

Evaluatie energieprestatie passieve schoolgebouwen

Op 23 mei 2008 gaf de Vlaamse Regering groen licht voor de bouw van 24 pilotprojecten volgens de passiefhuisstandaard. De projecten werden verspreid over alle provincies en onderwijsnetten en omvatten een totale bouwoppervlakte van 65.565 m². De prestatie-eisen van de passiefhuisstandaard worden gecontroleerd met quasi-statische rekenmethoden, waarbij het gebouw wordt gemodelleerd als één zone met een gemiddelde binnentemperatuur. Dit artikel onderzoekt de nauwkeurigheid van deze aanname.

B. (Barbara) Wauman^{1,2}, H. (Hilde) Breesch¹, D. (Dirk) Saelens²
1.KAHO St-Lieven, onderzoeksgroep Duurzaam Bouwen, Gent; 2.Afdeling Bouwfysica, KU Leuven, Leuven

In het Vlaamse 'decreet betreffende energieprestatie in scholen' dd. 07/12/2007 staan de volgende criteria voor passieve schoolgebouwen:

- ≤ 15 kWh/(m².a) energiebehoefte verwarming;
- ≤ 15 kWh/(m².a) energiebehoefte koeling;
- luchtdichtheidsgraad 50 Pa (n_{50}) ≤ 0,6 h⁻¹;
- maximaal energieprestatiepeil E55.

Om na te gaan of schoolgebouwen voldoen aan de criteria voor passiefscholen wordt gebruik gemaakt van twee quasi-statische maandgemiddelde rekenmethoden gebaseerd op EN ISO 13790:

- rekenmethode uit bijlage 2 van het energieprestatiebesluit, geïmplementeerd in de VEA energieprestatiesoftware (EPB);
- PHPP 2007 (deelaanpak schoolgebouwen).

In onderzoek [1] werden specifieke randvoorwaarden voor scholen ontwikkeld en geïmplementeerd in bovenstaande rekentools. De gebruikskarakteristieken en randvoorwaarden werden vastgelegd op basis van een analyse van nationale en internationale regelgeving en normen over energieprestatie, binnenlucht-

kwaliteit en comfort in (school)gebouwen. Eén van deze parameters is de maandgemiddelde binnentemperatuur. Deze temperatuur wordt vastgelegd voor het schoolgebouw, onafhankelijk van gebouweigenschappen, gebouwgebruik en weerdata. Dit artikel evalueert de nauwkeurigheid van deze aanname aan de hand van dynamische simulaties van een referentie kleuterschoolgebouw. In de eerste plaats wordt het belang van een nauwkeurigere bepaling van de gemiddelde binnentemperatuur in functie van indeling in lokalen aangetoond. Daarnaast wordt de impact van de thermische capaciteit en het isolatieniveau op de binnentemperatuur en energievraag voor verwarming geïllustreerd.

METHODE

De resultaten van de quasi-statische, maandgemiddelde methoden worden vergeleken met de resultaten van dynamische simulaties. Om verschillen op basis van afwijkingen tussen beide methoden (bijvoorbeeld statische berekening houdt geen rekening met absorptie van zonwinsten door opake constructiedelen, lange golf-straling naar de hemelkoepel wordt verwaarloosd, etc.) te beperken, gebeuren

zowel de quasi-statische als dynamische berekeningen met het gebouwsimulatieprogramma Trnsys, versie 16_1 [2]. De simulaties worden uitgevoerd met een tijdstap van één uur voor een gemiddeld klimaat in Ukkel, België (Meteonorm). Figuur 1 toont de schematische voorstelling van de kleuterschool. Het gebouw bestaat uit vier verdiepingen en omvat klaslokalen, circulatiezones, sanitaire en technische ruimten.

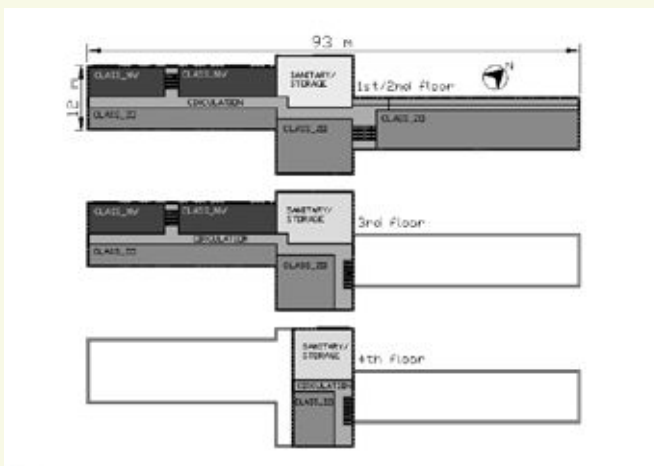
Voor de benadering van de quasi-statische berekening wordt het gebouw beschouwd als een één zone-model ($V=12.383,3$ m³) en worden de gebruiksprofielen voor ventilatie, verwarming en interne warmtewinsten, zoals beschreven in [1], gemiddeld in de tijd en ruimte (zie tabel 1).

Het intermitterend gebruik en het verschil in insteltemperaturen voor verwarming tussen de verschillende lokalen wordt berekend aan de hand van een nacht- en weekendverlaging $\Delta\theta_i = 0,6$ °C [3]. De gebouwgemiddelde temperatuur wordt als volgt bepaald:

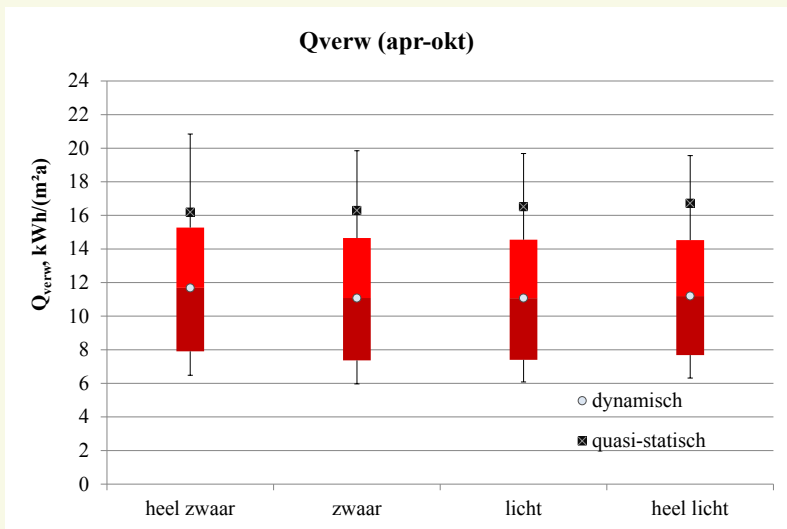
$$\theta_{i,verw,quasi-stat} = \max\left(\frac{\sum \theta_{i,m} A_i}{\sum A_{tot}}; \frac{\sum \theta_{i,m} V_i}{\sum V_{tot}}\right) = \vartheta \quad .4$$

	G_a vol/h	IWW _{tot_rad} [kJ/h]	IWW _{tot_conv} [kJ/h]
Januari	0,224	12.470	15.921
Februari	0,238	13.039	16.647
Maart	0,251	13.856	17.689
April	0,116	6.443	8.226
Mei	0,246	13.856	17.689
Juni	0,259	14.318	18.279
Juli	0	0	0
Augustus	0	0	0
September	0,259	14.318	18.279
Oktober	0,251	13.856	17.689
November	0,259	14.318	18.279
December	0,188	10.392	13.267

-Tabel 1- Maandgemiddeld ventilatie-debiet, G_a (vol/h) en interne warmtewinsten, IWW (kJ/h) voor het volledige gebouw voor de quasi-statische berekening



-Figuur 1- Schematisch voorstelling schoolgebouw



-Figuur 2- Impact variërende thermische massa op de netto energieverbruik Q_{verw} (kWh/(m²a)) voor de dynamische (box-plot, bol wit) en quasi-statische berekening (vierkant, zwart)

waarin $\theta_{i,verw,quasi-stat}$ = gebouwgemiddelde binnentemperatuur; $\theta_{i,m}$ = gemiddelde binnentemperatuur voor lokaal i ; A_i = gebruiksooppervlakte lokaal i ; V_i = volume lokaal i . Voor de dynamische simulaties daarentegen wordt het multizone-model gebruikt (klaszone

NW = 2137,4 m³, klaszone ZO = 5621,7 m³, circulatie zone = 2671,4 m³ en sanitair/technisch ruimte = 1952,8 m³) gebruikt (figuur 1). Realistische verwarmingsschema's en gebruikspromen, variërend in tijd en ruimte, zoals beschreven in [1] worden geïmplementeerd.

Voor de klaslokalen bedraagt de insteltemperatuur voor verwarming 20°C. In geval van afwezigheid 's nachts, in de weekends of tijdens de vakantie wordt deze met 5°C verlaagd. Voor de circulatie-, sanitaire en opslagruimten bedraagt de constante insteltemperatuur 15°C, representatief voor Vlaamse scholen.

Variatie gebouweigenschappen

Door de materiaalopbouw van de binnen- en buitenwanden en het dak aan te passen laten we de thermische capaciteit variëren van heel licht = 30 Wh/(K.m²) tot heel zwaar = 120 Wh/(K.m²). De isolatiediktes van de gebouwdelen variëren van het minimum vereiste isolatieniveau $U_{gem} = 0,44$ W/(m².K) (EBPD, 2006) tot de gemiddelde isolatiewaarde $U_{gem} = 0,19$ W/(m².K). Deze laatste is representatief voor diverse gerealiseerde passieve schoolprojecten in binnen- en buitenland. De zonneprijzen worden gevarieerd door de g-waarden van de beglazing te variëren (0,39-0,57) en verschillende sturingsstrategieën voor de zonwering te implementeren. In totaal worden 144 variaties van de kleuterschool doorgerekend.

RESULTATEN

Impact thermische massa

In figuur 2 is te zien dat de impact van de thermische massa op de gemiddelde energievraag voor verwarming, Q_{verw} beperkt is tot maximaal 0,53 kWh/(m²a) of 3,3% (quasi-statisch) en 0,61 kWh/(m²a) of 5,5% (dynamisch). De box-plots tonen dat met de dynamische berekeningen de voorspelde impact van de thermische massa maximaal 8,4% bedraagt. Een soortgelijke trend is merkbaar in figuur 2, die de impact van de thermische capaciteit op de gemiddelde binnentemperatuur in het gebouw weergeeft in functie van de daggemiddelde buitentemperatuur. Voor het stookseizoen (oktober -> april) bedraagt het verschil maximaal 0,9°C of 5,5% voor variërende thermische capaciteit.

Impact isolatieniveau

Figuur 3 geeft de invloed van de isolatiekwaliteit van het gebouw op de netto energieverbruik voor verwarming weer en vergelijkt de quasi-statische en dynamische rekenmethode. Logischerwijs neemt de netto energieverbruik toe naarmate het gemiddeld isolatiepeil van de woning afneemt (grotere U_{gem}) voor beide berekeningsmethoden. De mate van stijging is echter verschillend voor beide berekeningsmethoden. Naarmate het isolatieniveau van het gebouw toeneemt, neemt ook het verschil tussen warmtevraag van beide berekeningen toe van 1 kWh/(m²a) voor $U = 0,9$ W/(m²K) tot 10 kWh/(m²a) voor $U = 0,44$ W/(m²K) (tabel 2). Gelijkaardige resultaten zijn aangetoond in [4], waaruit blijkt dat een correlatie tussen het

isolatieniveau van het gebouw en de gemiddelde binnentemperatuur voor verwarming aanwezig is, vooral voor minder goed geïsoleerde gebouwen.

Quasi-statisch en dynamisch

Figuren 2 en 3 tonen aan dat de energievraag voor de quasi-statische berekening significant hoger wordt ingeschat. Dit verschil is vooral te wijten aan de hoge vastgelegde gemiddelde binnentemperatuur $\theta_{i,verw,quasi-stat} = 19,4^{\circ}\text{C}$ (streeplijn, figuur 4).

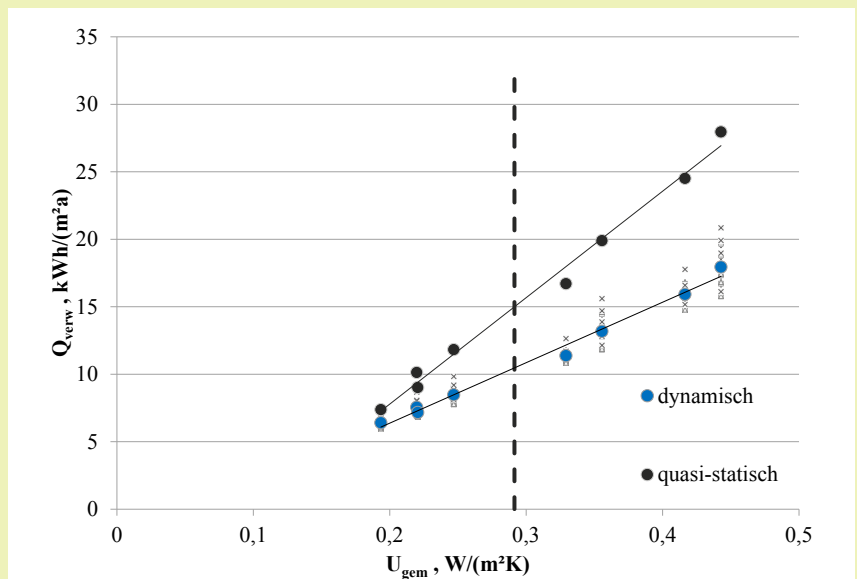
Uit de resultaten van de dynamische simulaties blijkt voor deze kleuterschool dat de verwachte gemiddelde temperatuur gemiddeld $1,7$ ($U_{gem} = 0,9 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$) tot $3,1^{\circ}\text{C}$ ($U_{gem} = 0,44 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$) lager ligt (zie figuur 4). Dit is vooral te wijten aan de hoge, niet realistische veronderstelde temperaturen in de beperkt verwarmde ruimten. Gemiddeld bedraagt de binnentemperatuur in circulatieruimte, sanitair en opslagruimten $15,82^{\circ}\text{C}$ ($U_{gem} = 0,44 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$) tot $17,83^{\circ}\text{C}$ ($U_{gem} = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$) in plaats van $19,4^{\circ}\text{C}$, zoals vooropgesteld in [1]. Gezien de grote oppervlakte (tot 30% van de totale gebruiksoppervlakte) leidt de hoge vastgelegde temperatuur voor deze ruimten tot een hogere quasi-statisch berekende energievraag voor verwarming.

CONCLUSIE

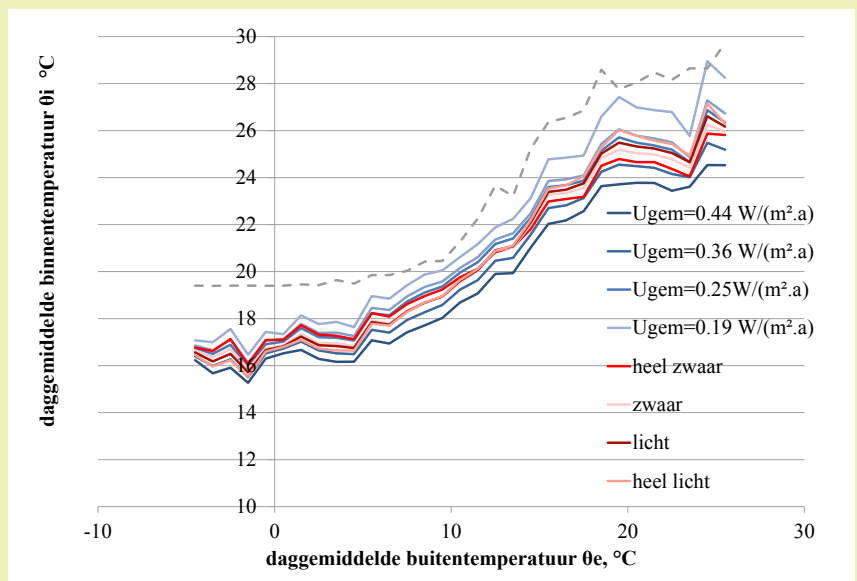
Uit de resultaten van de simulaties blijkt dat de gemiddelde binnentemperaturen in de beperkt verwarmde ruimten te hoog worden ingeschat. Rekening houdend met de grote oppervlakte van deze ruimten is het aangewezen de gemiddelde binnentemperatuur voor deze lokalen realistisch te kiezen. Daarnaast blijkt de impact van de thermische capaciteit op de netto energieverbruik voor verwarming gering. De impact van de isolatiekwaliteit is voor passiefscholen eveneens beperkt maar neemt toe naarmate de isolatiegraad van het gebouw afneemt. Dit onderzoek bevestigt dat een gemiddelde binnentemperatuur, onafhankelijk van de gebouweigenschappen, een goede veronderstelling is voor de berekening van de netto verwarmingsvraag in het geval van zeer goed geïsoleerde, passieve gebouwen.

REFERENTIES

1. Wauman, B., Klein, K., Breesch, H., Van Loon, S., Baetens, R., Saelens, D., 2010. Determination of boundary conditions for passive schools: impact on net energy demand for heating and cooling, Central European symposium on building physics edition:1,Cracow, Poland, p. 455-462
2. Klein et al. 2004. TRNSYS 16: a transient system simulation program, user manual. Solar Energy Laboratory, University of



-Figuur 3- Impact van variërend gemiddeld isolatieniveau U_{gem} , $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ op de netto energieverbruik voor verwarming Q_{verw} , $\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$



-Figuur 4- daggemiddelde binnentemperatuur van het volledige gebouw in functie van de daggemiddelde buitentemperatuur voor verschillende thermische capaciteit (rood) en verschillende U-waarden (blauw) voor de dynamische (volle lijnen) en quasi-statische berekening (streeplijn)

U_{gem} [$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$]	$Q_{verw,dyn}$ [$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$]	$Q_{verw,q-s}$ [$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$]	$\Delta_{dyn, q-s}$ [$\text{kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$]
0,19	6,4	7,4	1
0,44	17,94	28	10

-Tabel 2- Impact van het isolatieniveau op de verwarmingsvraag Q_{verw}

Wisconsin, Madison, USA

3. Kah, O., Schulen im Passivhaus-Standard: Randbedingungen und Anforderungen, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Phase III, p 134-145
4. Deurinck, M., Saelens, D., Roels, S., 2011, The impact of physical rebound effects on the heat losses in a retrofitted dwelling, 9th Nordic Symposium on Building Physics, Tampere, Finland, p.1-8
5. AGIO, 2010, Ontwikkelen van specifieke randvoorwaarden voor scholen volgens de passiefhuisstandaard (internal report University College Ghent, in Dutch)
6. EPBD. 2006. — Decreet houdende eisen en handhavingsmaatregelen op het vlak van de energie-prestaties en het binnenklimaat van gebouwen en tot invoering van een energieprestatiecertificaat en tot wijziging van artikel 22 van het REG-decreet
7. EN ISO 13790.2007. Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling
8. PHPP, 2007, PassiefHuisProjecteringsPakket version 2007, available through www.passiefhuisplatform.be