

# <Intelligentie>, een technische noodzaak

Fotovoltaïsche cellen, een zonneboiler om warm water te produceren en een warmtepomp voor ruimteverwarming zijn de meest voor de hand liggende technieken voor energie neutrale woningen. Een beperkte gelijktijdigheid van elektrische vraag en aanbod resulteert echter in een continue energie-uitwisseling met het elektriciteitsnetnet waarop de woning is aangesloten. De ongelijktijdigheid op zich en de technische grenzen van het laagspanningsnet beperken hierbij de potentiële effectieve emissiebesparingen en implementatiemogelijkheden van energieneutrale woningen. Een aangepast gebouw- en systeemontwerp, en <intelligentie> worden hierdoor een technische noodzaak om het potentieel van energieneutrale woningen maximaal te benutten.

Ir.-arch. R. (Ruben) Baetens en dr.ir.-arch. D. (Dirk) Saelens, afdeling Bouwfysica, Departement Burgerlijke Bouwkunde, KU Leuven

In energieneutrale woningen is de voornaamste elektrische vraag het huishoudelijk verbruik en een mogelijk aanwezige warmtepomp voor ruimteverwarming (en mogelijks sanitair warm water), en gebeurt de lokale opwekking voornamelijk met fotovoltaïsche cellen. De beperkte gelijktijdigheid tussen lokale elektrische vraag en aanbod [1] zorgt hierbij voor een continue uitwisseling van elektrische energie tussen het gebouw en het net waarop het is aangesloten. Deze resulterende uitwisseling heeft zowel technische als economische effecten: enerzijds worden lokale spanningsschommelingen, piekbelastingen en lijnverliezen versterkt, anderzijds beïnvloed de uitwisseling de macro-economische prijszetting van energie en de effectieve emissieneutraliteit van de energieneutrale woningen. Alleen gedetailleerde simulaties [1,2] kunnen meer inzicht geven in deze technische complexiteit en resulterende technische behoefte aan

<intelligentie>.

### ■ WIJKPRESTATIES SIMULEREN

Om deze problematiek te onderzoeken werd in het kader van het onderzoeksproject 'Geoptimaliseerde energienetwerken in gebouwen' van het KU Leuven Energy Institute een geïntegreerde simulatieomgeving ontwikkeld onder de noemer 'Ideas - Integrated District Energy Assessment Simulations' [1]. Ideas laat een gedetailleerde modellering en dynamische simulatie van het huishoudelijk elektrisch verbruik, de thermische installatie, lokale productie en elektriciteitsdistributie in gebouwde omgeving toe. Deze studie kijkt naar de evolutie van te overwegen net-impactcriteria bij de systematische integratie van energieneutrale woningen in het bestaande patrimonium. Een totaal van 7 laagspanningsdistributie-eilanden zijn hiervoor gemodelleerd, te weten een totaal

van 21 'feeders' en 377 residentiële woningen, en eventueel verschillende cases zijn gesimuleerd met een variërende implementatiegraad tussen 0 en 100%. De topologie van deze wijken zijn reële cases, met data inzake transformatorcapaciteiten, kabelsecties en -lengtes in het elektrische net afkomstig van de lokale distributienetbeheerder Eandis en inzake woninggroottes en -types van het Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen. De (bijna-) energieneutrale woningen zijn verkregen door het toepassen van een hoge isolatiegraad met isolatiediktes gebaseerd op de economische optima [3] en een luchtdichtheid  $n_{50}$  van  $0.6 \text{ h}^{-1}$ , resulterend in ontwerpvermogens tussen  $20$  en  $28 \text{ W/m}^2$ . Een modulerende lucht-waterwarmtepomp (WP) is hierbij gekoppeld aan een buffervat voor sanitair warm water en aan lage temperatuur radiatoren voor ruimteverwarming. Een gebalanceerd ventilatiesysteem met lucht-lucht-

warmterecuperatie met een rendement van 84% zorgt voor de hygiënische ventilatie en een geautomatiseerde buitenzonwering voorkomt oververhitting zonder actieve koeling. Een fotovoltaïsch (pv) systeem is voorzien op de 'meest Zuidelijke' dakhelling van de woning en bedekt 80% van de beschikbare dakoppervlakte, gemiddeld gezien resulterend in energieneutrale (tot energiepositieve) woningen. Bij overschrijding van een spanningsgrens 10% boven of onder de nominale spanning schakelen respectievelijk de pv-omvormers en warmtepompen af ter spanningscontrole. De stochastische modellering [1] van het gebruikersgedrag en de werking van de elektrische apparaten zorgt ervoor dat elke woning ook zijn eigen gebruikersgedrag kent. Voor de simulatie van de lokale pv-productie is gebruik gemaakt van weerdata met een tijdsresolutie van 10 minuten. Zo ontstaat het noodzakelijke realistische beeld van de tijdsafhankelijke energiestromen in de wijk.

## NETIMPACT

Aangaande gebouw en wijkprestaties zijn er verschillende te overwegen criteria voor verschillende marktpartijen: (1) de huishoudens hechten belang aan potentieel discomfort en hun 'total cost of ownership' bepaald door hun netto energiebalans  $E_{net}$  en de gecurtailde energie  $E_{cur}$ , (2) distributienetbeheerders hechten belang aan lijnverliezen  $E_{\Omega}$ , spanningskwaliteit  $U_{\phi}^{rms}$  en transformatorlasten  $P_{tra}$  en (3) 'de samenleving' hecht als derde partij belang aan de energiebalans en de resulterende emissies  $e_{CO_2}$ . De wijkgemiddelden van deze criteria werden voor de verschillende feeders en implementatiegraden ten opzichte van elkaar geplott in figuur 1, samen met hun principale-componentenanalyse (PCA). Lokale technische beperkingen in het laagspanningsnet, bestaande uit de eerder vermelde mogelijke overbelasting van de aanwezige transformator, een onaantvaardbare spanningskwaliteit en noodzakelijke afkoppeling van pv en warmtepomp, beperken de implementatiegraad van energieneutrale woningen. In de bestudeerde cases worden de eerste technische grenzen bereikt bij een lokale implementatiegraad van 32%, afhankelijk van de lokale netlayout en -dimensionering. De gemiddelde haalbare netto energiebalans is hierbij -530 kWh per huishouden (p.h.); daar waar enkele gevoelige wijken slechts in staat zijn een netto energiebalans van -1 050 kWh p.h. te realiseren en sterke feeders een netto positieve balans van +1 280 kWh p.h. kunnen behalen zonder technische laagspanningsproblemen. De totale elektrische curtailing en Ohmse verliezen stijgen hierbij tot een gemiddelde van 323 kWh p.h. bij een implementatie-

graad van 100%, met lokale uitschieters tot 1 210 kWh p.h. in zwakke distributienetten. Algemeen kunnen twee clusters onderscheiden worden in de technische beperkingen die het bestaande netwerk vertoont. Enerzijds is er een groep feeders waarbij systematisch (te) hoge pieklasten aan de transformator worden opgetekend, maar met lage karakteristieke spanningschommelingen. Anderzijds is er een groep feeders waarbij sterke dagelijkse spanningschommelingen worden waargenomen, maar waarbij de resulterende potentiële afkoppeling van pv- en warmtepompsystemen voor een bescherming van de piekbelasting aan de transformatoren zorgt.

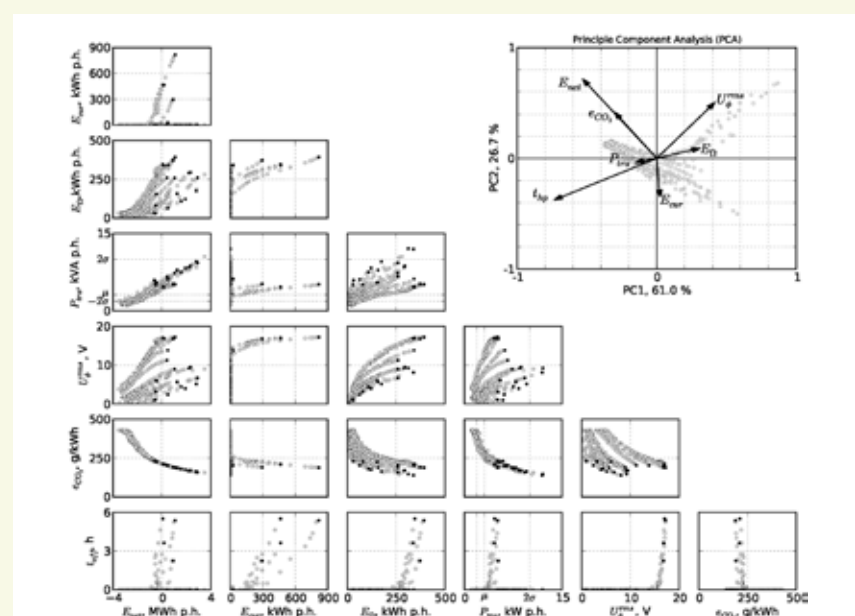
## INTELLIGENTIE?

Verskillende oplossingen kunnen een antwoord te geven op de voornoemde problematiek, zijnde versterkingen van het elektrische net, aangepaste instellingen voor de nominale spanning aan het gemeenschappelijke tappunt, actieve spanningscontrole met moderne invertoren en vraagsturing. Het laatste idee van vraagsturing in gebouwen is wat men algemeen verstaat onder 'intelligente gebouwen', en is tamelijk eenvoudig: door een deel van de elektrische lasten (bijvoorbeeld de warmtepomp voor ruimteverwarming en sanitair warm water) in de tijd te verschuiven, kunnen piekspanningen en pieklasten beperkt of zelfs vermeden worden. De nodige desbetreffende 'intelligentie' duidt op de nodige actoren en beslissingsmanieren.

Eenzijds dient het gebouwbeheersysteem beslissingen nemen op basis van externe, niet-gebouw gebonden informatie en is het te behalen thermische comfort niet het enige criterium. Anderzijds is er behoefte aan een voorspellend gebouwbeheersysteem dat in staat is het toekomstige comfort en de toekomstige energievraag te voorspellen, om het potentieel van vraagsturing maximaal te benutten. Een aangepast gebouw- en gebouwssysteemontwerp om deze voorspelling nauwkeuriger te kunnen uitvoeren, en de mogelijkheid tot vraagsturing te maximaliseren zijn eveneens noodzakelijk.

## REFERENTIES

- Baetens, R., De Coninck, R., Van Roy, J., Verbruggen, B., Driesen, J., Helsen, L., Saelens, D. (2012)
- Assessing electrical bottlenecks at feeder level for residential net zero-energy buildings by integrated system simulation. Applied Energy 96, 74-83
- Baetens, R., Saelens, D. (2013). Multi-criteria grid impact evaluation of heat pump and photovoltaic based zero-energy dwellings. BS2013 - 13th International Conference of the International Building Performance Simulation Association, P1165, 1-8
- Verbeeck, G. (2007), Optimisation of extremely low energy residential buildings, Doctoraatsthesis KU Leuven



-Figuur 1- Uiteenzetting van de te overwegen net-impactcriteria voor de integratie van warmtepomp- (wp) en fotovoltaïsch (pv) gebaseerde energie neutrale woningen, zijnde de netto energiebalans  $E_{net}$ , de lijnverliezen  $E_{\Omega}$ , de transformator piekbelasting  $P_{tra}$ , de karakteristieke spanningsafwijking  $U_{\phi}^{rms}$ , de specifieke emissies  $e_{CO_2}$ , de totale duur toff waarop warmtepompen niet kunnen, en de totale beknotte fotovoltaïsche energie  $E_{cur}$ . Elk punt geeft een wijkontwerp weer met een bepaalde implementatiegraad van wp- en pv-systemen, waarbij de volle punten een implementatiegraad van 100% energie neutrale woningen voorstellen. Alle energie gerelateerde criteria zijn hierbij gestandaardiseerd per huishouden (p.h.).