van het gebouw (kWh/m<sup>2</sup>).



**Afbeelding 38:** Vergelijkende grafiek van de partiële warmtebalansen van het gebouw (kWh/m²).

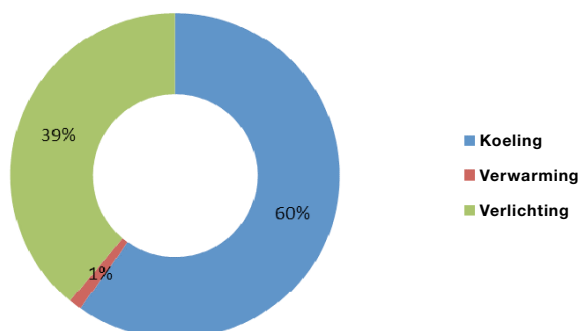
Men moet er rekening mee houden dat noch de achtergevel (naar het westen gericht), noch de hoofdgevels van het gelijkvloers en de bel-etage (naar het oosten gericht) over een beweeglijk lamellensysteem aan de beglazing beschikken, waardoor de verkregen resultaten dus zowel de ruimtes met lamellen als ruimtes zonder zonwering omvatten. Het maakt de resultaten voor de scenario's 03, 04 en 05 er alleen maar betekenisvoller op.

### 7.1.1 Analyse van scenario 03 (huidig gebouw, met lamellen, zonder sturing) – GEBOUWNIVEAU

Wanneer de resultaten van scenario 02 (huidig gebouw, zonder lamellen, zonder sturing) als referentie worden genomen, zien we dat bij scenario 03 (enkel en alleen door de installatie van een extern lamellensysteem) bij het algemene energieverbruik voor de klimaatregeling + de verlichting een daling met 7,5 % wordt gerealiseerd.

Dit scenario 03 maakt energiebesparingen louter op grond van de installatie van een beweeglijk lamellensysteem aan de glasvlakken van de gevel mogelijk.

De waarden voor het energieverbruik voor koeling, verwarming en verlichting verhouden zich onderling als volgt tot elkaar:



Opdeling van deze algemene procentuele besparing volgens de verschillende types van energieverbruik:

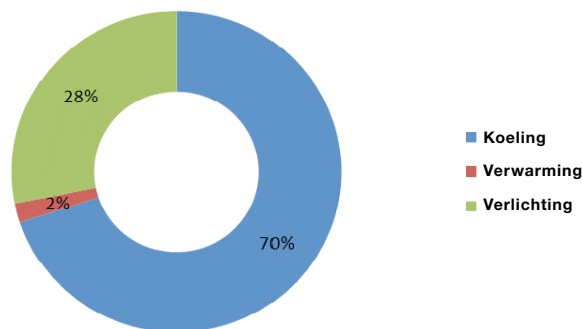
- Koeling: er wordt tegenover scenario 02 een daling van het verbruik voor koeling met 12,14 % gerealiseerd. De invloed van enkel de lamellen op het koelsysteem is goed te zien omdat de lamellen heel duidelijk de functie hebben om directe zonlichtinval doorheen de glazen gevelvlakken te verhinderen. We willen er hier toch nog even op wijzen dat de resultaten betrekking hebben op het gebouw en er dus ook delen van het gebouw in opgenomen zijn waar geen zonweringlamellen zijn aangebracht (de naar het westen gerichte achtergevel en de naar het oosten gerichte hoofdgevel op het gelijkvloers en de bel-etage).
- Verwarming: in dit geval verhoogt het verbruik voor de verwarming met 15,4 % in vergelijking met hetzelfde gebouw zonder buitenlamellen aan de ramen. Het feit dat de buitenlamellen tegen directe zonlichtinval doorheen de ramen beschermen, heeft een duidelijke impact op het verwarmingssysteem omdat het hier om gratis warmtewinsten gaat die het verwarmingssysteem ten goede komen. Omdat het gewicht van het verbruik voor de verwarming in vergelijking met het verbruik voor de verlichting en de koeling ingevolge de locatie en de eigenschappen van het gebouw niet bijzonder representatief is, heeft deze verhoging met 15,4 % echter geen al te grote invloed op de berekening van het algemene energieverbruik van het gebouw. Bovendien wordt bij deze raming van het energieverbruik geen rekening gehouden met aspecten zoals de verbetering van het comfort van de zich in het gebouw ophoudende personen, enerzijds door de bescherming tegen verblinding door het verhinderen van directe zonlichtinval en anderzijds ook, zelfs in de winter, door de bescherming tegen een al te sterke verhoging van de lichaamstemperatuur in de buurt van de gevelramen.
- Verlichting: deze blijft constant omdat noch in scenario 02, noch in scenario 03 lichtsturing voorzien is en de verlichting tijdens het gebruik van het gebouw voor de volle 100 % in werking is zonder dat rekening wordt gehouden met de daglichtinval doorheen de ramen.

## 7.1.2 Analyse van scenario 04 (huidig gebouw, zonder lamellen, met sturing) – GEBOUWNIVEAU

Bij scenario 04 (met geïnstalleerd lichtsturingssysteem maar zonder lamellen) daalt het energieverbruik met 24,9 % in vergelijking met scenario 02.

Dit scenario 04 maakt energiebesparingen louter op grond van de installatie van een lichtsturingssysteem mogelijk.

De waarden voor het energieverbruik voor koeling, verwarming en verlichting verhouden zich onderling als volgt tot elkaar:



Opdeling van deze algemene procentuele besparing volgens de verschillende types van energieverbruik:

- Koeling: hier daalt het verbruik voor de koeling met 16,56 % in vergelijking met scenario 02. Dit wordt enkel verklaard door de vermindering van de interne winsten door de verlichting waartegen de klimaatregeling moet ingaan omdat er een lichtsturingssysteem ter beschikking staat dat de lichtsterkte regelt in functie van de inval van daglicht doorheen de glazen gevelvlakken.
- Verwarming: hier stijgt het verbruik van het verwarmingssysteem met 46,15 % in vergelijking met hetzelfde gebouw zonder lichtsturing. Dit wordt verklaard door het feit dat de interne winsten door de verlichting, die in de winter het verwarmingssysteem ten goede komen, dalen, waardoor de verwarming dit moet opvangen. Omdat het gewicht van het verbruik voor de verwarming in vergelijking met het verbruik voor de verlichting en de koeling ingevolge de locatie en de eigenschappen van het gebouw niet bijzonder representatief is, heeft deze verhoging met 46,15 % echter geen al te grote invloed op de berekening van het algemene energieverbruik van het gebouw.
- Verlichting: door de installatie van het lichtsturingssysteem daalt het met deze installatie verbonden energieverbruik met 41,32 % in vergelijking met hetzelfde gebouw zonder lichtsturing.

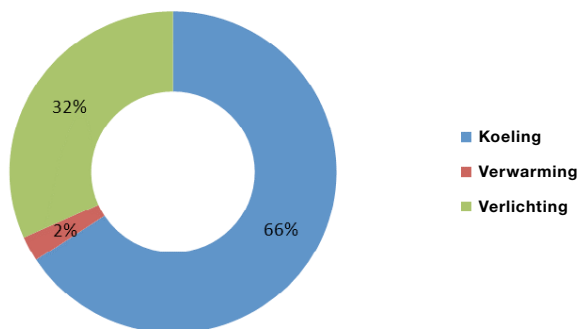


### 7.1.3 Analyse van scenario 05 (huidig gebouw, met lamellen, met sturing) – GEBOUWNIVEAU

Bij scenario 05 (met geïnstalleerd lichtsturingssysteem en met beweeglijk lamellensysteem aan de glasvlakken van de gevel) daalt het energieverbruik met 32,51 % in vergelijking met scenario 02.

Dit scenario 05 maakt energiebesparingen op grond van de combinatie van de installatie van een lichtsturingssysteem met een beweeglijk lamellensysteem aan de glasvlakken van de gevel mogelijk.

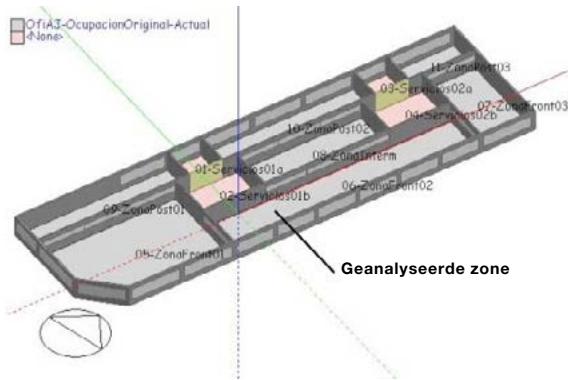
De waarden voor het energieverbruik voor koeling, verwarming en verlichting verhouden zich onderling als volgt tot elkaar:



Opdeling van deze algemene procentuele besparing volgens de verschillende types van energieverbruik:

- Koeling: hier wordt in vergelijking met scenario 02 een daling van het verbruik voor de koeling met 29,44 % gerealiseerd op grond van de combinatie van de installatie van een lichtsturingssysteem met een beweeglijk lamellensysteem aan de glasvlakken van de gevel.
- Verwarming: hier stijgt het verbruik van het verwarmingssysteem met 69,23 % in vergelijking met hetzelfde gebouw zonder lichtsturing en zonder beweeglijke buitenlamellen. Dit wordt verklaard door het feit dat de interne winsten door de verlichting, die in de winter het verwarmingssysteem ten goede komen, dalen, en dat de gratis interne winsten door de directe inval van zonlicht doorheen de ramen terugvallen, waardoor de verwarming dit alles moet opvangen. Deze verhoging weegt door het geringe gewicht van het verbruik voor de verwarming in vergelijking met het verbruik voor de verlichting en de koeling niet al te zwaar door in de berekening van het algemene energieverbruik van het gebouw.
- Verlichting: hier daalt het verbruik van het verlichtingssysteem met 40,68 % in vergelijking met hetzelfde gebouw zonder lichtsturing en zonder beweeglijke buitenlamellen. Dit percentage valt iets lager uit dan bij scenario 04 (41,32 %) omdat, zoals hoger reeds uitgelegd, gezien het feit dat beweeglijke lamellen de inval van direct zonlicht doorheen de ramen van de gevel verhinderen, de inval van daglicht van buiten uit vermindert en bijgevolg de lichtsterkte lichtjes moet worden verhoogd.

## 7.2 Scenario's van een ZONE



Wanneer we de simulatie op ZONENIVEAU uitvoeren, wijzigen de resultaten aanzienlijk. Hiervoor werd de simulatie van één enkele zone van het gebouw die aan de gevel over een beweeglijk lamellensysteem beschikt, uitgevoerd. Meer specifiek werd de in de tekening als „kopzone 02“ aangeduide zone met een naar het oosten gerichte gevel gesimuleerd.

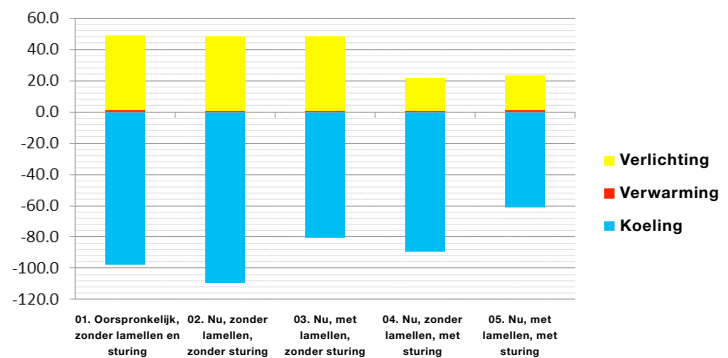
Met de simulatie van deze enkele zone van het gebouw kan de impact van een beweeglijk lamellensysteem aan de gevel heel precies ingeschat worden omdat de energiebalansen van gebouwzones die niet over dit systeem beschikken, zoals de ruimtes op het gelijkvloers en de bel-etage en de ruimtes die uitkomen op de naar het westen gerichte achtergevel, geen invloed op de resultaten hebben.

**Afbeelding 39:** Identificatie van de in dit hoofdstuk geanalyseerde zone.

Hierna worden de resultaten voor de geanalyseerde zone getoond:

	Koeling	Verb.koel.	Verwarm.	Verb. verw.	Verl.	Verb. verl.	Totaal	Globale verb.	Globale verb.
01. Oorspronkelijk, zonder lamellen en sturing	-98	10,50 %	1,1	-266,67 %	47,8	0,00 %	146,9	10,8	6,85 %
02. Nu, zonder lamellen, zonder sturing	-109,5	Ref.	0,3	Ref.	47,8	Ref.	157,7	Ref.	Ref.
03. Nu, met lamellen, zonder sturing	-80,6	26,39 %	0,6	-100,00 %	47,8	0 %	129,0	28,7	18,20 %
04. Nu, zonder lamellen, met sturing	-89,3	18,45 %	0,7	-133,33 %	20,8	56,49 %	110,7	47,0	29,80 %
05. Nu, met lamellen, met sturing	-60,9	44,38 %	1,0	-233,33 %	22,1	53,77 %	84,0	73,7	46,73 %

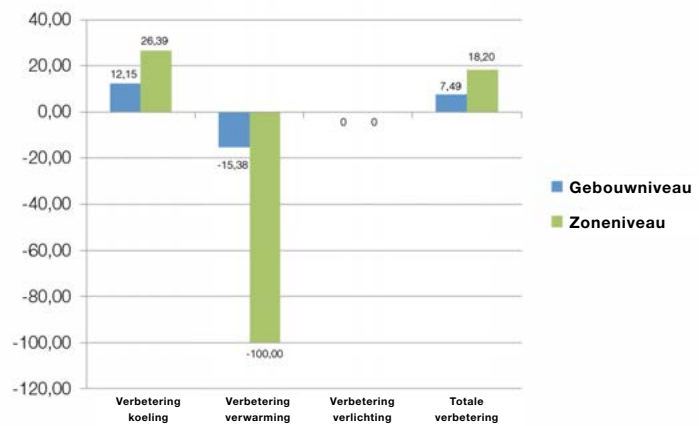
**Afbeelding 40:** Vergelijkende tabel van de partiële warmtebalansen van kopzone 02 (kWh/m<sup>2</sup>).



**Afbeelding 41:** Vergelijkende grafiek van de partiële warmtebalansen van kopzone 02 (kWh/m<sup>2</sup>).

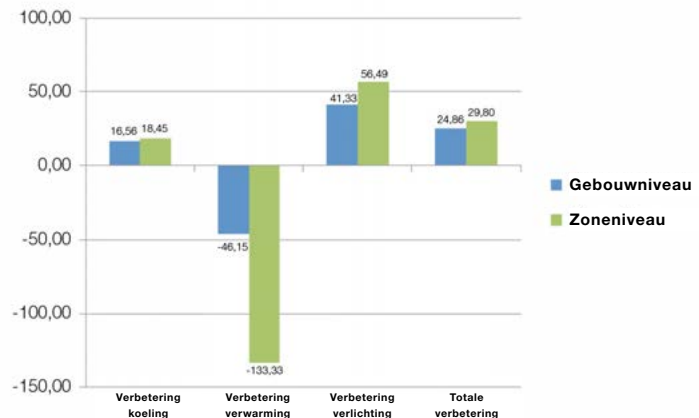
Hierna wordt een vergelijkende grafiek getoond van de in elk gesimuleerd scenario gerealiseerde verbeteringen, zowel op GEBOUW- als op ZONENIVEAU, in vergelijking met scenario 02 (huidig gebouw, zonder lamellen, zonder sturing).

### 7.2.1 Analyse van scenario 03 (huidig gebouw, met lamellen, zonder sturing) – ZONENIVEAU



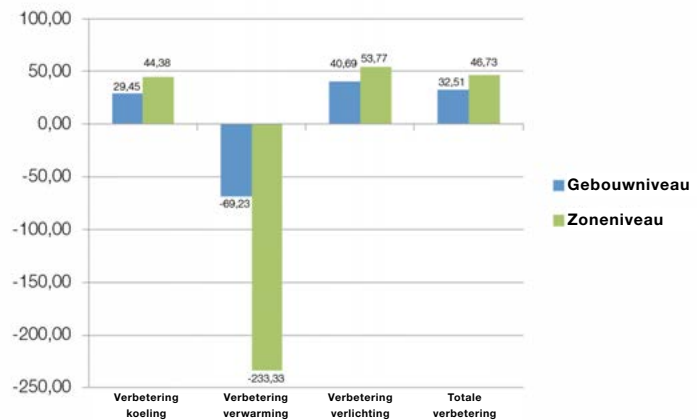
**Afbeelding 42:** Vergelijkende grafiek verbeteringen in scenario 03 op gebouw- en zoneniveau.

### 7.2.2 Analyse van scenario 04 (huidig gebouw, zonder lamellen, met sturing) – ZONENIVEAU



**Afbeelding 43:** Vergelijkende grafiek verbeteringen in scenario 04 op gebouw- en zoneniveau.

### 7.2.3 Analyse van scenario 05 (huidig gebouw, met lamellen, met sturing) – ZONENIVEAU



**Afbeelding 44:** Vergelijkende grafiek verbeteringen in scenario 05 op gebouw- en zoneniveau.

## 7.3 Samenvatting van de resultaten

Uit de hoger opgenomen vergelijkingen blijkt dat de verbeteringen inzake algemene energiebesparing beduidend hoger zijn bij een simulatie op ZONENIVEAU omdat hier, zoals reeds hoger aangegeven, de zones van het gebouw waarin geen beweeglijk lamellensysteem aan de gevel geïnstalleerd is, geen impact hebben.

In het concrete geval van het koelsysteem moeten we er rekening mee houden dat op ZONENIVEAU een ruimte met een naar het oosten georiënteerde gevel gesimuleerd werd. Wanneer de simulatie op ZONENIVEAU voor een ruimte met een naar het westen georiënteerde, met beweeglijke lamellen beschermde gevel zou zijn uitgevoerd, zou de energiebesparing voor het koelsysteem nog hoger geweest zijn omdat de invallende zonnestraling in de zomer in een stad als Barcelona aan westelijke kant (avondzon) sterker is dan aan oostelijke kant (ochtendzon). Het gebouw dat het voorwerp uitmaakt van deze studie beschikt echter niet over zonwering aan de westelijke gevel.

Uit deze resultaten en de hoger uitgevoerde vergelijkingen blijkt dat in een klimaat zoals dat van Barcelona en in een administratief gebouw met hoge interne lasten door toestellen, verlichting en bezetting, de lasten bijna altijd positief zijn, waardoor het koelsysteem hier een heel jaar tegengas moet geven. Daarbij is het verwarmingssysteem voor het algemene energieverbruik van het gebouw nauwelijks van tel.

Daarom is een systeem met beweeglijke zonweringlamellen aan de glasvlakken van de gevel ten zeerste aan te bevelen voor gebouwen op plaatsen met een gelijkaardig klimaat als in Barcelona en met gelijkaardige gebruiksdoeleinden zoals die van het gesimuleerde gebouw omdat, zoals hoger aangetoond, aanzienlijke energiebesparingen bij het koelsysteem gerealiseerd worden.

Deze besparingen vertegenwoordigen (in scenario 03) 18,20 % van het totale verbruik van het gebouw met betrekking tot een ZONE en 7,49 % met betrekking tot het hele GEBOUW.

Bij de verlichting bedraagt de besparing door de sturing alleen 56,49 % van het lichtverbruik voor een naar het oosten gerichte ZONE en 41,33 % voor het GEBOUW.

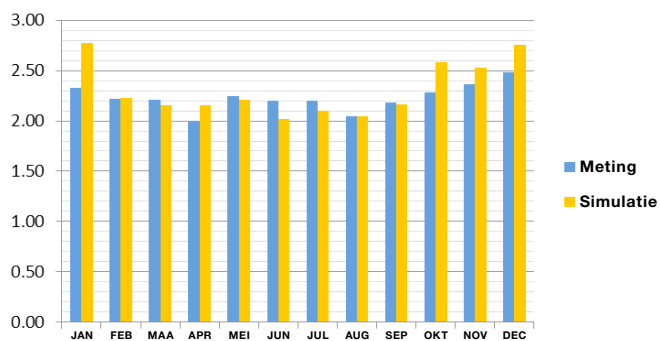
Deze sturing alleen is goed voor een besparing van 29,80 % van het verbruik (klimaatregeling + verlichting) op ZONENIVEAU en van 24,86 % van het verbruik (klimaatregeling + verlichting) op niveau van het GEBOUW. Dit toont het belang van de lichtsturing duidelijk aan.

Wanneer we de combinatie van beweeglijke lamellen en lichtsturing bekijken, blijkt dat de lichtsturing alleen 53,77 % van het lichtverbruik in de ZONE en 40,69 % van dit verbruik in het GEBOUW bespaart. En de verbetering op het vlak van verbruik (klimaatregeling + verlichting) door de combinatie van beweeglijke lamellen en lichtsturing bedraagt 43,77 % in de zone en 32,51 % in het gebouw, waarmee deze combinatie dus duidelijk een uiterst positieve impact heeft op de energiebesparing van het gebouw.

Tot slot moeten we erop wijzen dat de gesimuleerde verbruikswaarden voor de verlichting vergeleken werden met de vanuit de gebruikte installatie bekomen waarden en dat daarbij sterk gelijklopende waarden werden vastgesteld, zoals blijkt uit de volgende grafiek:

	<b>Gemeten</b>	<b>Simulatie</b>	<b>Afwijking</b>
Jan	2,33	2,77	-19,1 %
Feb	2,21	2,23	-0,6 %
Maa	2,21	2,15	2,7 %
Apr	2,00	2,15	-7,3 %
Mei	2,25	2,21	1,8 %
Jun	2,20	2,02	8,1 %
Jul	2,20	2,10	4,5 %
Aug	2,05	2,05	0,0 %
Sep	2,18	2,17	0,7 %
Okt	2,28	2,58	-13,2 %
Nov	2,36	2,52	-6,8 %
Dec	2,48	2,75	-11,1 %
Totaal	26,76	27,71	-3,5 %

**Afbeelding 45:** Vergelijkende tabel van de gemeten en de in scenario 05 gesimuleerde energieverbruikswaarden voor de verlichting (kWh/m<sup>2</sup>).



**Afbeelding 46:** Vergelijkende grafiek van de gemeten en de in scenario 05 gesimuleerde energieverbruikswaarden voor de verlichting (kWh/m<sup>2</sup>).

De grote mate van overeenkomst tussen de gesimuleerde resultaten van het energieverbruik voor de verlichting en de reële resultaten verlenen aan deze studie een hoge betrouwbaarheid.



Barcelona, januari 2012

DE DESKUNDIGE

Dr. ingenieur Juan Hernández Mayor  
Lid van beroepskamer nr. 3 687  
COEIC





# ZUMTOBEL

## **België**

ZG Lighting Benelux  
Rijksweg 47 –  
Industriezone Puurs Nr. 442  
2870 Puurs  
T +32/(0)3/860.93.93  
F +32/(0)3/886.25.00  
info@zumtobel.be  
zumtobel.be

## **Nederland**

ZG Lighting Benelux  
Zinkstraat 24-26  
4823 AD Breda  
T +31/(0)76/541.76.64  
F +31/(0)76/541.54.98  
info@zumtobel.nl  
zumtobel.nl

## **Headquarters**

Zumtobel Lighting GmbH  
Schweizer Strasse 30  
Postfach 72  
6851 Dornbirn, AUSTRIA  
T +43/(0)5572/390-0  
info@zumtobel.info

**zumtobel.com**