

TVVL-rapport KT42, *Energieflexibiliteit van gebouwen:*

Zijn gebouwen in te zetten als slimme energiebuffer?

De verduurzaming van de energievoorziening zorgt voor congestie op de energienetten en een mismatch tussen de duurzame energieopwek en de energiebehoefte. Deze problemen kunnen voorkomen worden door energie tijdelijk op te slaan. Zo kunnen pieken afgevlakt worden en kan de mismatch tussen opwek en behoefte overbrugd worden. Inmiddels worden door energiebedrijven daarvoor enorme batterijen gerealiseerd. Gebouwen kunnen een grote bijdrage leveren aan het oplossen van de congestie- en mismatchproblemen. Elk gebouw is een warmtebuffer die hiervoor slim ingezet kan worden.

In het TVVL-rapport KT42, Energieflexibiliteit van gebouwen, is de beschikbare kennis op het gebied van energieflexibiliteit van gebouwen geïnventariseerd. Er is al aardig wat onderzoek uitgevoerd, maar in de praktijk blijkt het ontsluiten van energieflexibiliteit in een gebouw toch ingewikkeld. Dit is ook te wijten aan een lastige businesscase. De energiemarkten zijn nog niet goed ingericht om het potentieel goed te kunnen benutten.

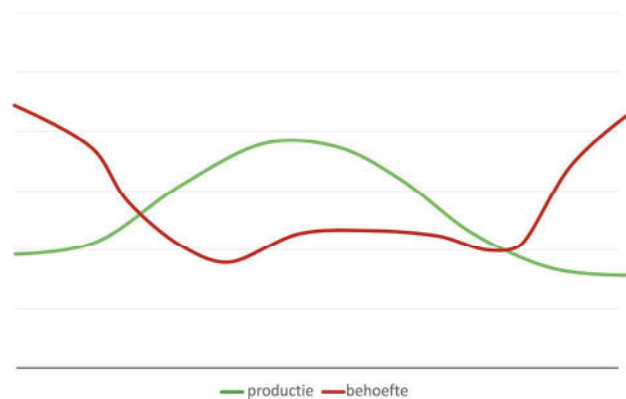
Aanbod en behoefte

De duurzame energievoorziening zal bestaan uit verschillende energiebronnen. Zon- en windenergie hebben daar een belangrijk aandeel in. Zon- en windenergie moeten beschouwd worden als niet regelbare energiebronnen. In Figuur 1 is een indicatie gegeven van de relatie tussen duurzaam energieaanbod (zon + wind) en de energiebehoefte van een kantoorgebouw.

Soms zal de energieproductie de energiebehoefte kunnen dekken, in die gevallen is er een productieoverschot. Soms zal de energieproductie niet voldoende zijn om de energiebehoefte te dekken, dan is er sprake van een ongedekte energiebehoefte.

De uitdaging is om het productieoverschot en de ongedekte energiebehoefte zo klein mogelijk te houden. Bij het ontwerpen van gebouwen is het dan ook zinvol om te de energiebehoefte zo veel mogelijk in lijn te brengen met de gemiddelde duurzame energieproductie.

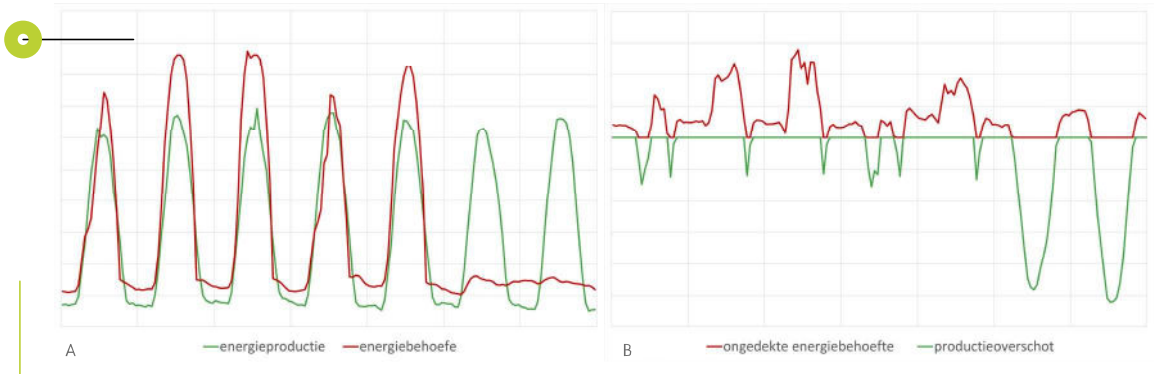
In de praktijk worden de verschillen tussen productie en energiebehoefte op de tijdschaal van seizoenen door de energiebedrijven goed opgevangen door het inzetten van regelbare energiebronnen. De werkelijke behoefte aan energieflexibiliteit ontstaat als het aanbod van duurzame energie zeer snel verandert. De meeste energieproductiemiddelen kunnen niet snel genoeg reageren om deze wisselingen in het aanbod



Figuur 1: Energiebehoefte van een kantoorgebouw op jaarbasis vergeleken met de energieproductie door zon- en wind.

Figuur 2a en 2b:

Duurzame energieproductie en energiebehoefte van een kantoor in een zomerweek. Rechts het resulterende productieoverschot en de ongedekte energiebehoefte.



op te vangen. Als we kijken naar een detailpatronen van energieproductie en energiebehoefte van een kantoorgebouw, dan zien we dat het productieoverschot en de ongedekte energiebehoefte een grillig patroon vertonen. Dat is de tijdschaal waarop energieflexibiliteit van gebouwen een belangrijke rol kan spelen. Dit is geïllustreerd in Figuur 2.

Energiebehoefte

De energiebehoefte van een gebouw is het resultaat van een complexe samenhang van factoren, zie Figuur 3.

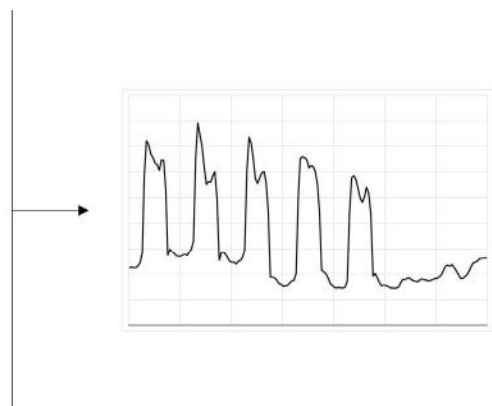
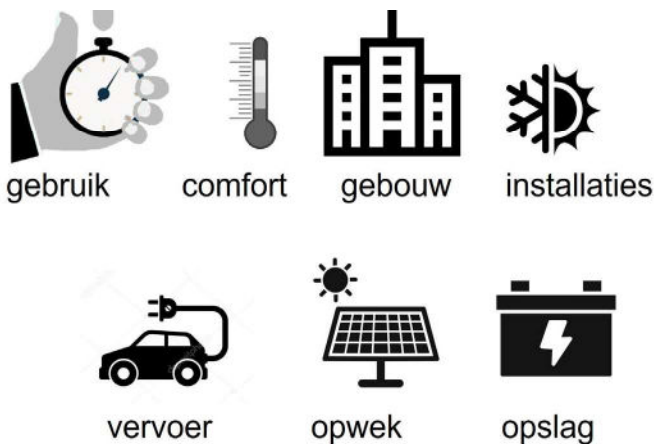
De energiebehoefte van een gebouw wordt bepaald door het gebouw zelf, het gebruik van het gebouw, het gewenste comfort en door de gebouwinstallaties. Daarnaast kunnen er aanvullende voorzieningen in een gebouw zijn die niet essentieel zijn voor het functioneren van

het gebouw zelf, zoals pv-panelen, een batterij of laadpalen voor elektrisch vervoer.

Pv-panelen, een batterij of laadpalen horen niet tot de primaire gebouwinstallaties; ze zijn in principe niet nodig om het gebouw goed te laten functioneren. Deze voorzieningen kunnen wel een rol spelen bij het leveren van energieflexibiliteit.

Energieflexibiliteit

Energieflexibiliteit uit zich door het op basis van een externe (prijs)prikkel vergroten of verminderen van de energiebehoefte. Bij gebouwen gaat het dan vrijwel altijd om verschuiving van de energiebehoefte. Als nu de energiebehoefte verlaagt wordt, dan is op een later tijdstip de energiebehoefte juist groter.



Figuur 3: De energiebehoefte van het gebouw is het resultaat van een complexe samenhang van factoren.

Als het gaat om klimaatinstallaties kan een verwarmings- of koelinstallatie niet onbepert uit- of aangezet worden. In zo'n flexibiliteitsgebeurtenis kunnen drie fasen onderscheiden worden, die niet in elke situatie voor hoeven te komen:

- Anticipatie: bijvoorbeeld opstoken (of afkoelen) van het gebouw.
- Reactie: de gewenste verandering.
- Correctie: herstellen van het gebouw naar gewenste condities.

In Figuur 4 is schematisch een flexibiliteitsgebeurtenis weergegeven die betrekking heeft op het tijdelijk uitschakelen van een verwarmingsinstallatie.

Gebouw als buffer

Een gebouw werkt als een warmtebuffer. Hoe groter deze buffer, hoe flexibeler het gebouw is ten aanzien van het aan- en uitzetten van de klimaatinstallaties. Een zwaar gebouw, met bijvoorbeeld een betonnen constructie, kan meer warmte bufferen dan een licht gebouw met bijvoorbeeld een houten constructie. Een voorwaarde voor het benutten van de thermische

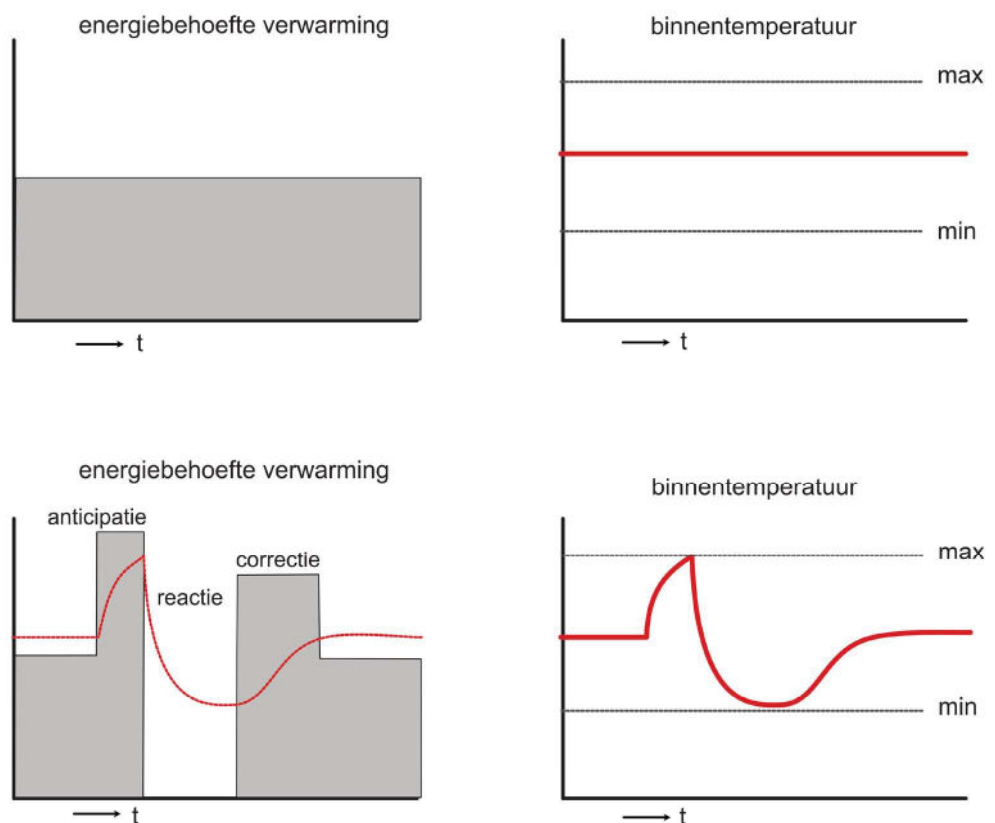
massa voor energieflexibiliteit van het gebouw is dat de thermische massa actief kan bijdragen aan het binnenklimaat. Dit kan als de massa direct contact heeft met de binnenruimte of als ventilatiestromen slim langs de massa geleid worden.

Thermische massa kan ook 'kunstmatig' aan het gebouw toegevoegd worden met phase changing materials (PCM). Deze materialen hebben een faseovergang (vloeibaar-vast) bij een temperatuur rond de comforttemperatuur. In deze faseovergang kan veel energie opgeslagen worden.

Banbreedte comfort is nodig

Als je energieflexibiliteit in gebouw wil realiseren met de klimaatinstallaties dan is het noodzakelijk dat er een zekere bandbreedte acceptabel is ten aanzien van de gewenste binnentemperatuur. Dat is ook in Figuur 4 goed te zien.

Een zekere dynamiek van de binnentemperatuur gaat over het algemeen niet ten koste van de comfortbeleving. De bandbreedte van de binnentemperatuur waarbinnen mensen zich



Figuur 4: Schematische weergave van het verloop van een flexibiliteitsgebeurtenis. Boven regulier, onder met flexibiliteitsreactie.

thermisch comfortabel voelen geeft mogelijkheden ten aanzien van energieflexibiliteit. De mate waarin mensen een zekere bandbreedte ten aanzien van het comfort accepteren hangt sterk samen met de beïnvloedbaarheid van het comfort door bijvoorbeeld te openen ramen of te bedienen zonwering.

Bij het ontwerpen van gebouwen is de gewenste binnentemperatuur een belangrijk uitgangspunt. Daarbij wordt vaak de methode van de adaptieve grenswaarden (ATG) gebruikt. Kenmerkend voor deze methode is:

- De psychologische adaptatie van gebruikers aan hogere buitentemperaturen. Bij hogere buitentemperaturen worden ook hogere binnentemperaturen geaccepteerd.
- In gebouwen waar gebruikers meer mogelijkheden hebben om het binnenklimaat zelf te beïnvloeden accepteren de gebruikers een grotere variatie van de binnentemperatuur.

In Figuur 5 zijn de grenswaarde gegeven van de ATG methode.

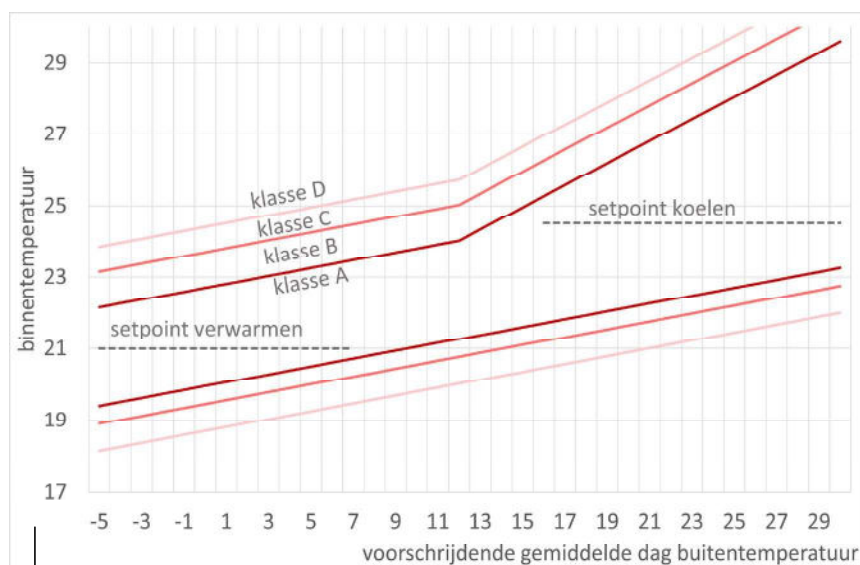
Hoe groter de 'comfortruimte' hoe langer de periode dat een klimaatinstallatie uitgeschakeld respectievelijk geforceerd aangeschakeld kan worden.

Verhandelen van flexibiliteit

Er zijn veel partijen die een rol spelen op de energiemarkt. De energieleverancier, de netbeheerder en het meetbedrijf zijn bij de meeste mensen wel bekend. Er is nog een andere rol in de energiemarkt die van belang is in het kader van energieflexibiliteit en dat is de programmaverantwoordelijke (meestal balance responsible party, BRP genoemd). Soms valt deze rol samen met de leverancier, maar dat is niet altijd het geval. Sommige grote industriële bedrijven verzorgen bijvoorbeeld hun eigen programmaverantwoordelijkheid.

Een programmaverantwoordelijke maakt een dag voor de daadwerkelijke levering van energie een prognose van de energiebehoefte. De optelling van de prognoses van alle programmaverantwoordelijken bepaalt de inzet van productiemiddelen. Deze prognoses zijn niet volledig accuraat. Het verschil tussen de prognose en de daadwerkelijke energiebehoefte, de zogenaamde onbalans, wordt opgevuld door reservecapaciteit. Het inzetten van reservecapaciteit is kostbaar en de energieprijzen in deze onbalansmarkt zijn dan ook vaak veel hoger dan bij de normale energiemarkt. Duurzame energieproductie heeft ervoor gezorgd dat het maken van een goede prognose veel lastiger is geworden en dat er dus meer behoefte is aan reservecapaciteit. In de huidige organisatie van de energiemarkt zorgt de behoefte aan reservecapaciteit (deze kan overigens ook negatief zijn) voor de beste businesscase in relatie tot energieflexibiliteit.

Een enkel gebouw heeft niet genoeg energie-flexibiliteit om op zichzelf een interessante propositie te vormen op de energiemarkt. Daarom kunnen vele gebouwen gebundeld worden en als een soort virtuele energiecentrale ingezet worden, die zowel extra energie kan leveren als extra energie kan afnemen.



Figuur 5: Bandbreedte van binnentemperaturen voor verschillende typen gebouwen.

Zelfconsumptie van eigen opwek

De duurzame energieopwekking door zonnecellen draagt bij uitstek bij aan het verduurzamen van energievoorziening. De energie-opwek door zonnecellen moet dan ook als niet flexibel gezien worden. Het kan voor de gebouwgebruiker interessant zijn om zoveel mogelijk van de duurzame energieopwekking zelf te benutten (bijvoorbeeld als salderen niet meer mag). Dit kan met batterijen, maar ook een warmwater voorraadvat kan daarvoor gebruikt worden.

Regeltechniek

Om energieflexibiliteit in een gebouw te ontsluiten voor het gebruik in de duurzame energievoorziening is het nodig dat de elementen in het gebouw die kunnen bijdragen aan de flexibiliteit (comfort, opwekinstallaties, batterijen, thermische opslag) samenhangend beschouwd en aangestuurd worden. Het gebruik van een gebouwbeheerssysteem is daarbij onontbeerlijk. Omdat energieflexibiliteit ook een voorspellend element heeft zijn voorspellende regelingen zeer geschikt. Model predictive control (MPC) is een methode die hiervoor bij uitstek geschikt is. MPC werkt met behulp van een fysisch model van het gebouw.

Het gebouwbeheerssysteem vormt dan de schakel tussen de aan te sturen apparaten, waarmee de communicatie vaak gaat met specifieke, fabrikantgebonden API's (Application Programming Interfaces) en de duurzame energievoorziening.

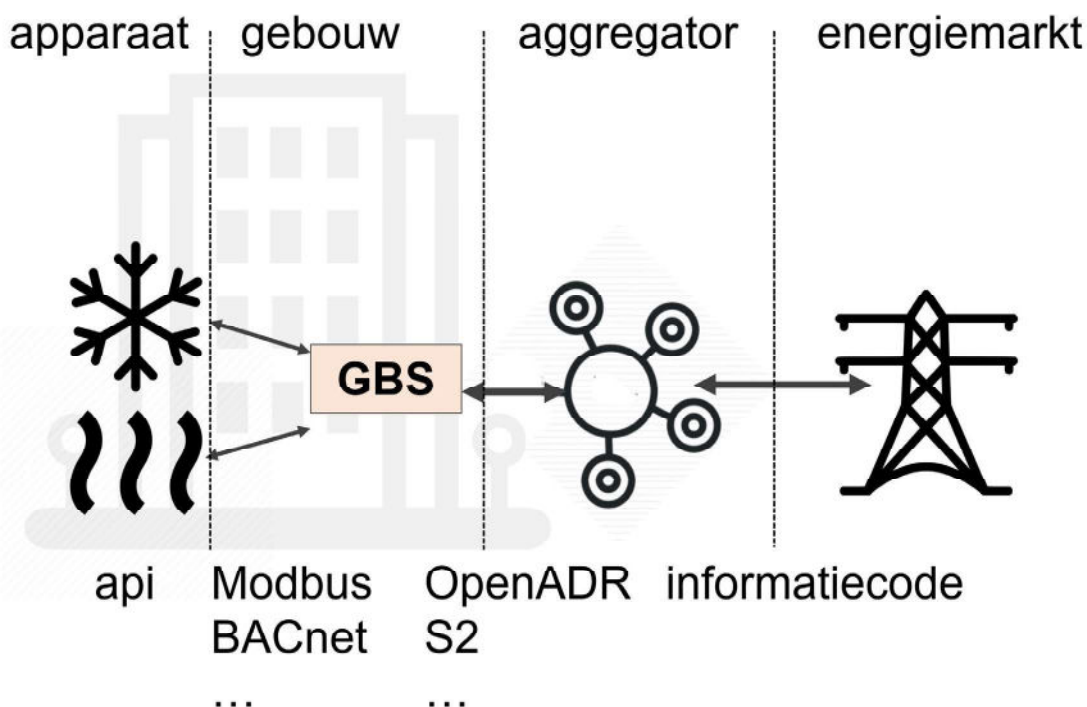
De essentie van energieflexibiliteit is dat er vanuit de duurzame energievoorziening een behoefte bestaat om de energielevering aan gebouwen te verminderen of juist op te voeren. Als gebouwen actief meewillen aan deze duurzame energievoorziening door het leveren van flexibiliteitsdiensten moet er informatie uitgewisseld worden. De meest eenvoudige manier om dat te doen is een prijsprikkel of een biedingssysteem. Er is dan geen twee-richtingencommunicatie nodig. Als het leveren van flexibiliteitsdiensten gefaciliteerd gaat worden door een aggregator, dan zal de aggregator controle willen hebben over de te leveren (geaggregeerde) flexibiliteitsdienst.

In Figuur 6 zijn de verschillende werkingsgebieden van de verschillende communicatieprotocollen schematisch weergegeven.

Vervolg

Binnen het TVVL-project KT42 is ook een globaal plan van aanpak ontwikkeld dat gericht is op het ontsluiten van de energieflexibiliteit van gebouwen. In een vervolgproject willen we nu in vijf gebouwen dit plan van aanpak toetsen en kijken hoe in die gebouwen energieflexibiliteit ontsloten kan worden.

De rapportage energieflexibiliteit van gebouwen en het plan van aanpak energieflexibiliteit zijn via TVVL-connect voor TVVL-leden gratis te downloaden.



Figuur 6: Verschillende protocollen voor informatie-uitwisseling en de daarbij horende scope.