

Het potentieel van elektrisch en thermische energieopslag in lage-energiewoningen

H. Monteyne, M. De Paepe

Vakgroep Electromechanica, Systeem- en Metaalengineering

Universiteit Gent - UGent

Sint-Pietersnieuwstraat 41, 9000 Gent

Onderzoek in het kader van de Prijs stichting Burnay - Atic 75-jarig bestaan

Inleiding

De Europese Green Deal zal onze emissies van CO₂ versneld reduceren, waarbij we tegen 2030 naar een nieuwe doelstelling van een emissiereductie van 55% ten opzichte van 1990 zullen evolueren. Voor gebouwen is een set aan maatregelen aangekondigd die ons gebouwenpark moet transformeren. Hierbij staat in de Greendeal energie-efficiëntie centraal, met inzet van een prijs op CO₂ en een verder verlagen van de energie-vraag van private en publieke gebouwen. Hierbij wordt verwarming van gebouwen met fossiele brandstoffen ook geïmagineerd.

De Green Deal wil ook tegen 2030, 40% van alle eindenergiegebruik door hernieuwbare bronnen laten voorzien. Hierbij zou 49% van alle energievoorziening in gebouwen van hernieuwbare aard moeten zijn. Dit zal gepaard gaan met doorgedreven elektrificatie, waarbij de warmtepomp een cruciale rol zal spelen.

Om hernieuwbare energie flexibel in gebouwen in te zetten zal lokale energie-opslag noodzakelijk zijn. Onderzoek naar batterijen en hun gebruik in gebouwen boemt. Thermische energieopslag staat nog in haar kinderschoenen. Toch zal ook dit potentieel moeten worden aangesproken.

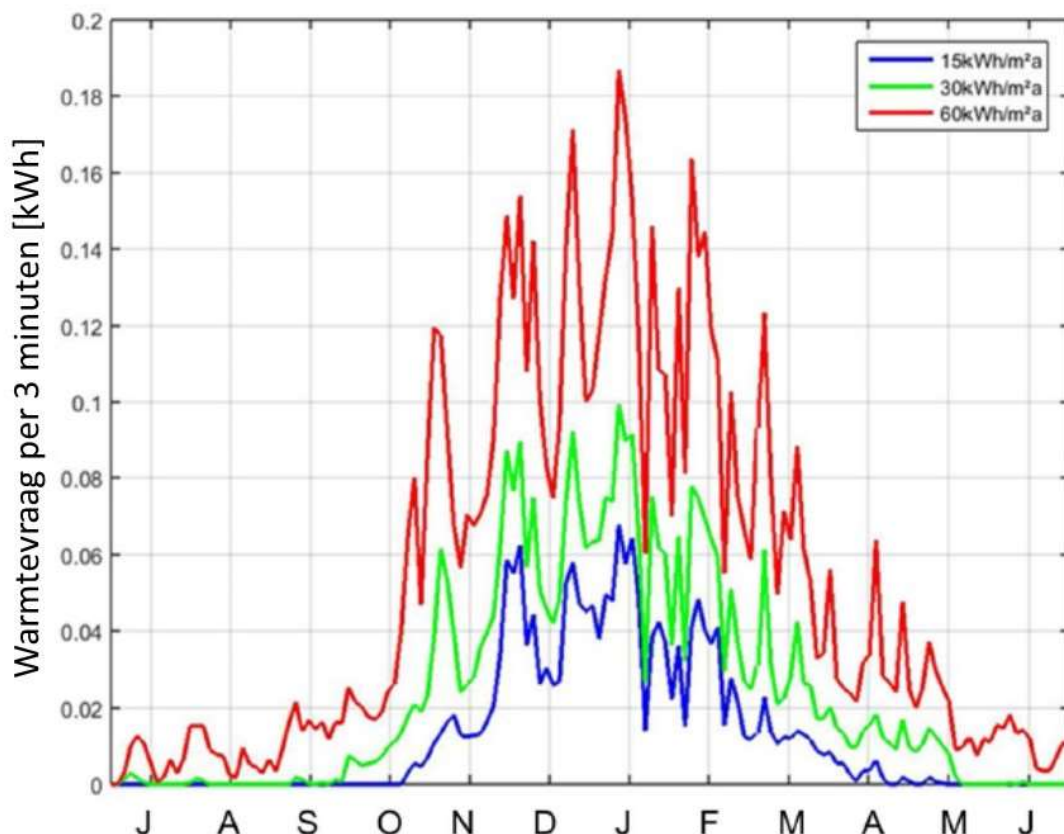
ATIC heeft daarom in het kader van de stichting Burnay een onderzoeksopdracht toegewezen aan UGent rond dit thema. Samen met onderzoekers van UGent heeft ATIC mogelijkheden van energie-opslag in lage-energie gezinswoningen uitgerust met warmtepompen bestudeerd.

De vraag van de studie was in hoeverre energieopslag het net kan ontlasten door eigengebruik en in hoeverre de fractie van hernieuwbare energieproductie op een woning kan worden gemaximaliseerd. Hierbij aansluitend, kan je je dan de vraag stellen in hoeverre het mogelijk is de piek in elektriciteitsvraag van het net te reduceren of zelfs tot nul te herleiden.

Hiervoor werd een grote set aan simulaties uitgevoerd op vrijstaande residentiële gebouwen met een lage energievraag voor verwarming. Voor deze woningen werd de verwarmingsbehoefte bepaald gedurende een heel jaar met tijdstappen van 3 minuten. Daarnaast werd ook het energiegebruik van elektrische toestellen in rekening gebracht, met een verbruiksprofiel in de tijd. De studie toont aan dat gebouwen met een performante gebouwschil een eerste voorwaarde zijn om opslag interessant te maken. Maar de studie toont ook aan dat een verstandige combinatie van thermische energieopslag in combinatie met elektrische opslag in batterijen interessant kan zijn voor de toekomst.

Bepaling van de verwarmingsbehoefte

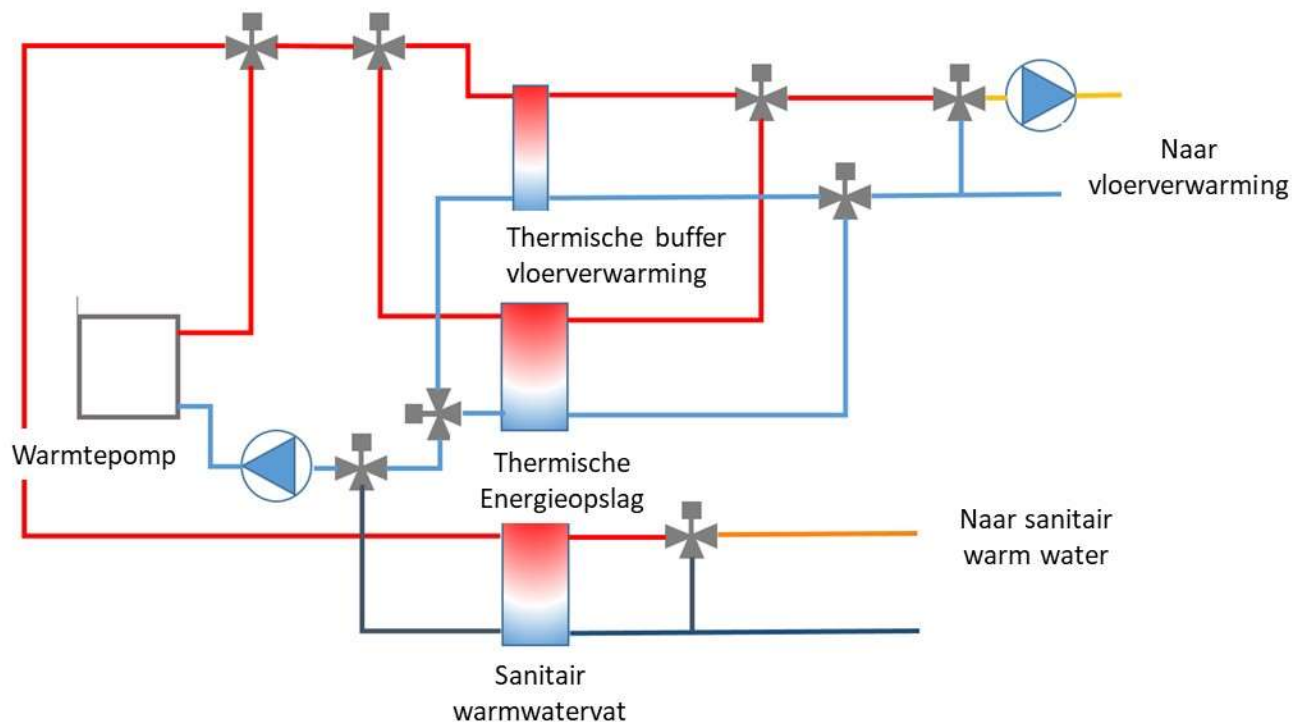
Voor de simulaties werden verschillende niveaus van prestatie van de gebouwschil in overweging genomen, waarbij in dit artikel naar deze type gebouwen zal worden verwezen via volgende naamgeving: 15 kWh/m²a, 30 kWh/m²a, 60 kWh/m²a. Deze naam komt overeen met een jaarlijkse energievraag per vierkante meter. Om dit energiepeil te bereiken werd de gebouwschil en de ventilatiestrategie voor het gebouwtype aangepast. Op basis van dynamische simulaties in TRNSYS17 werd voor iedere woning de warmtevraag voor verwarming bepaald in de tijd.



Figuur 1: Warmtevraag in de tijd

Figuur 1 geeft het verloop van de warmtevraag voor de drie types gebouwen weer, waarbij de maanden december en januari (winter) centraal staan voor de duidelijkheid. Uit Figuur 1 blijkt dat de grootte van de piekvraag voor verwarming in de winter niet evenredig is met het gedefinieerde energiegebruiksniveau. Hoewel een woning met een jaarlijkse energievraag voor verwarming van 15 kWh/m²a een totale jaarlijkse energievraag heeft die 25% is van deze van een woning met het peil 60 kWh/m²a, is de grootte van de piekvraag voor verwarming tot zelfs 37% van de piekvraag van een 60 kWh/m²a woning. Dit wil zeggen dat het piekvermogen van verwarming niet in evenredigheid daalt met de vermindering in de warmtevraag. Een zeer energiezuinige woning vraagt in het tussenseizoen merkbaar minder uren verwarming, terwijl op de koudste momenten er toch nog een vrij grote vermogensvraag kan zijn. Dit is een eerste belangrijke vaststelling als we naar het nut van energieopslag willen kijken.

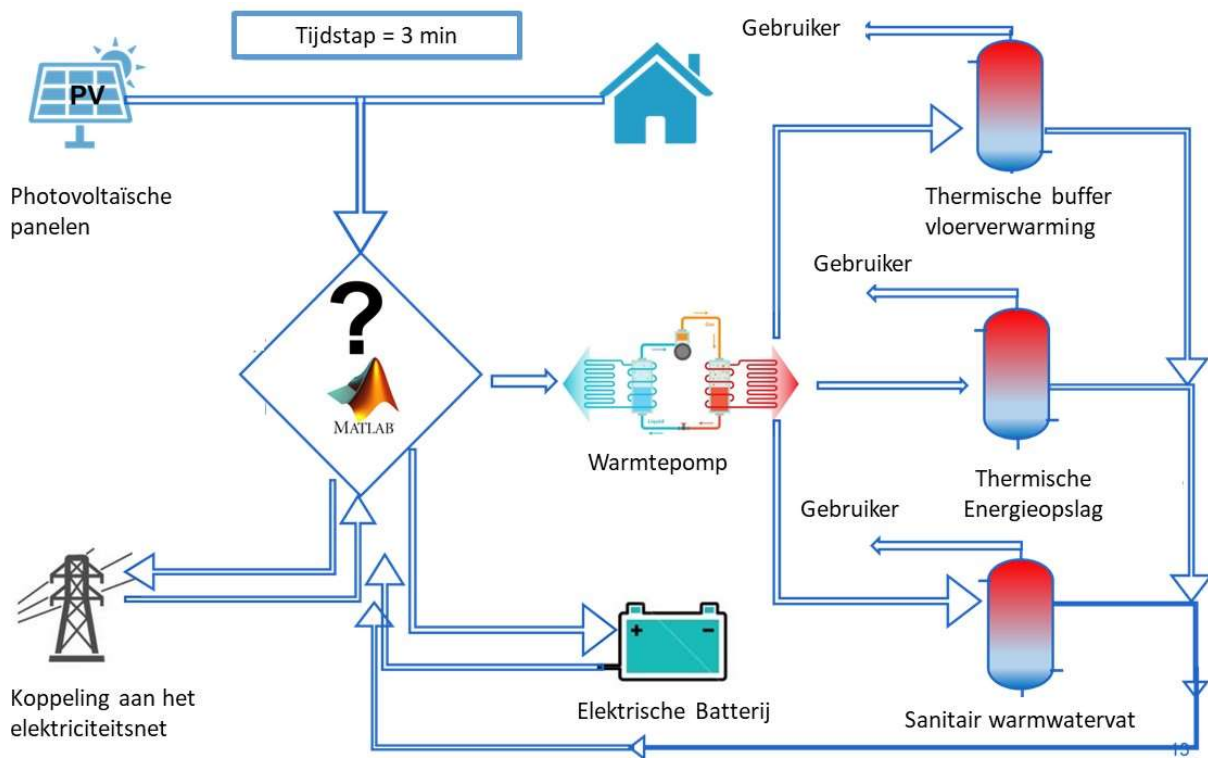
Energieproductiesysteem



Figuur 2: Schematische waargave van het verwarmingssysteem

Alle woningen werden op dezelfde manier van een verwarmingssysteem voorzien, zoals op Figuur 2 wordt getoond. De basis is een warmtepomp met vloerverwarming (met een eigen thermische capaciteit op basis van de geschatte waterinhoud). Deze waterinhoud is een eerste thermische buffer in het systeem. De keuze voor het warmtepompsysteem houdt rekening met de ver doorgedreven elektrificatie van verwarming die na 2030 wordt voorzien. Tegelijk kan zo ook de impact hiervan op de elektriciteitsvraag worden bestudeerd. Bijkomend wordt er een buffervat voorzien voor Thermische Energie Opslag. Daarnaast is er een watervat gevoed door de warmtepomp voor sanitair warm water.

Aan de woning worden eveneens fotovoltaïsche zonnepanelen en thermische zonnepanelen toegevoegd. Tenslotte wordt er ook een batterij voorzien om elektrische energie op te slaan. Figuur 3 illustreert het volledige schema van de energievoorziening en toont ook de mogelijkheid tot koppeling met het net.



Figuur 3: Volledige energievoorziening van de woningen

Naast de energievraag voor verwarming en sanitair warm water, heeft iedere woning ook een energievraag voor elektrische toestellen. In dit project wordt als basis het energiegebruik voor een eengezinswoning genomen op 5011 kWh per jaar, zoals gemeten in het LINEAR-project. In dit project werden vrijstaande eengezinswoningen opgevolgd bij gezinnen met 2 kinderen waarbij beide ouders werken. De huishoudtoestellen zijn deze typisch nodig voor een gezin en er werd enkel gekookt op een elektrisch kookfornuis. De verwarming van deze woningen gebeurde met aardgas en het energiegebruik van de toestellen is hierdoor ontkoppeld van de warmtevraag.

Centraal in het schema van Figuur 3 staat de regelstrategie. De regelstrategie bepaalt op welke manier de energievraag wordt voldaan. Op ieder ogenblik wordt de energievraag voor verwarming, sanitair warm water en elektrische toestellen bepaald in stappen van 3 minuten. De productie van sanitair warm water heeft steeds prioriteit. Als de PV-panelen of de batterij niet voldoende energie kunnen leveren hiervoor wordt energie uit het net genomen. Thermische energie wordt opgeslagen in de thermische buffer met de warmtepomp, als de batterij meer dan 50% is opgeladen.

Als er een verwarmingsvraag is, dan wordt eerst gekeken of in de gegeven tijdstap de watercapaciteit van de vloerverwarming deze warmte kan leveren. De warmtepomp kan in die tijdstap dan wel de Thermische Energieopslag opladen. Is dat niet het geval, dan wordt gekeken of de batterij voldoende energie bevat om via de warmtepomp deze energie te leveren. Als dat niet kan (ook omdat er bijvoorbeeld tegelijk een nood is aan sanitair warm water), dan wordt de Thermische Energieopslag aangesproken. Als ook deze niet voldoende is opgeladen, zal de warmtepomp de energie leveren, waarbij er elektriciteit van het net wordt genomen.

Elektrische energie gaat eerst naar de warmtepomp, vervolgens naar de huishoudtoestellen en dan naar de batterij. Als er geen energieproductie is van de PV-panelen, wordt eerst de batterij aangesproken en vervolgens het net.

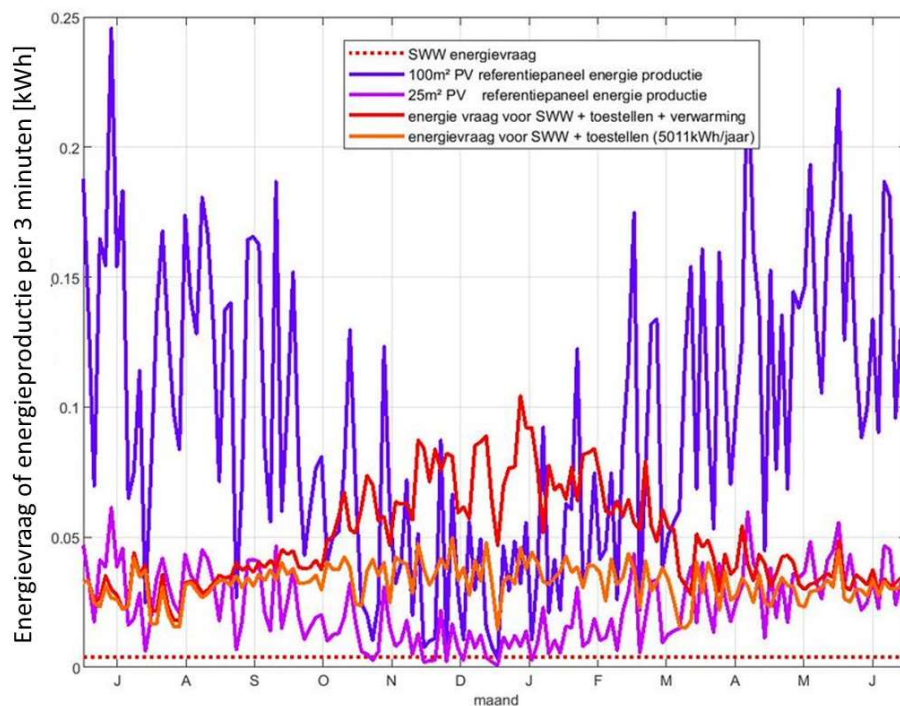
Energiebehoefte zonder opslag

Zonder energieopslag vraagt de warmtepomp op jaarbasis 1370 kWh elektrische energie voor een 15kWh/m²a woning en 3374 kWh voor een type woning met 60kWh/m²a. Voor de 15kWh/m²a woning ligt de vraag aan verwarming vooral in de winter, waardoor de warmtepomp met een lagere COP draait.

Figuur 4 toont de energieproductie van 25m² PV panelen en 100 m² PV panelen versus het energiegebruik voor een huis met 60kWh/m²a. Het energiegebruik is opgedeeld in de vraag voor sanitair warm water (rode stippellijn), de som van de vraag naar sanitair warm water en de huishoudtoestellen (steeds met een jaar energievraag van 5011 kWh – gele volle lijn) en de som van sanitair warm water, huishoudtoestellen en de verwarming met de warmtepomp (oranje volle lijn).

Deze figuur illustreert duidelijk dat 25m² PV panelen in de zomer de energievraag van de toestellen en sanitair warm water kunnen afdekken.

Tevens zien we dat zelfs 100m² PV panelen in de winter niet in staat zijn de energievraag voor verwarming, sanitair warm water en huishoudtoestellen te beantwoorden. Toevoegen van een batterij of thermische opslag zal dus de mogelijkheid bieden om pieken in productie te gebruiken om dalen in productie op te vangen.



Figuur 4: Productie van elektrische energie door PV en energievraag gebruik voor toepassingen, zonder energieopslag

Zonnefractie (met opslag)

Indien we een energieopslag (batterij of thermische opslag) toevoegen aan de woning, dan kunnen we nagaan hoe de zonnefractie wijzigt. De zonnefractie kan per tijdstap worden gedefinieerd door :

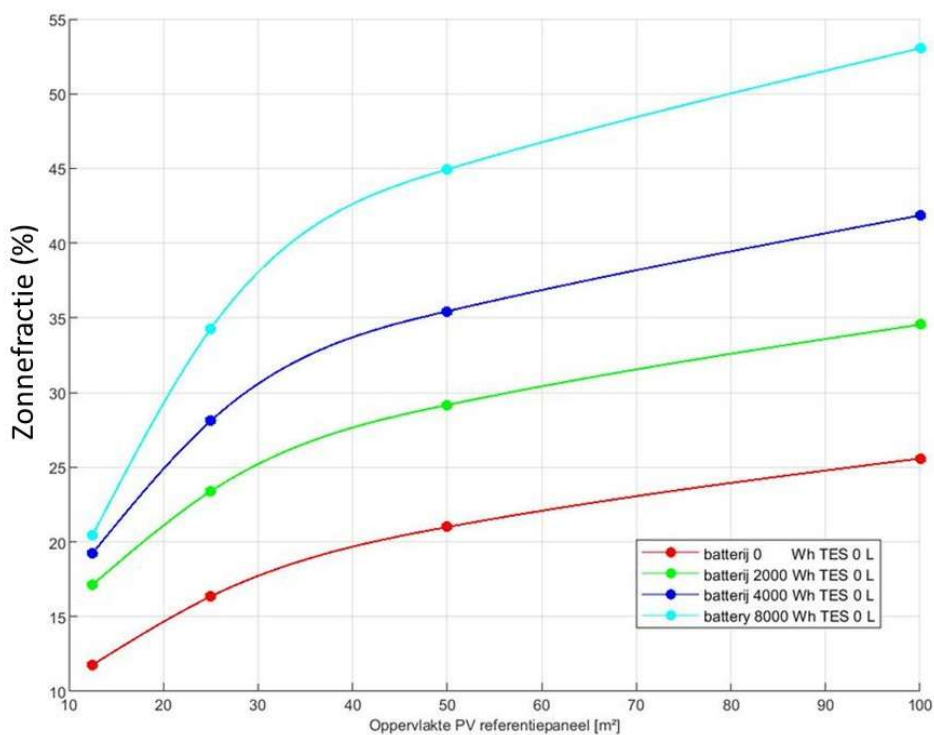
$$\phi_S = \frac{\sum_{k=k_0}^{k_{\max}} (P_P(k) - P_{P,\text{net}}(k))}{\sum_{k=k_0}^{k_{\max}} P_L(k)}$$

ZONNEFRACTIE F :

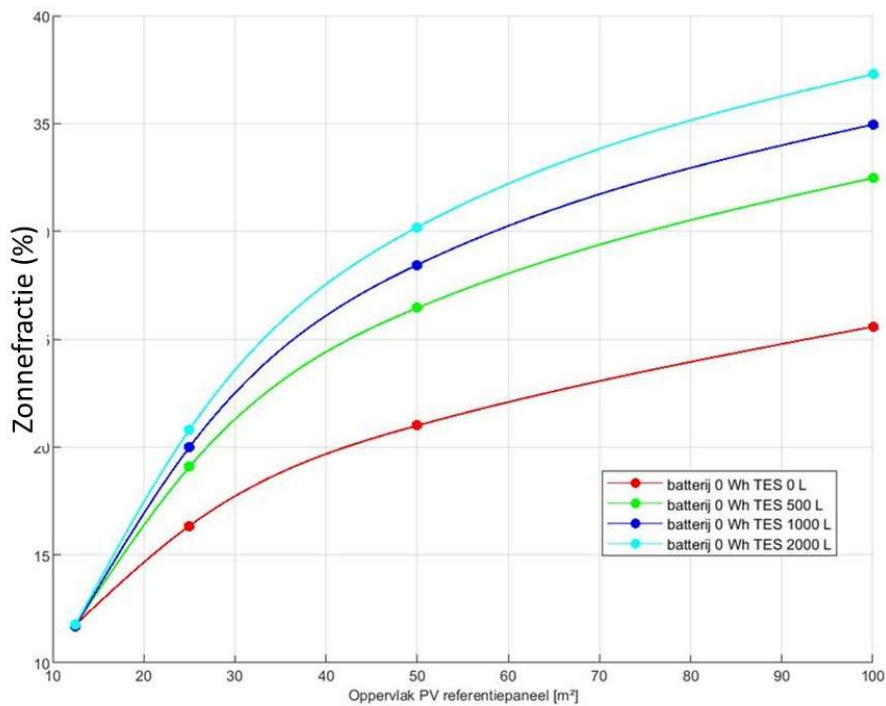
Waarbij P_P de energieproductie van de PV-panelen op tijdstap k , P_L de energievraag van de gehele woning op tijdstap k en $P_{P,\text{net}}$ het deel van de productie die ogenblikkelijk niet kan worden gebruikt op tijdstap k (noch om de vraag P_L te dekken noch om de opslag te voeden) en dus aan het net wordt terug geleverd in tijdstap k . Deze zonnefractie is dus een maat voor de hoeveelheid zonne-energie van de PV-panelen die op jaarbasis voor eigen gebruik wordt ingezet.

We zullen achtereenvolgens analyseren welke invloed een elektrische batterij, een thermische buffer en de combinatie hiervan hebben op de zonnefractie.

Op figuur 5 is te zien wat de toevoeging van **een batterij** oplevert (met verschillende groottes van de batterij 2000kWh tot 8000 kWh). De batterij zorgt ervoor dat meer energie van de PV-panelen voor eigen gebruik kan ingezet worden als de grootte van de batterij toeneemt. In een woning zonder batterij kan maximaal 25% van de energie geleverd door de PV-panelen door het gebouw gebruikt worden. Met een batterij van 8000 kWh kan dit aandeel oplopen tot 50%.



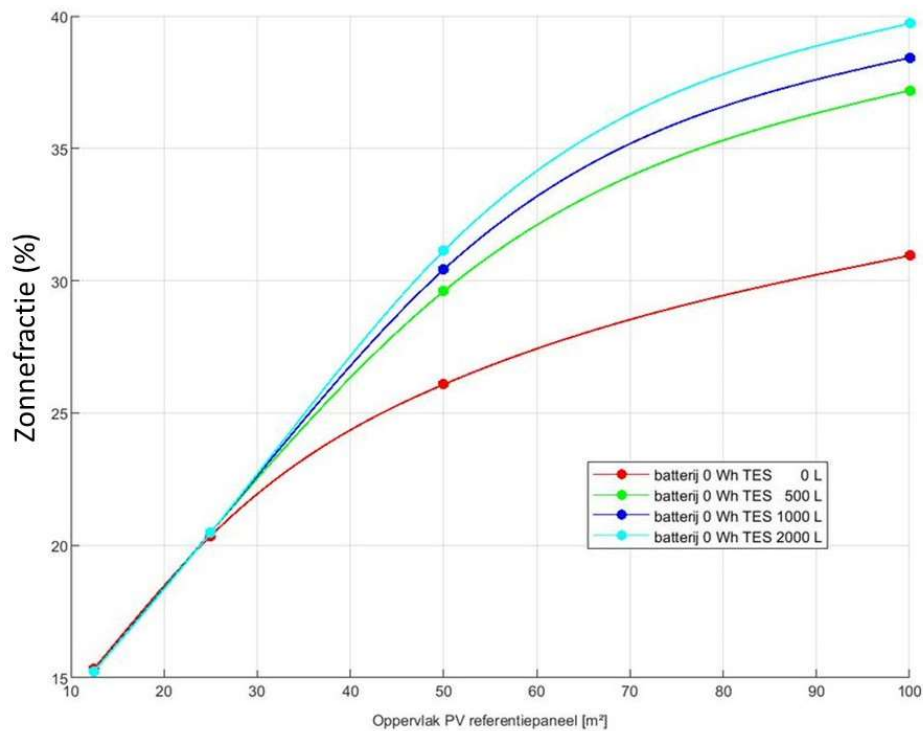
Figuur 5: Zonnefractie voor combinatie PV en batterij (woning 60 kWh/m²a)



Figuur 6: Zonnefractie voor combinatie PV en thermische opslag (woning 60 kWh/m²a)

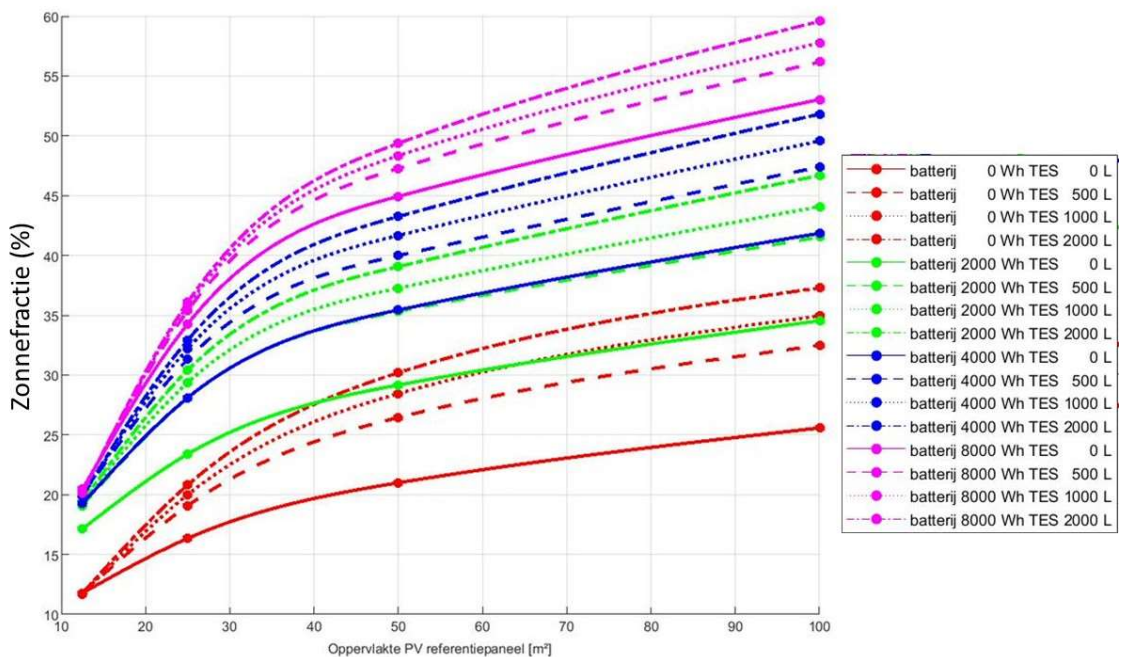
Indien we enkel **thermische opslag (TES, E: Thermal Energy Storage)** gebruiken, zien we een gelijkaardig gedrag. Hierbij valt op dat de zonnefractie niet zo hoog zal oplopen (maximaal 35%), omdat thermische opslag enkel kan worden ingezet om aan de verwarmingsbehoefte te voldoen, wat dus enkel kan in het verwarmingsseizoen.

Indien we de verwarmingsbehoefte verkleinen naar het huis met **15kWh/m²a** (Figuur7) dan zien we dat de situatie nauwelijks wijzigt. Bij lage hoeveelheden geïnstalleerde PV doet **thermische opslag** er niet toe en vallen alle curves samen. Pas als er voldoende PV-panelen aanwezig zijn, is er voldoende productie om wat niet wordt gebruikt door huishoudtoestellen op te slaan in de thermische buffer.



Figuur 7: Zonnefractie voor combinatie PV en thermische opslag (woning 15 kWh/m²a)

Indien batterijen en thermische opslag worden gecombineerd leidt dit tot een bijzonder complexe combinatie van groottes van de batterij en de thermische opslag, zoals getoond in Figuur 8. De eerste 40m² PV panelen dragen in alle gevallen sterk bij tot de groei van de zonnefractie. Hierna loopt de zonnefractie slechts geleidelijk op met 1% per 5m². Hoe groter de elektrische batterij, hoe minder de impact van het thermisch energieopslag systeem wordt.



Figuur 8: Zonnefractie voor combinatie PV, batterijen en thermische opslag (woning 60 kWh/m²a)

Zoals geïllustreerd in Tabel 1 zijn er verschillende combinaties mogelijk die bijvoorbeeld allemaal tot een zonnefractie van 40% leiden. De bouwheer zal op basis van deze combinaties in staat zijn de beste financiële keuze te maken.

Tijdens het project werd dan ook een rekentool ontwikkeld. Deze tool laat toe na te gaan hoe deze verschillende combinaties impact hebben op de zonnefractie. In Figuur 9 wordt een screen shot van de tool die werd uitgewerkt in Excel. Deze tool is beschikbaar op de website van ATIC.

Solar fraction	Battery	Thermal storage	surface PV
	Wh	l	m ²
40	8000	500	30
40	4000	1000	40
40	4000	500	50
41	2000	2000	60
40	2000	1000	70
40	4000	0	90
40	2000	500	90

Tabel 1: Combinaties van systemen die allemaal een 40% zonnefractie bereiken.

Solar fraction of a photovoltaic system for a low energy building with heat pump and under floor heating

Input	
Efficiency inverter photovoltaic system	90,25 %
yearly electricity production photovoltaic solar system	16600 kWh
volume thermal energy storage	0 liter
Battery	8000 Wh
Energy use appliances	2506 kWh/a
Energy performance building	63,8239 kWh/m ² a
net heated surface building	146,36 m ²
Calculated solar fraction	58 %

This research was supported by the Burnay Price donated by ATIC (Royal Society for Heating, Ventilation and Climatization) and the Department of Flow, Heat and Combustion Mechanics, Ghent University
 Researcher: Hugo Monteyne

Atic for HVAC professionals

GHENT UNIVERSITY

Download the free software that adds cubic and other spline functions as well as linear interpolation to Microsoft Excel: www.r11software.com
 Restart the computer to activate the new software.

Calculation tool is developed with the following reference case:

Electricity production photovoltaic panel	166 kWh/m ²
Efficiency inverter	90,25 %
net heated surface building	146,36 m ²
slope solar panels	50 °
orientation solar panels	south
Storage domestic hot water	400 liter
heating system	under floor heating
surface solar panels	12,5 25 50 100 m ²
Thermal energy storage	0 500 1000 2000 liter
Battery	0 2000 4000 8000 Wh
Appliances	0 1253 2505 5010 kWh/a
Energy performance building	16,11 29,33 63,82 kWh/m ² a

Figuur 9: Screenshot rekentool

Conclusie

Energieopslag wordt een belangrijk instrument om meer hernieuwbare energie in woningen te introduceren en zo de Europese Green Deal te realiseren.

Elektrische en thermische energieopslag kan de zonne fractie voor een fotovoltaïsche installatie merkbaar verhogen. Hierbij kan tot 60% van de geproduceerde energie door opslag ingezet worden voor eigen gebruik. Het is niet mogelijk met energieopslag een woning, zelfs met een lage warmtevraag, los te koppelen van het elektriciteitsnet. Er kunnen verschillende combinaties van afmetingen van batterij, thermische buffer en pv-panelen worden gevonden die dezelfde zonne fractie zullen opleveren.

In dit project werd een tool ontwikkeld om de grootte van elektrische en thermische energieopslag te bepalen in functie van de warmtevraag en het elektrisch energiegebruik voor een gezinswoning. Hierbij kan je inschatten hoeveel zonnepanelen en welke stockagecapaciteit je nodig hebt om tot een zekere fractie van dekking van je energievraag te komen. De tool is nu beschikbaar en kan verder verfijnd worden.

Woord van dank

De auteurs wensen hun expliciete dank te betuigen aan ATIC en de leden van de raad van bestuur. Hun vertrouwen en feed back heeft bijgedragen tot een goed onderbouwd onderzoek met een visie op de dagelijkse praktijk. Een bijzonder woord van dank voor Joris Mampaey voor de begeleiding en aan Veronique Matthys voor de administratieve ondersteuning.