

SIEMENS

Ingenuity for life

Energie besparen met PICV's

Hoe dynamisch-balanceren van hydraulische systemen tot 30% energiebesparingen oplevert



Temperatuur onder controle

PICV's combineren kostenbesparing en comfort

Drukafhankelijke combi-afluiters (PICV's = Pressure Independent Control Valves) spelen een belangrijke rol bij het verminderen van het energieverbruik, terwijl de gebouwtemperatuur op de optimale instelling wordt gehouden. PICV's zijn effectief omdat ze dynamisch hydraulisch balanceren om drukfluctuaties in het waterzijdige systeem van een gebouw op te vangen. Dynamisch balanceren heeft twee hoofdfuncties. Ten eerste voorkomt dit een te hoog aanbod voor de gebruikers en de daaruit volgende onderlinge beïnvloeding. Ten tweede verlaagt het de temperatuurschommelingen drastisch. Het resultaat is dat het systeem minder energie verbruikt om het gebruikerscomfort te handhaven.

Bovendien hebben PICV's een voorinstelfunctie die zorgt voor een nog fijnere regelnaauwkeurigheid, waardoor temperatuurschommelingen en onbehaaglijkheid verder worden geëlimineerd. Hierdoor hebben gebruikers minder behoefte aan het alsmear wijzigen van de temperatuurinstellingen, wat bijdraagt aan de totale energiebesparing. PICV's maken ook geavanceerde strategieën voor pompbesturing mogelijk die het energieverbruik nog verder verminderen. In totaal kunnen PICV's een energiebesparing van maximaal 30% genereren. Ze kunnen in bijna elke toepassing voor verwarming en koeling worden gebruikt om het hele jaar door comfort te bieden aan gebruikers van gebouwen.

Dit document bespreekt de energiebesparingsmethoden in detail en bevat een voorbeeld van een onderzoek die ze kwantificeert.

PICVs in de hydraulische context

Dynamisch balanceren tegen drukschommelingen

Drukafhankelijke combi-afsluiters (PICV's) zorgen ervoor dat de stroom van warm of koud water uitsluitend afhankelijk is van de klepstand. Binnen hun werkgebied worden ze niet beïnvloed door drukfluctuaties in het hydraulische systeem van het gebouw. Dit wordt dynamisch balanceren of *auto-balancing* genoemd.

Deze basisfunctionaliteit wordt bereikt door een interne drukverschilregelaar (Figuur 1, # 3) die in serie werkt met de regelafsluiter (# 1) en het drukverschil over de regelafsluiter regelt met behulp van een drukinlaat en een membraan. De stroming over de gehele inrichting is derhalve onafhankelijk van de drukveranderingen in het systeem en wordt alleen bepaald door de beweging van de regelafsluiter.

PICV's hebben dezelfde servomotoraansluiting als standaard regelafsluiters. Extra externe energietoevoer of een elektrische sensor zijn niet nodig. De energie om de drukverschilregelaar te bedienen wordt geleverd door het waterzijdige systeem zelf.

Een andere kernfunctie van PICV's is om de maximaal gewenste volumestroom te begrenzen. Meestal gebeurt dit ofwel door de slag van de regelafsluiter te begrenzen of door de vrije opening (# 2) te beperken.

PICV's voor het gehele hydraulische systeem

PICV's kunnen worden gebruikt in bijna alle verwarmings- en koeltoepassingen in een gebouw, inclusief energieopwekking, distributie en verbruiker. De meest voorkomende zijn:

Energieverbruik

- Koel-/klimaatplafonds
- Radiatoren
- Zone-regeling verwarmen / koelen

- Verwarmings- / koelelementen in: Fancoil units, Luchtbehandelingsunits en VAV-systemen (variabel luchtvolume)

Energiedistributie

- Verwarmingsgroep
- Gekoeld watergroep

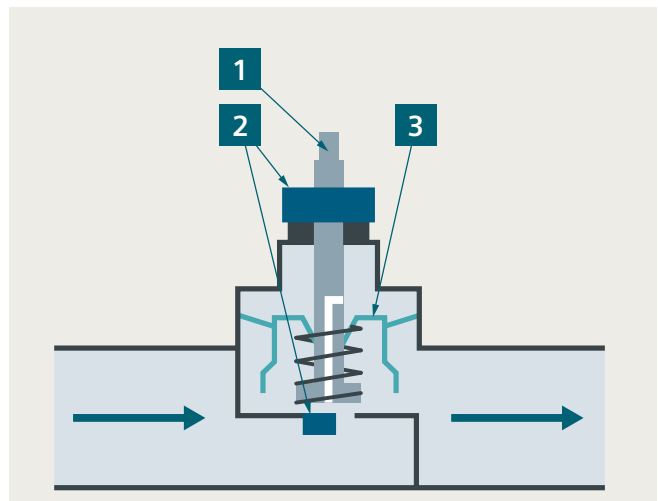
Energieopwekking

- Stadsverwarming

Energiebesparing op drie verschillende manieren

Voor verwarming en koeling in een gebouw genereert automatisch balanceren energiebesparing op drie verschillende manieren:

- Het elimineert de overflow van de warmtewisselaar op elk moment en in elke bedrijfstoestand.
- Het verbetert de regelnauwkeurigheid door hydraulische beïnvloeding van en met aangrenzende regelkringen te elimineren.
- Het maakt geavanceerde strategieën voor energiedistributie mogelijk door het risico van stil vallen van warmtewisselaars te elimineren.



Figuur 1: Schema van een mechanische PICV

1. Regelafsluiter
2. Voorinstelling
3. Drukverschilregelaar

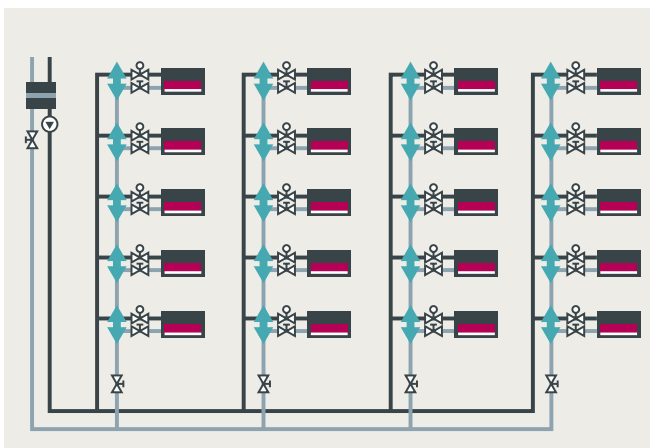
Overflow vermijden

Verschil in weerstand leidt tot onder- of overflow

In hydraulische verwarmings- en koelsystemen wordt het warme of koude medium dat de thermische energie van de productie naar de gebruiker verdeelt (water, gewoon of gemengd met een toevoeging zoals glycol) getransporteerd over leidingsecties van verschillende lengten en diameters. In het geval van gebouwen met meerdere verdiepingen kan de te overwinnen hoogte ook variëren. Als gevolg hiervan is de hydraulische weerstand langs het pad van de energieopwekking naar elke eindverbruiker verschillend. Om de vereiste verwarming of koeling te bieden is elke eindverbruiker ontworpen voor een bepaalde volumestroom. Wanneer de stroom te laag is, ontvangt de verbruiker niet genoeg energie (te weinig voeding). In het tegenovergestelde geval, wanneer een overflow (of te hoog aanbod) plaatsvindt, is de stroom zo hoog dat de eindverbruiker de geleverde thermische energie niet voldoende kan afgeven. Als gevolg hiervan wordt de overtollige energie teruggestuurd naar de energieopwekking, die vervolgens niet in staat is om efficiënt te werken.

De verschillen worden opgeheven door statische balancering

Om ervoor te zorgen dat elke verbruiker de juiste hoeveelheid verwarmings- / koelingsenergie ontvangt, wordt de hydraulische weerstand in het systeem ingebracht. Conventioneel wordt dit zogenaamde in evenwicht brengen gedaan door het installeren van handbediende inregelafsluiters die in serie worden geïnstalleerd met de standaard regelafsluiters. Bij deze methode wordt de hydraulische weerstand van de inregelafsluiter zodanig gedimensioneerd dat het systeem perfect is uitgebalanceerd voor de nominale bedrijfstoestand. Het systeem is "statisch gebalanceerd". Dit geldt echter alleen voor een bepaalde "ideale" bedrijfstoestand (Figuur 2).

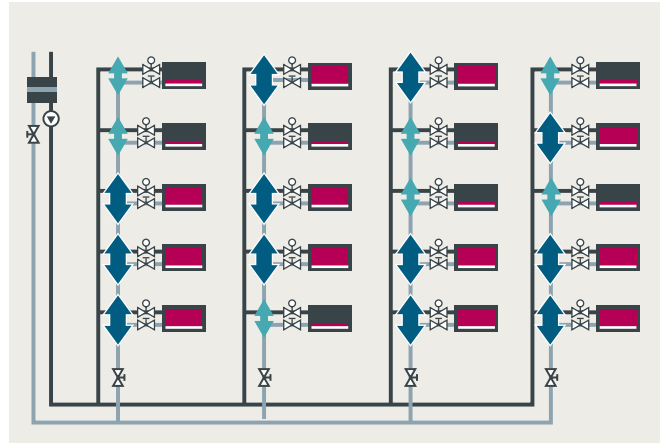


Figuur 2: Statisch uitgebalanceerd systeem dat werkt op het ontwerp-punt.

Overflow ondanks statische balancering

De realiteit ziet er echter heel anders uit. In statisch uitgebalanceerde systemen kan overflow nog steeds voorkomen in deellastsituaties.

Als een aantal circuits bijvoorbeeld half open staan (deellast) en de rest volledig open staat (volledige belasting), vindt er overflow plaats in de laatstgenoemde circuits die dan overmatige energie toegevoerd krijgen (Figuur 3).



Figuur 3: Wanneer bepaalde circuits in deellast of gesloten zijn krijgen andere een overflow (grote blauwe pijlen).

Een overflow kan geruime tijd plaatsvinden voordat de kamertemperatuurregelaar reageert op de verhoogde of verlaagde energietoevoer. Dergelijke transiënte overflow situaties treden gewoonlijk op als gevolg van een verandering in belasting (bijv. wel of geen gebruik van een kamer) of als gevolg van een verandering van de temperatuurstelling (bijv. opstartfase in de ochtend).

Overflow leidt tot inefficiënt energiegebruik

Afhankelijk van het type energieopwekking kan deze overflow leiden tot twee negatieve bijwerkingen. Ten eerste leidt overflow tot watertransport door het systeem zonder de juiste hoeveelheid energie naar de verbruikers te voeren en derhalve tot een laag temperatuurverschil over de warmtewisselaar¹⁾. Ten tweede, in het geval van koelers en warmtepompen veroorzaakt overflow inefficiënte werking van de energie-opwekkers. Overflow van speciale verbruikers kan leiden tot een retourtemperatuur die lager is dan de nominale ontwerpwaarde in koelbedrijf en een retourtemperatuur die hoger is dan de nominale ontwerpwaarde in verwarmingsbedrijf, waardoor de energie-efficiëntie van ketels en koelmachines met respectievelijk 2% en 3% daalt²⁾.

¹⁾ De warmteoverdracht van een warmtewisselaar is recht evenredig met het debiet en het temperatuurverschil over de warmtewisselaar. Debiet en temperatuurverschil zijn omgekeerd evenredig met elkaar in een gesloten systeem.

²⁾ Een verlaging van de verdampingstemperatuur van een koelmachine onder de ontwerpwaarde met 1 graad verlaagt de prestaties met ongeveer 3%. Verhoging van de condensatietemperatuur van een warmtepomp boven zijn ontwerpwaarde met 1 graad verlaagt het vermogen met ongeveer 2%.

Verbetering van de regelnauwkeurigheid

PICV's elimineren te hoge volumestromen door dynamische balancering

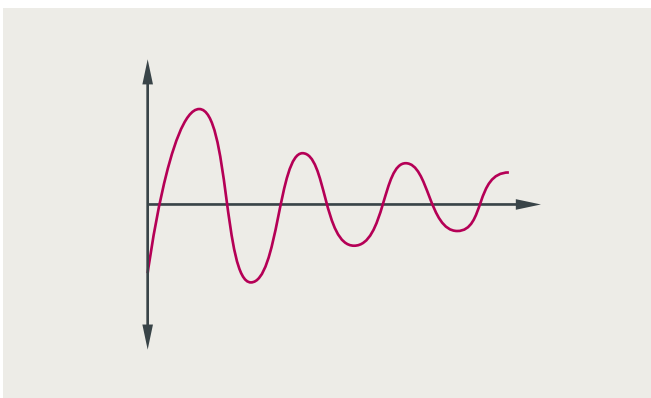
Zoals aangegeven in de beschrijving van het werkingsprincipe, begrenst het gebruik van PICV's de maximale doorstroming bij gedeeltelijke belasting en vermijdt zo te veel directe energievraag (opwekking, consumptie) en indirecte energievraag (transport, distributie).

Hydraulische beïnvloeding veroorzaakt temperatuurvariëaties in het gebouw

Zoals hierboven beschreven kan de energievraag van een gedeelte van het verwarmings- of koelsysteem tijdelijk toenemen (of afnemen), bijvoorbeeld wanneer een zaal vol loopt met mensen aan het begin van een workshop of leeg loopt wanneer de workshop is afgelopen. Dit kan overal in een gebouw gebeuren, op verschillende momenten, op verschillende plaatsen.

Deze toename van de energievraag in bepaalde delen van het systeem leidt tot een vermindering van energielevering naar andere delen van het gebouw. De temperatuur van deze gebouwdelen zal dan gaan afwijken van de gewenste waarde en het vergt tijd voordat de ruimteregeling daarop reageert. De ruimtetemperatuur zal dan een cyclus van stijgen en dalen doorlopen en zich na bepaalde tijd stabiliseren op de gewenste ruimtetemperatuur (Figuur 4). Dit effect wordt "hydraulische beïnvloeding" genoemd.

Het eerste probleem van hydraulische beïnvloeding is dat gebruikers van het gebouw perioden van onbehagelijkheid ervaren wanneer de temperatuur rond het laagste of hoogste punt in de cyclus ligt.



Figuur 4: Door beïnvloeding wijkt de temperatuur af van de ingestelde waarde. Vertraagde correctie van de ruimtetemperatuur leidt tot grote temperatuurschommelingen, minder comfort en energieverlies.

Gebruikers gaan instellingen wijzigen om beter comfort te krijgen

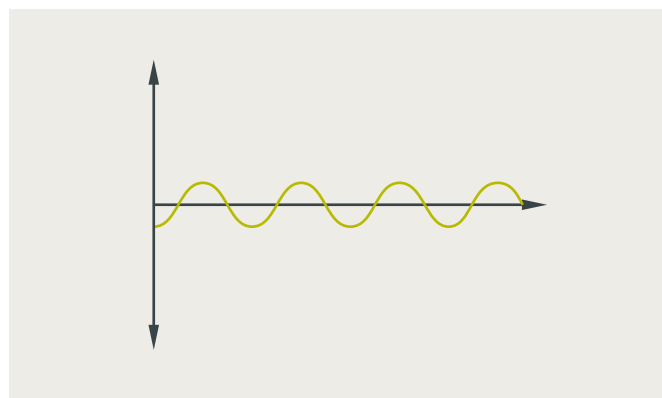
Het tweede probleem is dat gebruikers meestal de temperatuurstelling wijzigen als ze enige mate van ongemak ervaren. Wanneer de temperatuur zich bijvoorbeeld op het laagste punt in de cyclus bevindt zijn gebruikers geneigd om de instelling met enkele graden te verhogen. Ze zullen waarschijnlijk een uur later niet reageren, wanneer de ruimtetemperatuur weer hoger is dan normaal. De wijziging van de instelling blijft daarna vaak onveranderd.

Een soortgelijk scenario vindt plaats wanneer de ruimtetemperatuur op de hoogste waarde in de cyclus komt. Gebruikers zullen de temperatuurstelling verlagen en mogelijk de koeling opvoeren zonder deze later terug te zetten.

In zowel verwarmings- als koelbedrijf wordt de totale energievraag verhoogd vanwege de variëaties in temperatuur, die wordt veroorzaakt door de hydraulische verstoringen.

PICV's elimineren temperatuurvariëaties nagenoeg geheel

Bij gebruik van PICV's worden drukvariëaties door hun auto-balanceerfunctie gecompenseerd. Ze zorgen voor een betere regelnauwkeurigheid en elimineren daarom temperatuurschommelingen nagenoeg volledig (Figuur 5).



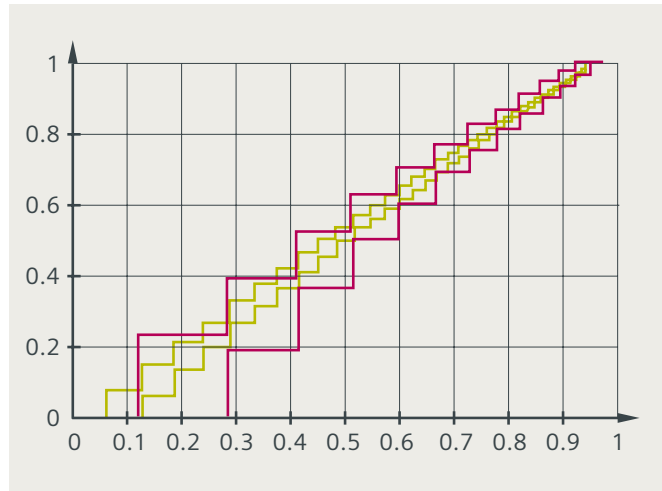
Figuur 5: PICV's compenseren automatisch de variëaties in voordruk en houden de ruimtetemperatuur dicht bij het instelpunt.

Volledige slag verhoogt de nauwkeurigheid

De Siemens PICV biedt een nog fijnere regelnauwkeurigheid, waarbij voorinstelling wordt verkregen door de volledige doorlaat te beperken. Omdat de volledige slag van de regelafsluiter beschikbaar blijft, kan de volumestroom worden geregeld met behulp van een veel groter aantal stappen (figuur 6). De ruimtetemperatuur kan zo in kleinere stappen worden bereikt, waardoor temperatuurschommelingen nog verder worden vermindert.

Voorkomen van temperatuurverstellingen leidt tot energiebesparing

Als gevolg hiervan ondervinden gebruikers geen ongemak bij de oorspronkelijke instelwaarde en zal de energievraag niet worden aangepast om temperatuurvariaties te compenseren, dit levert een aanzienlijke energiebesparing op voor het hele gebouw in alle seizoenen.



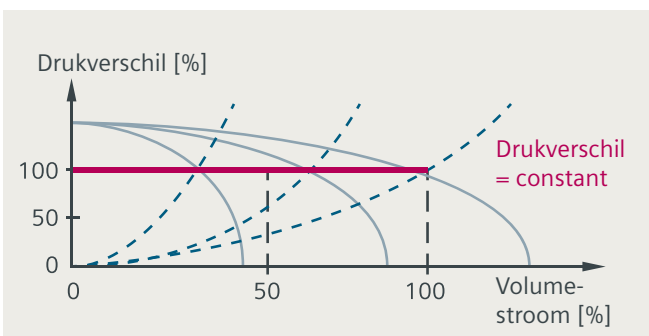
Figuur 6: PICV's met voorinstelling door beperking van de slag van de regelafsluiter (slagbegrenzing) hebben een verminderde regelnauwkeurigheid (paars). Siemens PICV's met voorinstelling door beperking van de vrije doorlaat behouden de volledige slag en bieden een fijnere regeling van volumestroom en temperatuur (groen).

Optimale verdeelstrategie

Conventionele systemen vereisen constante druk

Moderne energietransportsystemen, zoals toerengeregelde pompen, passen de opvoerhoogte van een pomp en de volumestroom aan op de vraag. Er zijn momenteel verschillende regelstrategieën op de markt. De regeling kan worden uitgevoerd in combinatie met verschilddruk, effectieve volumestroom door een flowsensor, temperatuurverschil, buitentemperatuur of aanvoertemperatuur.

Zoals hierboven uitgelegd, is een conventioneel hydraulisch systeem "statisch gebalanceerd". De hydraulische weerstand van de inregelafsluiters is zodanig gedimensioneerd dat het systeem perfect is uitgebalanceerd voor de nominale bedrijfstoestand. Omdat een dergelijk systeem nog steeds gevoelig kan zijn voor drukverschillen, wordt de pompregeling meestal gekozen om een constant drukverschil in het systeem te waarborgen (Figuur 7).



Figuur 7: Pompregeling om drukverschil op gewenste waarde constant te houden.

Pompen moeten onnodige weerstand overwinnen

Elke vermindering van het drukverschil kan leiden tot stilvallen van sommige ongunstig gelegen gebruikers. Zelfs wanneer ze volledig geopend zijn, krijgen ze niet de benodigde volumestroom. Als gevolg hiervan is de energieafgifte onvoldoende en kan de temperatuurinstelling niet meer worden gehaald.

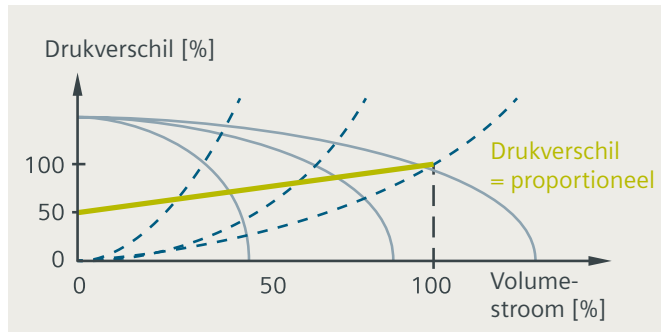
Om de noodzakelijke doorstroming te waarborgen, moeten de pompen de aanwezige hydraulische weerstand overbruggen die in het systeem aanwezig is om een nominale bedrijfstoestand te garanderen, zelfs als de werkelijke bedrijfsomstandigheden sterk verschillen.

Als PICV's de flow handhaven, optimaliseren pompen de druk

Anderzijds maken PICV's het mogelijk om dezelfde volumestroom te leveren bij een lager drukverschil. Zolang het drukverschil in het toegestane PICV-werkgebied blijft, zal de volumestroom op het ingestelde niveau worden gehandhaafd (auto-balancing functie).

Dit opent de deur voor geavanceerde pompbesturing, waarbij dezelfde volumestroom wordt afgegeven met een lager drukverschil, ergens tussen het laagst mogelijke punt (om in het werkgebied van de PICV te blijven) en het nominale punt (figuur 8).

De pomp hoeft minder weerstand te overbruggen, kan in optimaal toerental draaien en vereist aanzienlijk minder energie om dezelfde prestaties te leveren.



Figuur 8: Pompregeling met variabel drukverschil.

Besparingen in de praktijk

Toepassing in bestaande installatie

De drie manieren om besparingen te genereren die in dit document zijn beschreven, werden geïmplementeerd in een campus met verschillende gebouwen in een grote Saoedi-Arabische stad met een representatief aantal dagen met verwarmings- en koelbedrijf.

Dit gebouw is voorzien van luchtbehandelingsinstallaties en fancoil units, met gekoeld water en elektrische naverwarmers. Het gekoeldwatersysteem bevat de volgende componenten:

- 10 koelers. Gelegen bij utiliteitsbouw. Negen in bedrijf en één standby, capaciteit: 1370 kW elk.
- 10 primaire gekoeldwaterpompen, constant toerental. Gelegen bij utiliteitsbouw. Negen in bedrijf en één standby, capaciteit: 55 l / s (198 m³ / h) @ 30m opvoerhoogte. De verhouding tussen geïnstalleerd pompvermogen en geïnstalleerd koelvermogen (chillers) is ongeveer 1,5%.
- 10 secundaire gekoeldwaterpompen, variabel toerental. Gelegen bij utiliteitsbouw. Negen in bedrijf en één standby, capaciteit: 55 l / s (198 m³ / h) @ 55m opvoerhoogte. De verhouding tussen geïnstalleerd pompvermogen en geïnstalleerd koelvermogen (chillers) is ongeveer 2,5%.
- Verschillende vermogens van luchtbehandelingsunits (AHU's) en fancoil units (FCU's) die zich in elk gebouw bevinden, afhankelijk van de koelbehoefte. Regelaars met elektrische aandrijvingen geïnstalleerd in de retourleidingen voor gekoeld water (AHU's en FCU's).

Tot 30% besparing met PICV's

Aan de hand van actuele bedrijfs- en klimaatgegevens werd energiebesparing bereikt in zowel energiedistributie als energieopwekking met behulp van de volgende drie methoden:

- Elimineren van te hoge volumestroom van de warmtewisselaar op elk moment en onder alle omstandigheden
- Verbetering van de regelnauwkeurigheid door het elimineren van hydraulische beïnvloeding tussen aangrenzende groepen
- Geavanceerde strategieën voor energiedistributie om het risico van stilvallen van warmtewisselaars / koelbatterijen te elimineren

In dit geval toonden terughoudende berekeningen aan dat het gebruik van PICV's in het gebouw **een besparing tot 25-30% opleverde in de energiedistributie** en **een besparing van 2-5% voor energieopwekking**.

In absolute jaarcijfers bedroegen deze besparingen respectievelijk ongeveer 330 MWh en ongeveer 200 MWh, of een totale **jaarlijkse kostenbesparing van ongeveer € 34.000**.

Published by Siemens Switzerland Ltd 2017

Building Technologies Division

Siemens Nederland N.V.

Siemens Smart Infrastructure
Building Products
Postbus 16068
2500 BB Den Haag

Tel. (070) 333 30 30
Fax (070) 333 82 40