

CV-optimalisatie in utiliteitsgebouwen

Een onderzoek naar (waterzijdig) inregelen in de praktijk

Mei 2003

“Van de Ven, één reglement!”

Pater Beckers was een monumentale Franciscaner op het al even monumentale Berdardinus College in Heerlen. Wij noemden hem De Beer. Deze grote en veel te dikke man liep zoals vele andere Franciscaners altijd in monnikskleren, met blote voeten op sandalen. Volgens ons ongewassen, vieze en stinkende voeten. Wanneer hij ons voorbijgelopen was, haalden we steevast onze neus op, wijzend naar de grond. Wij leerlingen mochten De Beer niet. Pater Beckers was dan ook in de zestiger jaren de strafdirecteur, en eentje van weinig woorden. Hij had de onhebbelijke gewoonte om 's ochtends zijn rijzige gestalte op een verdekte plaats te posteren om de laatkomers op te vangen. Ik ben hem redelijk vaak tegengekomen. Dan stond ie daar, recht overeind een puzzel uit een opgevouwen krant op te lossen. Hij zei niets, hij keek je alleen maar aan, en als vanzelf deed je je verhaal.

“Mijn moeder is ziek en nu moest ik zelf het ontbijt klaarmaken, en toen.....”

Als hij sprak stond je naam al in de zijkolom van de krant.

“Vorige week ook al, twee reglementen”.

Mijn eeltknobbel aan de middelvinger van de rechterhand is het litteken van al het strafwerk dat ik heb moeten schrijven, maar De Beer heeft er aan bijgedragen dat ik in mijn bedrijfsvoering een stipt mannetje ben geworden. Op tijd komen is gewoontegedrag en leefregel geworden.

De vraag rijst welk gedrag je zonder al te veel praatsessies van leerlingen kunt verwachten. Het lijkt redelijk dat ze niets vernielen, goed omgaan met de spullen waar ze mee werken, en hun rotzooi netjes opruimen. In milieutermen betekent dat het (papier)afval netjes in de (papier)prullenbak gooien, en bank en lokaal opgeruimd achterlaten bij vertrek. Deuren en ramen dicht, licht uit.

Dat afval scheiden gaat redelijk, maar het licht uit doen is kennelijk onmogelijk. Het is werkelijk godsgeklaagd in hoeveel lokalen de lampen branden, terwijl er niemand binnen is. In scholen wordt voor miljoenen guldens verspild aan elektriciteit, terwijl het toch niet moeilijk zou moeten zijn om dat te veranderen. Neem in het leerlingenreglement op dat de laatste die het lokaal verlaat het licht uit doet, zorg dat leerkrachten het goede voorbeeld geven, en regel een pater Beckers. Vergeet je het licht uit te doen, dan ben je de sigaar.

“Van de Ven junior, één reglement”.

“Ja maar pater, we hadden net proefwerk en dat was voor mij extra belangrijk, en daar was ik nog.....”

“Twee reglementen”.

Milieugedrag moet je afdwingen, niet lullen, maar doen!

Samenvatting

CV-optimalisatie in utiliteitsgebouwen is een onderzoek naar de meest voorkomende knelpunten, de bijbehorende inregelmaatregelen en de effecten daarvan op het functioneren van deze cv-installaties. Daarvoor zijn de installaties van 58 utiliteitsgebouwen met elkaar vergeleken, voor en na het inregelen. Een installatie is beoordeeld als goed functionerend, als op elk tijdstip een gewenste temperatuur bereikt en onderhouden kan worden met zo weinig mogelijk gasverbruik (rekening houdend met de ontwerpeigenschappen zoals het aanwarmvermogen). Een indicatie voor het lage gasverbruik is de bereikte besparing. Onder inregelmaatregelen mag men rekenen het waterzijdig inregelen (waarbij de waterstromen op elkaar afgestemd worden) en het bijstellen van de regelklokken (waarmee de hoogte van de watertemperatuur geregeld wordt). Het tweede kan niet zonder het eerste. Zonder waterzijdig inregelen kunnen de regelklokken niet goed ingesteld worden, en daarom is het waterzijdig inregelen standaard uitgevoerd in alle locaties. De uitkomsten van dit onderzoek zeggen dus vooral iets over de problemen en maatregelen na het waterzijdig inregelen. Daaronder valt ook het vervangen van defecte onderdelen. Op de keper beschouwd zijn dit geen inregelmaatregelen, maar omdat ze juist in dit soort cv-optimalisatietrajecten boven water komen, zijn ze wel meegenomen¹.

De belangrijkste uitkomsten zijn:

- Een cv-optimalisatie in de bestaande bouw levert in ruim 80% van de gevallen een goed functionerende installatie op. In de overige gevallen verbetert het functioneren. Het verschil tussen goed en verbetering manifesteert zich met name tijdens het aanwarmen van het gebouw, en is herkenbaar aan ongewenste en niet te voorkomen temperatuurverschillen in delen van het gebouw. Het zijn in vergelijking met de oorspronkelijke situatie kleine verschillen, en ze zijn het gevolg van de bestaande situatie. Complicerende factoren daarvan zijn o.a.:
 - Een zware massa van het gebouw
 - Meerdere niet gevelgeoriënteerde groepen
 - Verschillende typen warmte-afgevers binnen één vertrek.
- De gemiddelde besparing bleek 23% op het gasverbruik. De leeftijd van het gebouw maakte daarbij niet uit, en een moderne installatie scoorde ongeveer hetzelfde als een ouder type. Uitzondering daarbij waren installaties met een weersafhankelijke regeling zonder optimalisering, waar 5% meer bespaard kon worden dan bij de rest.
- De belangrijkste oorzaak voor een hoog gasverbruik was het onderhouden van een te hoge nachttemperatuur. Installaties die een nachttemperatuur onderhielden van 17°C bespaarden 30%, daar waar 10-13°C ingesteld stond slechts 20%. Die nachttemperatuur was zo hoog omdat:
 - de waterzijdige onbalans een lage nachttemperatuur niet toeliet.
 - er een installatietechnisch defect was.
 - de weersafhankelijke hoofdregeling niet geoptimaliseerd was.
 - men er voor gekozen had om comfortproblemen te omzeilen.

¹ Vandaar dat gekozen is voor de naam cv-optimalisatie. Dat gaat verder dan (waterzijdig) inregelen alleen. Het best is het te vergelijken met de grote beurt van een auto.

- men er voor gekozen had uit oogpunt van besparing.
- Teveel hoofdregelingen bleken niet naar wens te kunnen functioneren, vanwege een defect ($\pm 15\%$ van de installaties), of vanwege een verkeerde plaatsing van de regelaar of temperatuurvoelers (35%). In 50% van de gevallen zijn maatregelen genomen om de referentieruimte meer representatief te maken.
- De belangrijkste maatregelen van een cv-optimalisatietraject hebben tot doel:
 - Het laten functioneren van alle gebruikte onderdelen, onder meer door het repareren van de defecte onderdelen en het verplaatsen van verkeerd aangesloten temperatuurvoelers.
 - Het gebouw zo ver mogelijk te laten afkoelen in buiten-gebruikstijd.
 - De bedrijfstijden zo kort mogelijk te houden.
 - Een zo snel mogelijke aanwarmperiode te creëren (door de watertemperatuur zo hoog mogelijk te maken).
 - De watertemperaturen voor de rest van de dag zo laag mogelijk te houden.

Een deel van deze conclusies zijn getrokken door de percentages besparingen op het gasverbruik van de utiliteitsgebouwen met elkaar te vergelijken. Van de absolute besparingen is niets bekend. De conclusies die uit percentuele verschillen getrokken kunnen worden zeggen dan ook alleen iets over het functioneren van de installatie voor en na het traject, uitgaande van de mogelijkheden die de installatie heeft. Wanneer bijvoorbeeld een nieuwe installatie veel zuiniger is dan een ouder model, dan blijkt dat niet uit dit onderzoek. Het zou zelfs kunnen zijn dat het nieuwe model zuiniger is, maar dat er toch voor 25% bespaard werd, terwijl dat bij het oude model slechts 20% is. Het zou tot de conclusie geleid hebben dat het nieuwe model slechter functioneerde dan het oude.

Voor dit onderzoek gaven de percentages voldoende informatie. Tenslotte ging het om een vooronderzoek in de bestaande utiliteitsbouw, dat een beeld moest geven van cv-optimaliseringstrajecten en de mogelijkheden daarvan. Beide doelen zijn bereikt.

De belangrijkste aanbevelingen zijn:

- CV-optimaliseringstrajecten in de bestaande bouw verdienen veel meer aandacht. Het comfort verbetert en het gasverbruik daalt enorm. Een beheerder kan het gebouw daarna beter bedienen volgens zijn wensen op dat moment. Bij een niet-geoptimaliseerde installatie kan dat niet, dan ontstaan temperatuurproblemen.
- De gastechnische onderhoudsbeurt van installaties zou uitgebreid kunnen worden met een regeltechnische. Zulke ondersteuning bij het beheer kan men vergelijken met de grote beurt van een auto. Ziet men daar voor een aantal jaar vanaf, dan kan de auto best nog wel rijden, maar minder comfortabel en met meer brandstofverbruik. Dat geldt ook hier. De cv doet het nog wel, maar minder efficiënt.
- Een vervolgonderzoek zou antwoord moeten geven op de volgende openstaande vragen:
 - Welke ontwerpen van cv-installaties hebben het zuinigste gasgebruik?
 - Welke methode van waterzijdige inregelen heeft de voorkeur in de bestaande bouw?
 - Hoe kunnen inregelproblemen voorkomen worden in nieuwbouw?

CV-optimalisatie in utiliteitsgebouwen

Een onderzoek naar (waterzijdig) inregelen in de praktijk

Contactpersoon Novem

Jacqueline Hooijschuur

Contactpersoon CV Tuning

Joep van de Ven

April 2003

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	3
Inhoudsopgave.....	6
Leeswijzer	7
Inleiding.....	8
H1, Aanpak van het onderzoek	8
1.1 Doelstelling van het onderzoek	9
1.2 Het onderzoeksterrein.....	9
1.3 De matrix.....	10
1.4 Buitengesloten factoren.....	11
1.4.1 De waterzijdige balans	11
1.4.2 Wensen van de gebruikers.....	11
H2, Verslag van de werkzaamheden	11
2.1 De gebouwselectie.....	11
2.2 De matrix.....	12
2.3 Het analyseren	12
2.3.1 Het vergelijken van waarden binnen één factor	12
2.3.2 Oorzaak en gevolg relaties	12
2.3.3 Factoren die bij elkaar horen.....	13
H3, Analyse op deelaspecten	14
3.1 Waardes binnen één factor	14
3.1.1 Gebouweigenschappen.....	14
3.1.2 De installatie-eigenschappen.....	14
3.1.3 De ingestelde nachttemperaturen	16
3.1.4 Reparaties	17
3.1.5 Resultaten	17
3.2 Invloeden op het comfort en gasverbruik.....	18
3.2.1 De invloed van gebouw- en installatiekenmerken op het comfort.....	18
3.2.2 Invloeden op het gasverbruik	21
3.3 De maatregelen.....	25
3.3.1 Het doel van de maatregelen	25
3.3.2 Verkorting van de bedrijfstijd	26
3.3.3 Maatregelen gericht op het aanwarmen.....	27
3.3.4 Maatregelen tijdens de bedrijfstijd.....	28
3.3.5 Maatregelen voor de periode buiten bedrijfstijd	30
3.3.6 Verhoging van het rendement van de installatie	33
H4, Conclusies en aanbevelingen.....	34
4.1 Het ontwerp van een installatie	34
4.2 Absolute en percentuele besparingen	35
4.3 Beginsituatie.....	36
4.3.1 Gebouweigenschappen.....	37

4.3.2	Leeftijd	37
4.3.3	Regeltechnische ontwerpen	37
4.3.4	Installatietechnische knelpunten	38
4.3.5	De nachttemperatuur	39
4.4	Maatregelen	39
4.4.1	Het doel van de maatregelen	39
4.4.2	De dagtemperatuur	40
4.4.3	Het afkoelen	40
4.4.4	Het aanwarmen	41
4.5	Aanbevelingen	43
4.6	Beschouwingen	45
Bijlagen		46
Bijlage 1, Categorieën, factoren en waardes		47
Bijlage 2, De matrix verdeeld over categorieën		
Bijlage 3, Codering van waardes in alfabetische volgorde		

Leeswijzer

De basis van dit onderzoek is een matrix waarin de eigenschappen en instellingen van 58 gebouwen en de bijbehorende cv-installaties met elkaar vergeleken worden. Zoveel mogelijk factoren, die van invloed zijn op het energieverbruik en binnenklimaat zijn hierin opgenomen. Elke factor heeft zijn eigen mogelijke waarde, waarvoor een code is bedacht. De verklaring van de codering is zowel groepsgewijs (*bijlage 1*) als alfabetisch (*bijlage 3*) weergegeven. De lezer kan derhalve altijd snel nagaan waar de codes op slaan, en welke bij elkaar horen.

Bijlage 2 is de matrix zelf, verdeeld in zes categorieën

De matrix is gebruikt om de oude situatie (van voor het inregelen) te vergelijken met de nieuwe (na het cv-optimaliseringstraject). Welke instellingen zijn veranderd, wat was daar de reden van, hoe vaak is het voorgekomen en wat betekende dat voor het binnenklimaat en gasverbruik. *Hoofdstuk 3, Analyse op deelaspecten* beantwoordt deze vragen.

Hoofdstuk 4 Conclusies en aanbevelingen spreekt natuurlijk voor zichzelf, maar is aangevuld met een paragraaf *beschouwingen*. Daarin neemt dit rapport een stellingname, afgeleid uit de bevindingen van dit onderzoek in combinatie met zijn ervaring met inregelen in praktijksituaties. Dergelijke standpunten mogen enigszins arbitrair zijn, ze passen wel volledig in de doelstelling van dit onderzoek, zoals uit *hoofdstuk 1, Aanpak van het onderzoek*, zal blijken. *Hoofdstuk 2, Verslag van de werkzaamheden* laat zien hoe het onderzoek verlopen is, en welke problemen zich daarbij voorgedaan hebben.

Inleiding

Meermalen is waterzijdig inregelen onderzocht. De algemene opvatting is dat het nut heeft in bestaande situaties, onmisbaar is bij de ontwikkeling van nieuwe lage temperatuur systemen, en dat de gevolgen voor het energieverbruik onduidelijk zijn. Een besparing van 5 – 25% zou mogelijk haalbaar zijn, waarbij de tegenstanders uitkomen bij 5% en de voorstanders bij 25%. Waarschijnlijk hebben beide gelijk. Het is maar net wat allemaal onder het waterzijdig inregelen gerekend wordt. Wie alleen maar waterzijdig inregelt, en dus geen enkele instelling aan de regelklok verandert, mag al blij zijn als er bespaard wordt, want uiteindelijk wordt dan de warmte beter door het gebouw verspreid, en worden meer vertrekken dan voorheen verwarmd. Maar zo gaat dat natuurlijk niet; het zou normaal gesproken overal veel te warm worden.

In de praktijk is waterzijdig inregelen één maatregel in een groot inregeltraject, waarbij de gehele cv-installatie met al zijn regelingen nagekeken wordt. Weliswaar gaat het om de belangrijkste maatregel (als het vervangen van defecte onderdelen niet meegerekend wordt), zonder welke alle overige inregelmaatregelen niet genomen kunnen worden, maar het is zeker niet de enige.

Een inregeltraject waarbij de cv-installatie geoptimaliseerd wordt, bestaat dus uit twee fasen, waarbij het waterzijdig inregelen er voor zorgt dat de temperatuurverschillen in het gebouw verdwijnen, en fase twee het in- en bijstellen van alle andere regelmechanismen omvat, die tezamen ervoor zorgen dat op elk tijdstip de gewenste hoogte van de temperatuur bereikt wordt. Dat kan behoorlijk complex zijn, waarbij dikwijls een combinatie van instellingen veranderd moet worden. Om in de toekomst voor het inregelen een brede toepassing te vinden, is het noodzakelijk om enige systematiek aan te brengen in de wirwar van mogelijkheden van fase twee.

Dit onderzoek geeft hiervoor een aanzet. CV Tuning is een bedrijf dat het inregelen van cv-installaties in bestaande utiliteitsbouw als haar kernactiviteit beschouwt. Dat heeft in acht jaar tijd zoveel praktische informatie opgeleverd over waterzijdig inregelen, aanvullende maatregelen en de gevolgen daarvan, dat het voor dit doel voldoende basis biedt.

H1, Aanpak van het onderzoek

In dit onderzoek worden 58 gebouwen met hun cv-installaties met elkaar vergeleken.

Eigenschappen, keuzes, resultaten en gevolgen zijn weergegeven in een matrix, waarvan de Y-as bestaat uit de gebouwen en de kolommen van de X-as bestaan uit factoren die van invloed kunnen zijn op het functioneren van de installatie. Factoren die bij elkaar een geheel vormen zijn ingedeeld in één categorie. Zo zijn de factoren uit de categorie gebouwenkenmerken heel anders dan die bij de installatiekenmerken.

Al deze gegevens worden met elkaar vergeleken. Dat geeft terugkerende patronen, waaruit conclusies en aanbevelingen getrokken zijn, betreffende de volgende relaties:

- Instellingen die bij elkaar horen → een inregelmaatregel;
- Maatregelen en type cv-installaties, met name regeltechnische ontwerpen;
- Maatregelen en besparing op het gasverbruik;
- Regeltechnische ontwerpen en gebouweigenschappen.

1.1 Doelstelling van het onderzoek

Het verwerven van inzicht in die regelmechanismen van cv-installaties, die er gezamenlijk voor zorgen dat de gewenste binnentemperatuur bereikt wordt. Met regelmechanismen worden in dit verband bedoeld: hoofdregelingen, klokregelingen, schakelklokken, leidingsystemen, (thermostatische) radiatorcransen etc.

Dus het gaat om instrumenten, niet om natuurkundige principes. Dit onderzoek legt verbanden tussen de verschillende instellingen van die apparaten, gerelateerd aan het regeltechnische ontwerp van de cv-installatie en indien mogelijk aan enkele bouwtechnische eigenschappen van het gebouw waar de installatie geplaatst is.

Daarbij gaat het om een aanzet tot vervolgonderzoek (en discussie). Het schetst een beeld, waarbij de meeste bevindingen een richting aangeven, en zeker niet als absolute waarheden opgevat mogen worden. Getracht is om de volgende subdoelen te verwezenlijken:

- Een beschrijving van de meest voorkomende regeltechnische ontwerpen. Indien deze alleen toegepast worden in gebouwen met kenmerkende gebouweigenschappen zal dat aangegeven worden. Daarbij gaat het alleen om gebouweigenschappen die de warmte-uitwisseling met de omgeving beïnvloeden.
- Een opsomming en beschrijving van de belangrijkste regeltechnische knelpunten van een niet goed functionerende installatie en de bijbehorende maatregelen. In deze lijst worden ook installatietechnische knelpunten opgenomen, wanneer deze het regelgedrag ongunstig beïnvloeden, plus de bijbehorende oplossingsrichtingen.
- Een beschrijving van de belangrijkste maatregelen, gerelateerd aan het regeltechnische ontwerp, bestaande uit het wijzigen van bij elkaar horende instellingen van (verschillende) regelaars. Tevens zal aangegeven worden, hoe vaak ze voorgekomen zijn, en indien de bestaande gegevens voldoende duidelijkheid geven, in hoeverre ze bijdragen aan de bereikte besparing op het gasverbruik.

1.2 Het onderzoeksterrein

De warmteafgifte van een cv-installatie is het resultaat van twee factoren: de aanvoertemperatuur van het installatiewater en de hoeveelheid water die door de warmteafgevers stroomt.

- Regeling van het aanvoertemperatuur van het installatiewater

Die aanvoertemperatuur wordt bepaald door een aantal instellingen op de ketelmaximaalthermostaat, de ketelvoorregeling en de verschillende groepsregelingen, en dat alles natuurlijk in combinatie met het type ketel.

- Verdeling van het water over de warmte-afgevers

De hoeveelheid water die door de warmte-afgever stroomt bepaalt eveneens de warmteafgifte, en derhalve ook de temperatuur in het betreffende vertrek. Die hoeveelheid is afhankelijk van de opvoerdruk van het water in combinatie met de doorstroomopening van de kraan. Het eerste wordt bepaald door de pomp, het leidingstelsel en de afstand van de warmte-afgever tot de ketel. Het tweede door de ingestelde begrenzing van de binnenwerken van de (thermostatische) cransen, en de stand van die cransen. Daarnaast beïnvloedt lucht de doorstroming negatief.

Om in ieder vertrek dezelfde binnentemperatuur te maken en te houden, zal de doorstroomopening van iedere kraan dus moeten verschillen. Immers, de afstand tussen

ketel en warmte-afgever is overal verschillend. De wijze waarop het water over de warmte-afgevers verdeeld is, noemt men de waterzijdige balans

Dit onderzoek bestrijkt alles wat van invloed is op de aanvoertemperatuur van het water, en gaat niet over de waterzijdige balans. Het gaat over die werkzaamheden van een inregeltraject, nadat de waterzijdige balans reeds ingesteld was. Uitgangspunt is dan ook dat de genoemde maatregelen alleen genomen kunnen worden, nadat een goede waterzijdige balans gevonden is. Dit komt overeen met de praktijk van het inregelen. Een inregeltraject begint altijd met waterzijdig inregelen, dat 75% van de werktijd in beslag neemt, en wordt afgesloten met het bijstellen van de regelaars (25%).

1.3 De matrix

In de matrix worden de gebouw- en installatie-eigenschappen van 58 locaties naast elkaar weergegeven. Die gebouw- en installatie-eigenschappen bestaan uit zes categorieën: gebouwkenmerken, installatiekenmerken, nachttemperatuur, reparaties, regeltechnische instellingen en resultaten. Iedere categorie heeft zijn eigen factoren, en voor elke factor zijn specifieke waardes gedefinieerd, vastgelegd in een code.

Voorbeeld

De categorie gebouw-eigenschappen heeft de volgende factoren: leeftijd gebouw, massa gebouw, raamisolatie, zonoriëntatie, glasoppervlak, bediening en beheer. Elke factor heeft zijn eigen waarden. Voor de leeftijd gebouw zijn dat < 10 jaar, 10-20 jaar, 20-30 jaar, 30-50 jaar, > 50 jaar en voor de massa gebouw zijn dat zwaar, middel en licht,

Alle waardes van een gebouw bepalen samen de eigenschappen en het functioneren van de installatie. Wanneer ze goed bij elkaar passen zal dat ook een goed en gewenst binnenklimaat tot gevolg hebben.

Die waardes zijn altijd het gevolg van keuzes. De architect maakt een bouwplan, de aannemer kiest de materialen, de installateur het ontwerp en materialen van de cv-installatie en de inregelaar stelt de regelaars in. In de matrix staan die keuzes uitgedrukt in waardes, met uitzondering van de categorie *Resultaten*. Weliswaar is ook hier de waarde het gevolg van de gemaakte keuzes, maar is het verband niet direct zichtbaar te maken. Resultaatwaardes zijn immers het gevolg van alle keuzes van alle categorieën samen. De definiëring van alle factoren en waardes zijn te vinden in bijlage 1 en 2.

Een groot aantal waardes staan voor keuzes die onherroepelijk zijn. De bouwmaterialen kunnen bijvoorbeeld nooit meer veranderd worden. Het geldt echter niet voor allemaal. Installateurs, inregelaars, beheerders en gebruikers bepalen de instellingen op de regelmechanismen van de installatie, maar die kunnen altijd weer opnieuw aangepast worden (aan wensen of omstandigheden). Vanzelfsprekend gaat het in dit onderzoek met name om die instellingen, omdat het wijzigen van instellingen gelijk staat aan het nemen van een inregelmaatregel. In de matrix staan de vaste waardes naast de variabele, zodat eventuele relaties gelegd kunnen worden. Inregelen in de bestaande bouw betekent immers altijd dat je rekening moet houden met de keuzes die in het verleden gemaakt zijn.

1.4 Buitengesloten factoren

Alle waarden samen bepalen het uiteindelijke resultaat: het binnenklimaat en het gasverbruik. Het gaat om een groot aantal factoren (41) en waarden (162), en het zouden er nog meer zijn geweest als we niet een aantal hadden kunnen uitsluiten, omdat ze voor dit onderzoek geen betekenis hadden.

1.4.1 De waterzijdige balans

Omdat het gaat om inregelwerkzaamheden nádat er reeds waterzijdig ingeregeld is, mogen we aannemen dat de temperatuurverdeling in het gebouw reeds optimaal is. Alle factoren die de waterzijdige balans bepalen zijn uitgesloten. In dit rapport staan alleen factoren die van invloed zijn op de hoogte van de binnentemperatuur.

1.4.2 Wensen van de gebruikers

Ook het gewenste binnenklimaat is niet van belang. In plaats daarvan kiezen we het uitgangspunt dat alle werkzaamheden het volgende eindresultaat tot gevolg moeten hebben:

Overdag

20 - 21°C in de vertrekken van administratie en directie

20°C in klaslokalen of werkvertrekken

18°C in gangen

16°C in gymzalen.

. 's Nachts

Zo laag mogelijk, maar nooit lager dan 10°C .

Ook de factoren bedrijfstijden en vakantie-instellingen sluiten we uit. Een installatie- of inregelbedrijf werkt tenslotte alleen aan de basisinstellingen, waarna de gebruikers elk jaar zelf verantwoordelijk zijn voor de klok- en vakantie-instellingen. En hoewel daar in de praktijk slecht mee omgegaan wordt heeft deze constatering voor dit onderzoek geen betekenis. De besparingen zijn gemeten in het eerste jaar na inregelen, en in dat jaar staan de bedrijfstijden wel goed, omdat het door ons zelf gedaan is.

Toch komt het onderzoek terug op de bedrijfstijden. Dan gaat het om instellingen, die anders bedoeld zijn dan wat er in werkelijkheid gebeurde. Bijvoorbeeld een optimalisering die veel te vroeg staat, omdat men dacht de aanwarmtijd ook geprogrammeerd moest worden.

H2, Verslag van de werkzaamheden

Allereerst zijn de gebouwen geselecteerd, vervolgens is de matrix gevuld, waarna het analyseren kon beginnen.

2.1 De gebouwselectie

CV Tuning heeft bij ongeveer 250 utiliteitsgebouwen geholpen bij het inregelen, door een advies hierover uit te brengen en/of mensen te begeleiden op locatie. De bedoeling was om hieruit minimaal 50 gebouwen te selecteren voor dit onderzoek. Het belangrijkste selectie criterium was de degelijkheid van de doorlichting en de overige informatie die ons bekend is uit het eindrapport en de beheersverslagen. Die verslagen bevatten alle gegevens die

noodzakelijk zijn voor dit onderzoek. Het gaat om gebouweigenschappen, type cv-installaties en regeltechnische ontwerpen, alle instellingen die veranderd zijn (of hadden moeten worden) en in een aantal gevallen de energiebesparing in het eerste jaar. Uiteindelijk zijn 58 gebouwen geselecteerd, en daarvan zijn er 44 geheel door ons ingeregeld.

2.2 De matrix

Nadat de gebouwen geselecteerd waren is de matrix ingevuld met categorieën en factoren, en is van elke factor vastgesteld welke verschillende waardes mogelijk waren. Vervolgens is de matrix ingevuld, waarna de basis aanwezig was om de gegevens met elkaar te vergelijken. In totaal zijn 58 rapporten doorgenomen de meeste zelfs meermalen, omdat bij dit analyseren problemen opdoemden, die alleen opgelost konden worden door nieuwe factoren toe te voegen of door reeds gedefinieerde waardes van factoren te wijzigen. Daarmee is gaandeweg de matrix steeds groter geworden, en zijn de verschillende waardes ook beter vergelijkbaar geworden.

Een voorbeeld kan dit illustreren.

Nadat de matrix opgesteld en ingevuld was bleek hoeveel defecte regelaars er wel niet ontdekt waren (15%). Duidelijk was dat deze een negatief effect hadden op het gasverbruik en comfort, en dat is ook gemeten. Het riep de vraag op hoe we deze installaties mee zouden nemen in de andere deelanalyses. Uiteindelijk is besloten om dat niet te doen. Het is niet reëel om het effect van een instelling op een defecte regelaar te vergelijken met de instelling op de nieuwe regelaar, omdat het gevolg van het defect niet goed in te schatten is. Om te voorkomen dat het per ongeluk toch gebeurt, is de matrix aangepast door de instellingen van defecte regelaars als niet van toepassing aan te merken.

2.3 Het analyseren

Er zijn drie soorten deelanalyses gemaakt, maar in elke analyse zijn verschillende waarden met elkaar vergeleken.

2.3.1 Het vergelijken van waarden binnen één factor

In de eenvoudigste analyses zijn de waardes van één factor met elkaar vergeleken. Het gaat om tellingen waarbij vragen beantwoord worden in de trant van: hoe vaak waren de regelaars defect, stond de nachttemperatuur verkeerd ingesteld, of welk percentage van de ketels is conventioneel, verbeterd of hoog rendement? Het zijn eenvoudig te beantwoorden vragen en de antwoorden geven een goed beeld van de totale selectie van gebouwen en de verschillende categorieën factoren. Het laat direct zien welke maatregelen bijvoorbeeld het meest voorkomen.

2.3.2 Oorzaak en gevolg relaties

De tweede groep deelanalyses betreft het opsporen van oorzaak en gevolg relaties. Dan worden de waardes uit één factor vergeleken met de waardes uit de categorie resultaten, bijvoorbeeld de nachttemperatuur en de besparing op het gasverbruik, of de verandering van het binnenklimaat (de waardes uit de factor comfort). De uitkomsten schetsen een beeld van de beginsituatie (voor het inregelen), en van het succes van de genomen maatregelen.

2.3.3 Factoren die bij elkaar horen

Afhankelijk van de beginsituatie kiest de inregelaar de maatregelen. Het ontwerp van de installatie, en de staat waarin de verschillende onderdelen verkeren, bepalen de mogelijkheden bij het inregelen. Kennelijk horen bepaalde waarden uit verschillende categorieën bij elkaar, zoals bijvoorbeeld *type regeling* van de categorie *installatie-eigenschappen metbeïnvloeding aanwarmen* van de categorie *regeltechnische maatregelen*.

Het ontdekken van samenhangen wordt bemoeilijkt, omdat dit onderzoek over een lange periode gaat. In de matrix staan waarden van soms wel vijf jaar geleden. Sommige gebouwen lang geleden ingeregeld, en andere pas sinds kort. De aanpak van ons is in de loop van de jaren geëvalueerd, en een vergelijking gaat dus niet altijd even goed op. Soms realiseerden we ons dat als we nu zouden inregelen bepaalde dingen anders zouden doen, en dat gegevens voor de matrix dus ook anders zouden zijn. Dit punt is bij de analyses verder buiten beschouwing gelaten.

Dit alles rechtvaardigt de vraag in hoeverre de bevindingen en de daaruit getrokken conclusies hard te maken zijn. Voorzichtig geformuleerd zijn er zeker een aantal harde conclusies te trekken, maar dat geldt niet voor elke bewering. Bezien vanuit de onderzoeksopzet, dat niet gericht was op het vinden van 100% waarheden, maar bedoeld was om een beeld te schetsen van de mogelijkheden van een cv-optimalisatie, is dat geen probleem. Voor de leesbaarheid van dit verslag is besloten het onderscheid tussen hard en zacht zichtbaar te maken door *hoofdstuk 4, Conclusies en aanbevelingen* uit te breiden met een paragraaf *Beschouwingen*. Die zijn minder hard te noemen.

H3. Analyse op deelaspecten

Dit hoofdstuk vergelijkt verschillende waarden binnen de matrix. Op de eerste plaats bezien we hoe vaak bepaalde keuzes gemaakt zijn. Waardes binnen één factor laten zien hoe de toestand was voor en na het inregelen. Wat troffen we er aan, wat hebben we er aan gedaan, en hoe is het achtergelaten.

In dit onderzoek is het daarnaast van belang na te gaan in hoeverre het functioneren na de cv-optimalisatie verbeterd is. Het tweede vergelijk is daarom tussen verschillende factoren, waarbij de ene factor staat voor de oorzaak en de andere het gevolg. Dat zijn waardes uit de categorie resultaten, de factoren energiebesparing en comfort. Niet alleen laat dit zien welke maatregelen het meest effectief zijn, het geeft ook aan hoe bouw- en installatietechnische omstandigheden het functioneren van een cv-installatie beïnvloeden.

En tot slot onderzoeken we de methodiek van inregelen, waarvoor de samenhang van meerdere waardes uit verschillende categorieën met elkaar vergeleken worden. In feite gaat het dan alleen nog maar over maatregelen, en de context waarin ze genomen kunnen worden.

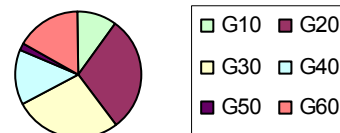
3.1 Waardes binnen één factor

In deze paragraaf worden alle categorieën onderzocht op relevante gegevens. Relevant wil in dit verband zeggen dat de uitkomsten van belang zijn voor het verdere onderzoek, of rechtstreeks een bijdrage leveren aan het hoofdstuk conclusies. Bijlage 1 geeft een overzicht van de verhoudingen van alle waardes binnen de verschillende factoren.

3.1.1 Gebouweigenschappen

Qua leeftijd zijn de gebouwen die voor dit onderzoek gebruikt zijn redelijk gelijkmatig verdeeld. De meeste gebouwen zijn tussen de 10 en 30 jaar oud.

G10	leeftijd gebouw	<10 jaar
G20	leeftijd gebouw	10 - 20 jaar
G30	leeftijd gebouw	20 - 30 jaar
G50	leeftijd gebouw	30 - 50 jaar
G60	leeftijd gebouw	> 50 jaar



Ook zijn een aantal moderne installaties onderzocht, wat blijkt uit het aantal gebouwenbeheerssystemen wat bij inregeltrajecten betrokken is geweest.

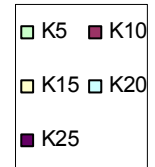
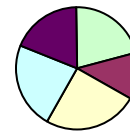
GBS	bediening en beheer	Gebouw beheerssysteem
LOK	bediening en beheer	lokaal beheer



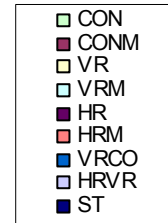
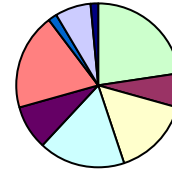
3.1.2 De installatie-eigenschappen

Ook de installaties zijn willekeurig gekozen, en is een willekeurige steekproef uit het totale bestand dat in aanmerking komt voor een cv-optimalisatie. Wel blijkt het aantal conventionele ketels wat groter dan gemiddeld, maar dat komt omdat de inregeltrajecten soms wel meer dan vijf jaar geleden zijn uitgevoerd. Tegenwoordig is er een verschuiving merkbaar naar VR en HR.

K5	leeftijd ketel	< 5 jaar
K10	leeftijd ketel	5 - 10 jaar
K15	leeftijd ketel	10 - 15 jaar
K20	leeftijd ketel	15 - 20 jaar
K25	leeftijd ketel	> 20 jaar

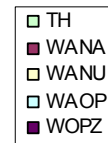
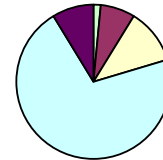


CON	kenmerk ketel	Conventioneel
VR	kenmerk ketel	Vr-ketel
HR	kenmerk ketel	Hr-ketel
HRM	kenmerk ketel	Hr-ketel modulerend
VRCO	kenmerk ketel	VR + conventionele ketel
HRVR	kenmerk ketel	Hr + Vr ketel
ST	kenmerk ketel	stadsverwarming

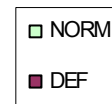


In de gebouwen is zo'n 80% van alle regelingen weersafhankelijk en geoptimaliseerd. 20% werkt nog met nachtverlaging, waarbij 's nachts de stooklijn parallel verschoven wordt naar een lagere waarde.

TH	type regeling	thermostatisch
THOP	type regeling	thermostatisch + geoptimaliseerd
WANA	type regeling	WAR + nachtverlaging
WANU	type regeling	WAR + nachtverlaging + uit
WAAD	type regeling	WAR + adaptief
WAOP	type regeling	WAR + optimalisatie
WOPZ	type regeling	WAR + optimalisatie zonder voeler
WAR		weersafhankelijke regeling

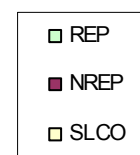


Opvallend is het grote aantal installatietechnische knelpunten, dat bij deze optimaliseringstrajecten aan het licht komt. 15% van het aantal regelaars blijkt defect, al is dit vermoedelijk een vertekend beeld, omdat de problemen die dat defect veroorzaakt natuurlijk een van de redenen is waardoor de cv-installatie niet functioneert en waarom men CV Tuning erbij haalt.



DEF staat van de regelaar defect

Problematischer is de toestand van de binnenvoelers. 30% blijkt niet representatief te zijn, en kan dus ook niet goed functioneren. Anders dan bij de regelaars gaat het hier niet om een onderdeel dat defect gegaan is, maar om instrumenten die reeds bij het opleveren verkeerd aangesloten zijn.



REP	kenmerk binnenvoeler	representatief.
NREP	kenmerk binnenvoeler	niet representatief
SLCO	kenmerk binnenvoeler	slecht contact

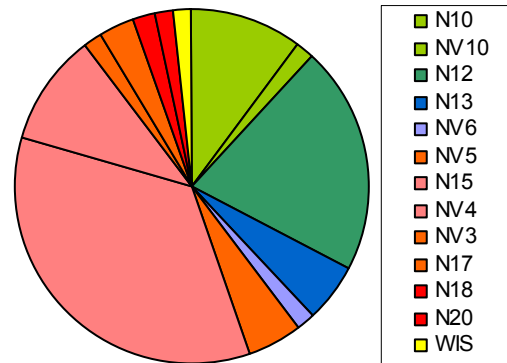
Dit soort slordigheden bij het installeren gebeurt meer. Te vaak ontdekken we radiatoren die verkeerd om aangesloten zijn of buitenvoelers waarvan de plaats zorgvuldiger gekozen had kunnen worden.

3.1.3 De ingestelde nachttemperaturen

In de figuur hiernaast is aangegeven hoe vaak een bepaalde nachttemperatuur is ingesteld op de regelaars.

Instelling minimale nachttemperatuur

N10	6	10%
NV10	1	2%
N12	12	21%
N13	3	5%
NV6	1	2%
NV5	3	5%
N15	20	34%
NV4	6	10%
NV3	1	2%
N17	2	3%
N18	1	2%
N20	1	2%
WIS	1	2%
	58	



N = (minimale) nachttemperatuur

NV = nachtverlaging (waarbij de stooklijn parallel omlaag geschoven wordt).

Een voor het energieverbruik goede instelling van 12°C of minder is groen gekleurd en een redelijke blauw (tot 14°C). Roodachtig zijn de warmere instellingen. Duidelijk is dat meer dan 50% van de regelaars hoger dan 14°C stond afgesteld. Daar mag bij opgemerkt worden, dat een nachtverlaging van 6°C ongeveer neerkomt op 4°C werkelijke daling (zie volgende paragraaf) en dat de invloed van de dagstooklijn hier nog niet meegerekend is (zie ook in deze paragraaf *Maatregelen om de nachttemperatuur te verlagen*). Het werkelijke beeld is dus nog ongunstiger.

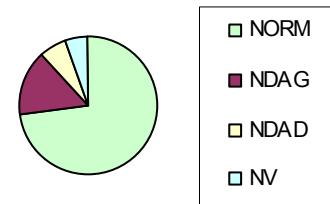
3.1.3.1 De werkelijke nachttemperatuur

Bovenstaande tabel en grafiek maken geen onderscheid tussen een minimale instelling van de nachttemperatuur bij geoptimaliseerde regelingen en een nachtverlaging bij weersafhankelijke regelingen zonder optimalisatie. In het eerste geval blijft de brander uit totdat de minimale ingestelde nachttemperatuur bereikt is (thermostatisch), maar in het tweede geval kiest de regelaar een verlaagde stooklijn (weersafhankelijk). De installatie blijft dan 's nachts branden. Vanzelfsprekend is de werkelijke nachttemperatuur dan ook hoger dan bij geoptimaliseerde regelingen. Daarom is een omrekeningstabel toegevoegd, waarbij de ingestelde nachtverlagingstemperaturen vergeleken worden met de werkelijke temperaturen.

NV10	≈	N12
NV8	≈	N14
NV6	≈	N16
NV5	≈	N17
NV4	≈	N18
NV3	≈	N18

De conclusie is dat de werkelijke nachttemperatuur hoger ligt dan de ingestelde nachttemperatuur.

Bovendien doen de installaties niet altijd wat de gebruikers willen. Onderstaande figuur laat zien hoe de nachttemperatuur afwijkt van de ingestelde waarde. In 25-30% van de onderzochte situaties wordt (deels) 's nachts doorgestookt op dagniveau, en vaak is men zich daar niet van bewust. Het is lang niet altijd te wijten aan een defecte regelaar, tenslotte waren die er maar in 15% van de gevallen.



NORM	volgens instelling	
NDAG	Bijzonderheden 's nachts	s' nachts op dagniveau
NDAD	Bijzonderheden 's nachts	deel 's nachts op dagniveau
NV	Bijzonderheden 's nachts	's nachts bij vorst op dagniveau

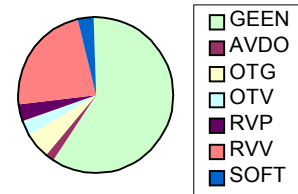
3.1.4 Reparaties

Vanzelfsprekend hebben deze installatietechnische knelpunten tot gevolg dat er ook gerepareerd en gerenoveerd moet worden. In bijna 50% van de installaties is werk gemaakt van de binnenvoelers, en in 40% is een hoofdregeling aangepast. Let wel: het gaat hier niet alleen om reparaties. Het kan ook een aanbeveling zijn geweest om een regelaar te vervangen of een knop te verwijderen.



BIV	maatregel binnenvoeler	voeler verhangen
BIA	maatregel binnenvoeler	voeler aansluiten
RAV	maatregel binnenvoeler	knoppen in ref.ruimte verwijderd

RVP	maatregel regelaar	regelaar verplaatst
RVV	maatregel regelaar	regelaar vervangen
OTG	maatregel regelaar	overwerktimer geplaatst
OTV	maatregel regelaar	overwerktimer vervangen
SOFT	maatregel regelaar	softwarematige aanpassing
AVDO	maatregel regelaar	veerbelaste klep plaatsen

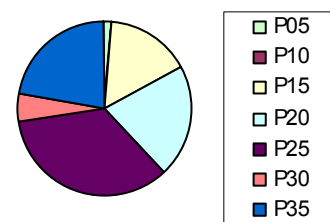


Overigens geeft dit direct al aan dat een optimaliseringstraject veel verder gaat dan waterzijdig inregelen alleen. Zoals reeds eerder gezegd gaat het om een soort grote beurt, die alleen maar goed gedaan kan worden, als de installatie een goede waterzijdige balans bezit.

3.1.5 Resultaten

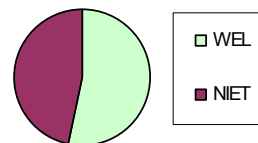
In dit onderzoek gaat het voor een deel over de werkelijk behaalde besparing (gecorrigeerd via de gewogen graaddagenmethode), en de rest over het door ons geschatte potentieel aan besparing, bekend uit de bestekken en doorlichtingen van de cv-installaties.

P10	behaalde energiebesparing	5 - 10%
P15	behaalde energiebesparing	10 - 15%
P20	behaalde energiebesparing	15 - 20%
P25	behaalde energiebesparing	20 - 25%
P30	behaalde energiebesparing	25 - 30%



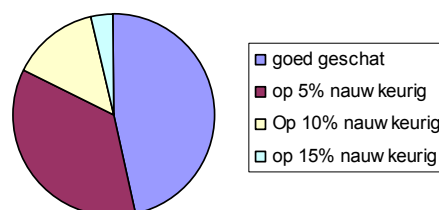
P35 behaalde energiebesparing 30% of meer

WEL	gasbesparing gemeten?	gemeten
NIET	gasbesparing gemeten?	geschat



Daarbij hebben we aangenomen dat er in de praktijk nauwelijks onderscheid is tussen die twee, en deze aanname wordt bevestigd als we de waarden over de werkelijke en geschatte besparingen met elkaar vergelijken. 80% is op 5% nauwkeurig geschat, en 95% op 10% nauwkeurig.

Bovendien is uitgerekend dat de gemiddelde geschatte besparing en de gemiddelde werkelijke besparing allebei 23% is. Daar waar sprake is van een foute schatting gaat het dus altijd om een willekeurige, en niet om een structurele fout (de ene keer meer, de nadere keer minder). Bij vergelijkingen over meerdere waarden is het derhalve volledig verantwoord om de potentieel en werkelijke besparing gelijk te stellen.



Soms zijn beide waarden bekend, en dan is bij de berekeningen altijd gekozen voor de werkelijke besparing. In de kolom 'Monitoring' staat bovendien aangegeven, of het om een geschatte of gemonitorde besparing gaat.

3.2 Invloeden op het comfort en gasverbruik

Dit deel van het onderzoek beschrijft oorzaak en gevolg. Daarbij is de oorzaak altijd een maatregel (en dus te vinden in de categorieën Reparaties en Installatietechnische maatregelen) en het gevolg altijd het comfort (binnenklimaat) en de besparing op het gasverbruik. Hieronder proberen we een aantal oorzaak en gevolg relaties zichtbaar te maken.

3.2.1 De invloed van gebouw- en installatiekenmerken op het comfort

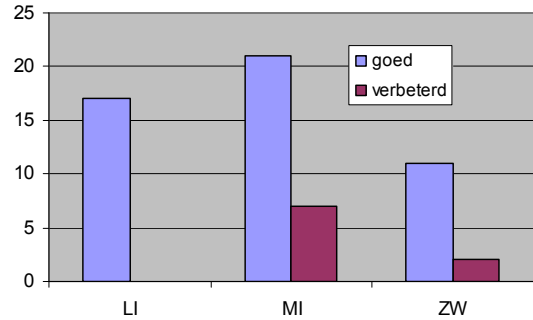
Bij een aantal gebouwen is het nooit gelukt om het binnenklimaat helemaal naar wens te krijgen. Omdat de maatregelen bij elke installatie hetzelfde karakter hebben, moet de reden daarvan gezocht worden in de bouw- en installatietechnische kenmerken. We hebben de factoren hiervan vergeleken met het eindresultaat van een cv-optimalisatietraject, waarvan de waarden zijn *goed* [GOED] en *verbeterd* [VER]. De waarde *goed* betekent een volledig geslaagd traject. In dat geval kan de installatie op elk tijdstip elke gewenste ruimtetemperatuur bereiken en onderhouden, rekening houdend met een aanwarmvermogen van 1°C ruimtetemperatuurstijging per uur. Bij een *verbeterd* traject is dit niet helemaal het geval. De temperaturen in het gebouw zijn wel verbeterd, maar blijven voor een deel afhankelijk van de weersomstandigheden. Voor beheerders betekent dit dat ze daarop moeten anticiperen en actief zullen moeten bijstellen, en soms moeten accepteren dat het binnenklimaat niet helemaal optimaal te krijgen is.

De waarden *goed* en *verbeterd* hebben voor alle grafieken deze betekenis.

3.2.1.1 De massa van het gebouw

De massa, verdeeld in de waardes licht (LI), middel (MI) en zwaar (ZW), heeft de volgende invloeden op het binnenklimaat.

massa	Goed	verbeterd
LI	17	0
MI	21	7
ZW	11	2



De cijfers (en de Y-as) stellen de aantallen gebouwen voor.

Alleen lichte gebouwen zijn echt goed in te regelen. Van de zwaardere gebouwen (MI en ZW) is dat maar de vraag. Dat geldt vooral tijdens het aanwarmen van de cv-installatie. De ene keer zit er zoveel kou in de muren dat het maar niet warm wil worden, terwijl ze de dagen daarop zo warm zijn dat men kan rekenen op overshoot (het doorschieten van de binnentemperatuur).

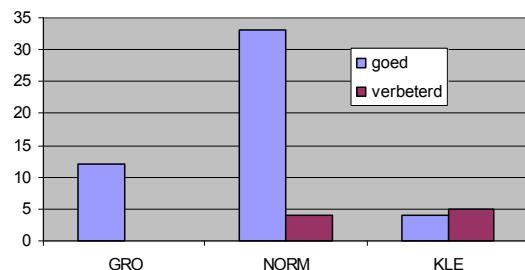
Dit heeft ook te maken met het onvermogen van de groepenregelaars om onderscheid te maken tussen het aanwarmen na een lange buiten bedrijfstijd periode (maandagochtend, vakantie) en van werkdag op werkdag. Bij lichte gebouwen hoeft dat niet, omdat de muren maar weinig warmte kunnen opnemen.

3.2.1.2 Het afgevend vermogen

In utiliteitsgebouwen wordt een installatie ontworpen nadat er een transmissieberekening is gemaakt. Men mag er van uitgaan dat het afgevend vermogen (de warmte-afgevers) dan in overeenstemming is met ketel en gebouw. Later kan dat veranderen. Renovaties, het aanbouwen van nieuwe vertrekken, maar ook het bijplaatsen van radiatoren in koudere vertrekken zijn daar de oorzaak van. Wat zijn de gevolgen? Is een te groot of te klein afgevend vermogen nadelig voor het functioneren van de installatie? In eerste instantie kijken we weer naar de waardes *goed* en *verbeterd*.

Een klein vermogen is als zodanig gedefinieerd wanneer de tijd om het radiatorwater op de juiste temperatuur te brengen bij het aanwarmen langer is dan 1°C ruimtetemperatuurstijging per uur. Bij een groot afgevend vermogen gaat dat juist sneller. In extreme vorm komt het vertrek al op temperatuur voordat het radiatorwater zijn maximale temperatuur bereikt heeft.

afgevend vermogen	Goed	verbeterd
GRO	12	0
NORM	33	4
KLE	4	5



De Y-as geeft de werkelijke aantallen weer.

Duidelijk is dat een klein vermogen nogal eens tot problemen leidt (in 50% van de gevallen). Bij normaal zijn er nauwelijks problemen en bij groot al helemaal niet. Ook deze problemen hebben te maken met het aanwarmproces. Bij een klein vermogen is er te veel tijd nodig om

de ruimtes op te warmen. De meest gekozen oplossing is een hoge nachttemperatuur, maar zoals later zal blijken is dat niet zonder problemen.

3.2.1.3 *Verschillende warmte-afgevers binnen één installatie*

Tweederde van de onderzochte installaties gaf de warmte af met behulp van radiatoren. In de overige 30% maakt men daarnaast gebruik van een andere warmte-afgevers, zoals luchtbehandeling of vloerverwarming. In 10% gaat het zelfs om drie verschillende warmte-afgevers binnen één installatie.

Afgever	Aantal	Systeem	Aantal	GOED	VER
Radiatoren	29	ENKEL	29	26	3
Radiatoren + convectoren	4	TWEEVOU.			
Convectoren + luchtbehandeling	1	TWEEVOU.	14	11	3
Radiatoren + luchtbehandeling	7	TWEEVOU.			
Radiatoren + vloerverwarming	2	TWEEVOU.			
Radiatoren, convectoren + luchtbehandeling	1	DRIEVOU.	4	1	3
Radiatoren, convectoren + stralingsplafonds	1	DRIEVOU.			
Radiatoren, luchtbehandeling +stralingsplafonds	2	DRIEVOU.			

In de tabel stellen alle cijfers werkelijke aantallen voor.

GOED: het comfort is na het inregelen goed te noemen.

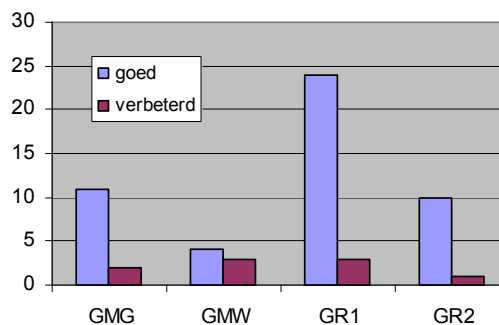
VER (verbeterd): het comfort is na het inregelen verbeterd, maar niet optimaal.

Het vinden van de juiste instellingen op de hoofdregelingen van installaties, waarbij verschillende typen warmte-afgevers in één vertrek geplaatst zijn, is in de praktijk niet gemakkelijk, maar hier gaat het om de vraag of het eindresultaat van dat inregelen beter of slechter is als cv-installaties met slechts één soort warmte-afgever. Enkelvoudige systemen zijn in 90% van de gevallen goed in te regelen, komt er een tweede warmte-afgever bij dan zakt dit resultaat naar 75%, en wordt het een drievoudig systeem dan zakt het naar 25%. Nog maar 1 op de vier installaties levert dan het gewenste binnenklimaat, en hoewel het hier maar om 4 installaties gaat, roept dit beeld toch vraagtekens op.

3.2.1.4 *De groepenindeling*

Ook de groepenindeling blijkt van invloed op de factor comfort. Vrijwel alle systemen werken, behalve daar waar meerdere groepen niet-gevelgeoriënteerd zijn aangesloten. Daar werkt men met één buitenvoeler, en die is zo opgehangen dat deze de zoninvloed niet kan waarnemen. Zou dat wel zo zijn, dan zou aan het begin van een zonnige dag de ene vleugel te koud zijn en de andere goed, en aan het eind van de dag de goede vleugel te warm worden. Maar ook als er geen zon waargenomen wordt, blijven er problemen. Tenslotte zal het dan op een zonnige dag eveneens te warm worden, eventueel tegengehouden door thermostaatkranen. Zijn er daarvan voldoende aangebracht, en worden ze goed gebruikt, dan zullen de comfortproblemen wel meevallen, behalve dan in de referentieruimten (daar zitten geen thermostaatkranen!)

groepen	Goed	Verbeterd
GMG	11	2
GMW	4	3
GR1	24	3
GR2	10	1



GMG	meerdere groepen gevelgeoriënteerd
GMW	meerdere groepen niet-gevelgeoriënteerd
GR1	de installatie bestaat uit 1 groep
GR2	de installatie bestaat uit 2 groepen.

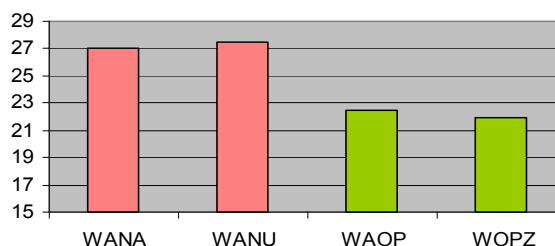
3.2.2 Invloeden op het gasverbruik

Bezien we het milieubelang, dan is het belangrijkste gevolg van de maatregelen de behaalde besparing op het gasverbruik. Als blijkt dat inregeltrajecten met één bepaalde maatregel percentueel meer energie besparen dan inregeltrajecten zonder die maatregel, dan mag daaruit geconcludeerd worden dat het hier om een belangrijke maatregel gaat. Zoals zal blijken gaat het meestal maar om een paar procenten verschil.

3.2.2.1 Weersafhankelijke regelingen zonder optimalisering

Onderstaande figuur laat het belang van een optimalisering zien. Naast elkaar staan weersafhankelijke regelingen, de rood gekleurde regelingen zonder optimalisering maar met nachtverlaging, en de groene met optimalisering. Deze staan afgezet tegenover de percentuele besparing op het gasverbruik (de Y-as). De defecte regelaars zijn in de figuur niet opgenomen. (in de tabel geeft de middelste kolom de besparing aan als de defecte regelaars wel meetellen).

soort regeling	Gem E_besp.	E_besp. - DEF
WANA	29	27
WANU	29	28
WAOP	24	23
WOPZ	22	22



Gem E_besp	gemiddelde energiebesparing in procenten
E_besp_DEF	gemiddelde energiebesparing zonder het meetellen van de defecte regelaars
WANA	weersafhankelijke regelaar zonder optimalisatie, met nachtverlaging
WANU	dezelfde regelaar maar met de mogelijkheid om 's nachts uit te gaan
WAOP	weersafhankelijke regelaar met optimalisatie
WOPZ	weersafhankelijke regelaar met optimalisatie zonder ruimtevoeler.

Van de 58 gebouwen waren 11 uitgerust met een weersafhankelijke regeling zonder optimalisering. Deze hebben in plaats daarvan een nachtverlaging, waarbij de regelaar een lagere stooklijn kiest voor periodes buiten bedrijfstijd. Vrijwel altijd betrof het hier oudere

regelingen, en als ze vervangen worden is dat normaal gesproken door een weersafhankelijke regeling met optimalisering. Soms komen we ook nog wel eens een nieuwe tegen, bijvoorbeeld in de kleine utiliteit (vergelijkbaar met een groot huishouden), of in een noodgebouw van een school.

Er zijn twee typen niet geoptimaliseerde regelingen: de weersafhankelijke regelingen die tijdens buiten bedrijfstijd altijd met een verlaagde stooklijn verwarmen (in de figuur aangeduid met WANU), en die de mogelijkheid hebben om 's nachts toch uit te gaan (WANU). In de praktijk maakt dat onderscheid nauwelijks iets uit omdat men maar zelden van die mogelijkheid gebruik maakt.

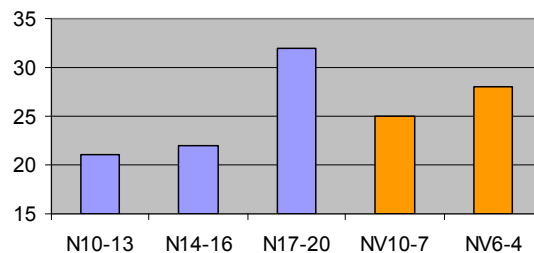
Weersafhankelijke regelaars zonder optimalisering hebben een besparingspotentieel dat 6% hoger ligt dan bij dezelfde regelaars met optimalisering. Zoals nog zal blijken heeft dit alles te maken met de nachttemperatuur, die onnodig hoog gehouden wordt.

3.2.2.2 *De nachttemperatuur*

In hoeverre draagt de nachttemperatuur bij aan de te behalen gasbesparing. Omdat de instelling van de nachttemperaturen bekend zijn, en ook bekend is welke installaties 's nachts op dagniveau stoken, is er een rechtstreekse relatie te leggen tussen de hoogte van de temperatuur en de besparing op het gasverbruik

Dat hoge nachttemperaturen slecht zijn voor het energieverbruik moge blijken uit de volgende figuur.

Nacht temp	E_besp-DEF
N10-13	21
N14-16	22
N17-20	32
NV10-7	25
NV6-4	28



E_besp_DEF energiebesparing zonder meetellen van de defecte regelaars

N10 Een ingestelde minimale nachttemperatuur van 10°C.

NV6 Een ingestelde nachtverlaging van 6°C (stooklijn daalt met ongeveer 18°C)

Het beeld is duidelijk. Ingestelde nachttemperaturen van 17 °C of hoger leiden na het nemen van de maatregelen tot besparingen van 30%. Een nachttemperatuur van 10-13°C slechts tot 20%. Ook bij installaties die gebruik maken van een verlaagde stooklijn, is dit beeld te zien. Maar minder extreem. Hier is de volgende oorzaak voor te geven:

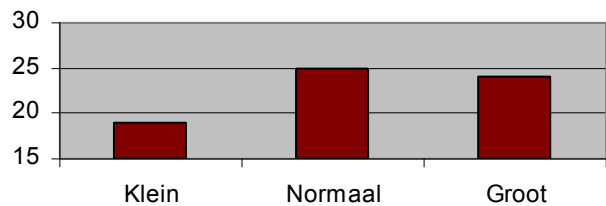
→ Het gaat hier om instellingen. NV 5 betekent een instelling waarbij de dagstooklijn verlaagd wordt naar een nachtstooklijn, waardoor het radiatorwater ongeveer met 15°C zal dalen. De instelling zegt dus niets over de werkelijke kamertemperatuur 's nachts. Die is altijd hoger dan in vergelijkbare situaties waarbij de installatie in een 'uit'-stand gaat.

3.2.2.3 *Het afgevend vermogen*

In het voorgaande werd duidelijk dat het afgevend vermogen van invloed kan zijn op het eindresultaat van een optimalisatietraject. Niet altijd kan het beoogde comfort ook bereikt

worden. De vraag is of het afgevend vermogen ook van invloed is op het potentieel aan gasbesparing. Een vergelijk geeft het volgende beeld:

	E_besp_DEF
Klein	28
Normaal	22
Groot	24

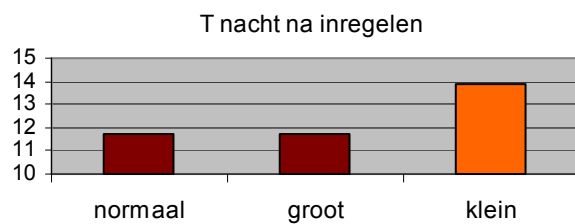


Installaties met een klein afgevend vermogen

hebben een groot potentieel aan gasbesparing. Vergeleken met normale situaties scheelt het wel 6%. Voor dit verschil zijn de volgende redenen aan te geven:

- Om dezelfde hoeveelheid warmte aan te leveren zal bij een kleinere radiator een hogere watertemperatuur nodig zijn. De maat van de radiator en de watertemperatuur zijn omgekeerd evenredig. Hogere watertemperaturen van 60°C of meer verlagen het rendement van HR-ketels, en dat komt bij kleine vermogens dus vaker voor.
- Er ontstaan aanwarmproblemen, omdat er onvoldoende warmte aangevoerd kan worden. Het duurt daardoor erg lang voordat het warm is. In dit geval is dus sprake van een langere aanwarmperiode, met hoge watertemperaturen.
- Als het aanwarmen te langzaam gaat, is de enige oplossing het instellen van een hogere nachttemperatuur. De gevolgen daarvan voor het gasverbruik zijn bekend.

Hiernaast staat het verschil in nachttemperatuur (de Y-as in °C) tussen normaal groot en klein afgevend vermogen. De gemiddelde nachttemperatuur ligt bij kleine afgevend vermogens zo'n 2,5 °C hoger.



Het verschil tussen een groot vermogen en normaal is maar klein. Omdat we uitgaan van installaties waarbij reeds waterzijdig is ingeregeld, is het verschil tussen een groot en normaal vermogen al geminimaliseerd. De radiatoren functioneren als een radiatoren met de normale maat. Een groot vermogen kan men wel kleiner maken, maar een klein vermogen vergroten kan niet.

3.2.2.4 *Verschillende warmte-afgevers*

Het aantal warmte-afgevers binnen één installatie bleek van grote invloed op het bereikte binnenklimaat na een cv-optimalisatietraject. Is dat ook het geval voor de bereikte besparing op het gasverbruik.

afgever	Aantal	Systeem	Aantal	E_besp.
Radiatoren	29	ENKEL	29	24%
Radiatoren + convectoren	4	TWEEVOU.		
Convectoren + luchtbehandeling	1	TWEEVOU.	14	22%
Radiatoren + luchtbehandeling	7	TWEEVOU.		
Radiatoren + vloerverwarming	2	TWEEVOU.		
Radiatoren, convectoren + luchtbehandeling	1	DRIEVOU.	4	20%
Radiatoren, convectoren + stralingsplafonds	1	DRIEVOU.		
Radiatoren, luchtbehandeling +stralingsplafonds	2	DRIEVOU.		

De percentuele besparing op het gasverbruik is 24% bij installaties die alleen gebruik maken van radiatoren, 22% en 20% bij respectievelijk twee- en drievoudige systemen. Dat zijn kleine verschillen, zeker als daarbij in acht genomen wordt, dat er maar vier installaties onderzocht zijn waarbij drie warmte-afgevers door elkaar gebruikt zijn.

3.2.2.5 Technische innovaties

Hebben de technische innovaties er ook toe geleid dat installaties beter functioneren? Om die vraag te beantwoorden vergelijken we drie daarvan met de besparing op het gasverbruik: het keteltype, de ketelopstelling en het beheerssysteem.

Keteltype	E_besp.	Ketelopstelling	E_besp.	Beheersysteem	E_besp.
con+VR	24%	ENK	24%	LOK	23%
HR	22%	CAS	22%	GBS	23%

Con + VR	Conventionele of verbeterd rendement ketel
HR	Hoogrendement ketel
ENK	Enkelvoudige opstelling
CAS	Cascade-opstelling
GBS	Gebouwenbeheerssysteem
LOK	Lokaal beheer van de installatie

De gemiddelde energiebesparing van alle installaties met een HR-ketel is 22%, 2% minder dan bij de voorgangers conventionele en VR-ketels. Ook de cascade geschakelde opstelling scoort 2% beter, terwijl de installaties uitgerust met een gebouwen beheerssysteem hetzelfde resultaat boeken als zij die het beheer samen met de installateur voeren. Dat betekent een kleine winst voor de innovaties, maar toch mogen we stellen dat een vernieuwing niet direct een beter functionerende installatie tot gevolg heeft. Dat wil dus niet zeggen dat ze niet minder gas verbruiken. Het absolute verbruik is in dit onderzoek niet gemeten. Het betekent alleen dat ze beter afgesteld kunnen worden.

Speciale aandacht verdienen de gebouwenbeheerssystemen. Deze zouden een beter comfort moeten leveren, en minder energie nodig hebben, omdat de installatie meer deskundige aandacht krijgt. Uit dit onderzoek blijkt dat vooralsnog niet. Dit is toch wel enigszins verrassend, omdat het gasverbruik positief beïnvloed wordt doordat men sneller en adequater kan inspelen op storingen. Dat lijkt echter niet voldoende. Omdat de invoering van een gebouwenbeheerssysteem eerder een organisatorische dan een technische innovatie is, valt ook niet te verwachten dat het absolute verbruik gedaald is. Aan de cv-installatie zelf is niets veranderd, alleen de aansturing is anders.

Waarschijnlijk moeten we voorzichtig zijn met het trekken van conclusies. Er kwamen tenslotte maar 7 gebouwenbeheerssystemen in het bestand voor. Maar daar staat tegenover dat de uitkomsten ons niet verbazen. De keuze voor een gebouwenbeheerssysteem betekent ook een keuze voor een ingewikkelder organisatiestructuur. Er is een extra partij nodig voor het beheer, wat het aantal op drie brengt: de beheerder op locatie het installatiebedrijf en de inregelaar. Vaak denkt de beheerder dan hij nu niets meer hoeft te doen, maar dat is een misverstand. De GBS neemt slechts temperaturen waar in een paar (referentieruimten) en het primair circuit. Als het elders in het gebouw mis gaat, registreert de GBS dat niet, en kan de

inregelaar ook niet reageren. Bovendien wil de mogelijkheid om storingen waar te nemen niet zeggen dat dat ook gebeurt. Laatst kwamen we nog bij een installatie met GBS, waarvan 3 van de 5 ketels in storing lagen, terwijl de inregelaar niets van zich liet horen. Het blijft dus opletten voor de beheerder.

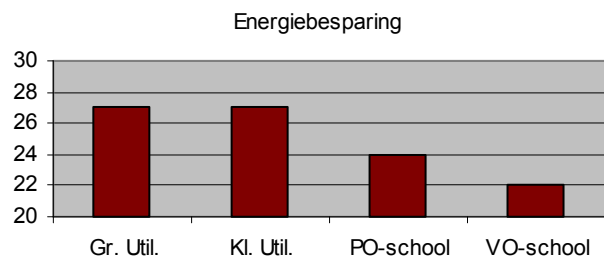
3.2.2.5 Type gebouw en energiebesparing

De codering van de gebouwen geeft aan om welk type gebouw het gaat, en welke gebruiksfunctie het heeft.

- Gr. Util. Grote utiliteit Verzorgingshuizen, gemeentehuizen.
- Kl. Util. Kleine utiliteit Boekhouders, NME-centra, woon-werk panden
- PO-school School in het primair onderwijs
- VO-school School in het voortgezet onderwijs

De Y-as stelt het percentage energiebesparing voor.

	Energiebesparing
Gr. Util.	27
Kl. Util.	27
PO-school	24
VO-school	22



De scholen doen het relatief gezien erg goed. Een besparingsverschil van 3-5% tussen algemene utiliteit en scholen opmerkelijk. Het heeft vermoedelijk te maken met het wel of niet de beschikking hebben over een energiebeleidsmedewerker.

3.3 De maatregelen

In de vorige paragraaf hebben we een aantal factoren gezien die bijdragen aan het potentieel aan besparing. Een hoge nachttemperatuur bijvoorbeeld betekent dat er veel te besparen valt. Dat doet men door die nachttemperatuur omlaag te brengen, maar dat gebeurt op verschillende manieren. Bepalend daarvoor zijn de gebouw- en installatie-eigenschappen, onderverdeeld in factoren, en uitgedrukt in waarden. Hieronder gaan we na hoe dat gebeurt door relaties op te sporen van waarden uit verschillende categorieën. Zoals steeds worden de vergelijkingen opgesteld in cirkeldiagrammen. In deze cirkeldiagrammen geldt dat groene maatregelen gunstig zijn voor het energieverbruik, blauw neutraal is en geel ongunstig is voor het gebruik. Neutraal en ongunstige maatregelen zijn desondanks genomen, omdat ze goed zijn voor het comfort.

3.3.1 Het doel van de maatregelen

Een cv-installatie brengt warmte naar de vertrekken. De benodigde warmte is gelijk aan de hoeveelheid die via transmissie en ventilatie het gebouw verlaat. Die ventilatie is sterk afhankelijk van de gebruiksfunctie (staan de ramen vaak open?), maar de transmissie is te berekenen, want deze ligt vast in een formule:

$$\Delta Q_{\text{transmissie}} = C \times \Delta T_{\text{(buiten-binnen)}} \times t, \text{ waarbij}$$

$$\Delta Q_{\text{transmissie}} = \text{het warmteverlies als gevolg van transmissie}$$

C = een constante die bepaald wordt door de gebouw- en installatie-eigenschappen
 $\Delta T_{(buiten-binnen)}$ = het temperatuurverschil tussen buiten en binnen
 t = de tijdsduur waarover ΔT plaatsvond.

Als we er van uitgaan dat de gebouweigenschappen niet te beïnvloeden zijn, en t vastgesteld wordt door de gebruikers, dan zal de inregelaar zijn aandacht focussen op het verkleinen van die ΔT . Omdat hij ook geen vat heeft op het weer, zal hij steeds proberen om de temperatuur in een gebouw proberen te verlagen, op alle tijdstippen, overdag en 's nachts².

Dat doet hij wel binnen een bepaalde context; de (on)mogelijkheden van de cv-installatie. Laten we dat verwarmingsproces eens onder de loep nemen.

Bij het verwarmen van een gebouw zijn verschillende fases te onderscheiden. Dit zijn:

1. De aanwarmfase, de tijd waarin het gebouw op dagtemperatuur gebracht wordt.
2. Binnen-bedrijfstijd, meestal overdag op werkdagen
3. Buiten-bedrijfstijd, meestal 's nachts, het weekend en de vakanties.

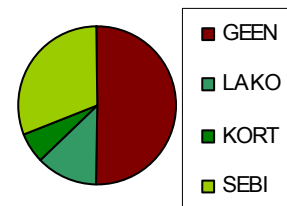
Tijdens alle fases moet de temperatuur dus zo laag mogelijk zijn. Dit kan men op de volgende manier bereiken. Aanwarmen in een zo kort mogelijke tijd, met vol vermogen, zodat zo snel mogelijk de dagtemperatuur op de gewenste waarde komt. Om die dagtemperatuur zo laag mogelijk te houden, begrenzen we bijvoorbeeld thermostaatkranen, maar uiteindelijk is de hoogte een keuze van de gebruiker. Daarna liefst zo lang mogelijk afkoelen, zonder bij te verwarmen, totdat de minimale nachttemperatuur bereikt is (CV Tuning stelt altijd tussen 10 en 12°C in).

In de volgende paragrafen zien we met welke maatregelen dat streven bereikt wordt. Dat gebeurt voor elke fase, en voor elk type installatie. Maar daaraan voorafgaande beschouwen we in het kort de factor t van de formule voor transmissie.

3.3.2 Verkorting van de bedrijfstijd

Vanzelfsprekend is het energetisch het gunstigste als de periode buiten-bedrijfstijd langer wordt (en dus binnen-bedrijfstijd korter). Deels is dat de verantwoordelijkheid van de gebruiker (vakanties en dagprogrammering), maar deels ook van de diegene die inregelt. Men moet wel controleren wat ingesteld is. Gebruikers missen namelijk nogal eens de kennis om datgene wat ze willen ook te vertalen naar het klokprogramma. Als dat fout gaat, dan moet de inregelaar dat bijstellen. Dat komt met name voor bij installaties die geen optimalisering hebben, en waar de gebruiker dus zelf het aanwarmtijdstip moet bepalen. Hieronder staat van alle weersafhankelijke regelingen wanneer dat door ons gebeurd is. Deze figuur wijkt af van de figuur uit bijlage 2, waarin alle wijzigingen van bedrijfstijden zijn aangegeven, dus ook van optimaliserende regelingen. In deze figuur gaat het alleen maar om het herstellen van fouten.

GEEN	8
LAKO	2
KORT	1
SEBI	5



² Nu is direct duidelijk waarom een hoge nachttemperatuur zo negatief is voor het gasverbruik. Ga van een dagtemperatuur van 20°C naar een nachttemperatuur van 17°C en stel daarbij dat het buiten 's nachts 6°C afkoelt. ΔT is overdag dan 3°C lager dan 's nachts, en dus is de transmissie 's nachts zelfs groter dan overdag.

LAKO	bedrijfstijd verlaat en verkort
KORT	bedrijfstijd verkort
SEBI	instelling bedrijfstijd seizoensgebonden (herfst, lente kort en winter langer)

In de helft van de gevallen vindt een aanpassing plaats, en in al die gevallen stond de bedrijfstijd te ruim afgesteld (of stond het aanwarmtijdstop te vroeg geprogrammeerd). De weersafhankelijke regelingen met de mogelijkheid om 's nachts uit te gaan verdienen speciale aandacht, omdat van de zes regelaars er vijf te ruim ingesteld stonden (SEBI). De meeste gebruikers maken nauwelijks gebruik van de mogelijkheid om per seizoen de bedrijfstijd aan te passen, en zijn zich ook niet van die mogelijkheid bewust.

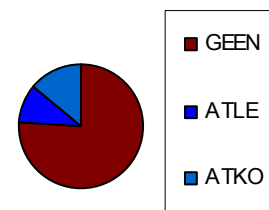
3.3.3 Maatregelen gericht op het aanwarmen

Tijdens het aanwarmen is het warmteverlies als gevolg van transmissie en ventilatie kleiner dan de warmte opbrengst van de cv-installatie. Daardoor zal het gebouw op temperatuur komen. De aanwarmfase is voorbij als de gewenste dagtemperatuur bereikt is. Een installatie stookt het zuinigst als de aanwarmfase zo kort mogelijk duurt. Dus op vol vermogen, en niet langer dan nodig is. Alle maatregelen zijn daar op gericht, maar het is afhankelijk van het type regeling welke maatregelen je kunt nemen.

3.3.3.1 *Het wijzigen van het aanwarmtijdstop*

Van de geoptimaliseerde regelingen waren er 29 regelaars, die de mogelijkheid in zich hadden om de maximale aanwarmtijd in te stellen. In een kwart van de gevallen hebben we dat tijdstip veranderd, langer en korter gelijk verdeeld.

GEEN	22
ATLE	3
ATKO	4



ATLE maximale aanwarmtijd verlengd
 ATKO maximale aanwarmtijd verkort

Verlenging van het aanwarmtijdstop vindt plaats als de begrenzing te kort was om het gebouw op temperatuur te brengen. Omdat het hier om zelflerende processen gaat zou je kunnen kiezen voor extreem lange aanwarmperiodes, maar dat valt af te raden omdat het tot sterke onregelinge kan leiden. Dit gebeurt met name als men niet goed omgaat met referentieruimtes. Zet men daarentegen de begrenzing op 6 á 8 uur, dan zal zo'n onregelinge eerder aan het licht komen; het blijft namelijk te koud en de mensen gaan klagen.

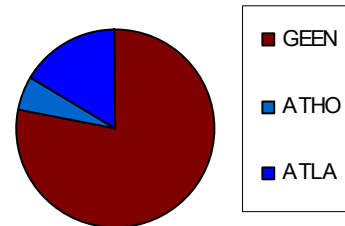
Overigens is deze maatregel niet gericht op het energiegebruik maar op het comfort. De regelaars bepalen zelf het aanwarmtijdstop. Het verbreden of beperken van mogelijkheden heeft daar als alles goed gaat geen invloed op.

3.3.3.2 *Beïnvloeding temperatuur radiatorwater*

Om zo snel mogelijk aan te warmen moet de aanwarmtemperatuur van het radiatorwater (het secundaire circuit) zo hoog mogelijk zijn. Van de 18 regelaars waarbij men dat kan instellen

bleek dit in 4 gevallen niet goed gedaan. Meestal stond de temperatuur te laag, waardoor de aanwarmtijd onnodig lang werd.

GEEN	14
ATHO	1
ATLA	3



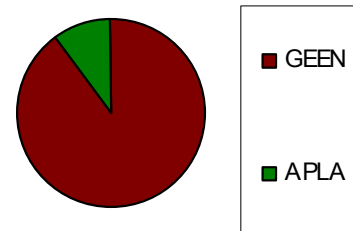
ATLA aanwarmtemperatuur verlaagd.
ATHO aanwarmtemperatuur verhoogd.

Toch kan de watertemperatuur ook te hoog worden, wat dan blijkt als de ruimtetemperatuur bij het bereiken van de gewenste waarde doorschiet (de zg. overshoot). Met name bij tragere systemen als ledenradiatoren kan dit optreden.

3.3.3.3 *Wijziging van het opstookpercentage*

Het opstookpercentage is een andere manier om de temperatuur van het water tijdens aanwarmen te beïnvloeden. Van de acht regelaars waarvan het opstookpercentage verlaagd kon worden hebben we dat bij een gedaan.

GEEN	9
APLA	1

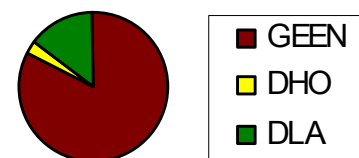


APLA opstookpercentage verlaagd
Het gebeurt om dezelfde reden als in de voorgaande paragraaf. Indien deze te hoog ingesteld staat krijgt men 's ochtends overshoot

3.3.3.4 *Gewenste temperatuur begin bedrijfstijd*

Normaal gesproken staat de temperatuur begin bedrijfstijd ingesteld op de temperatuur die men overdag graag wil hebben. Steeds vaker stellen we dat tegenwoordig anders in. Omdat mensen 's ochtends van buiten komen, voelt een lagere begintemperatuur aangenaam aan, mits deze in de daaropvolgende uren maar naar de gewenste waarde oploopt. Wie direct heel warm begint, zal het daarna sneller koud hebben.

GEEN	33
DHO	1
DLA	6



DHO gewenste temperatuur begin verhoogd
DLA gewenste temperatuur begin verlaagd

3.3.4 **Maatregelen tijdens de bedrijfstijd**

Tijdens deze periode is de warmtetoevoer van de installatie precies zo groot als de warmteverliezen als gevolg van transmissie en ventilatie. De temperatuur in het gebouw blijft daardoor constant, precies op het niveau van de ingestelde waarde.

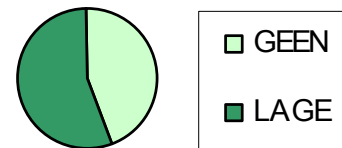
98% van alle regelaars in utiliteitsgebouwen stookt overdag weersafhankelijk, waarbij de temperatuur van het radiatorwater direct gerelateerd is aan de buitentemperatuur. Die relatie is weergegeven in een stooklijn.

3.3.4.1 *Het verlagen van de dagstooklijn*

Over het algemeen staan de stooklijnen te hoog ingesteld omdat hiermee kouklachten voorkomen worden in de vertrekken ver weg van de ketel (als gevolg van de waterzijdige onbalans). Mocht het elders te warm worden, dan kunnen kranen dicht gedraaid of ramen opengezet worden.

GEEN 21
LAGE 27

LAGE instelling stooklijn dag verlaagd
GEEN stooklijn is blijven staan



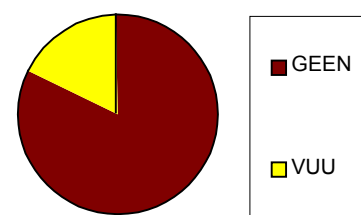
In meer dan de helft van de gevallen hebben we de stooklijn kunnen verlagen. Dit bespaart natuurlijk direct op het gasverbruik, maar een goed afgestelde stooklijn is ook om andere redenen een belangrijke maatregel:

- Alle radiatoren staan open → meer straling → beter binnenklimaat
- Alle radiatoren staan open → minder ruis in de leidingen
- Bij lage stooklijnen zal het HR-rendement vaker benut worden.
- De gebruikers zullen minder vaak aan de knoppen draaien, en dus ook minder vaak vergeten deze aan het eind van de dag weer terug te zetten. De kans op ontregeling verkleint en het aantal klachten neemt af.
- Bij weersafhankelijke regelingen zonder optimalisatie is de nachtstooklijn afhankelijk van de dagstooklijn, en zal deze dus mee dalen.

Toch moet men er wel mee oppassen. De meeste weersafhankelijke regelingen reageren alleen op de buitentemperatuur en houden geen rekening met andere weersomstandigheden zoals windsnelheid en luchtvochtigheid. Instelling van de stooklijn bij rustig weer kan bij ander weertype (met dezelfde temperatuur) tot kouklachten leiden. De beheerder zou dan zelf in staat moeten zijn om handmatig iets bij te sturen, maar in de praktijk gaat dit vaak niet goed. Een iets te ruime afstelling bij rustig weer is dus wel aan te bevelen.

3.3.4.2 *Thermostatisch ingrijpen op de dagstooklijn*

Veel regelaars kennen (onder bepaalde omstandigheden) een combinatie van weersafhankelijk en thermostatisch regelen. De stooklijn wordt dan aangepast op basis van de afwijking van de gewenste en werkelijke binnentemperatuur. Soms gebeurt dat een dag later en soms direct. In onze visie moet men daar zo min mogelijk gebruik van maken, omdat de referentieruimten dan te belangrijk worden. Wanneer men daar dan de ramen openzet, heeft dat invloed op de temperatuur in de hele groep. Het is bovendien niet nodig. Als de dagstooklijn goed staat hoeft de regelaar nauwelijks in te grijpen.



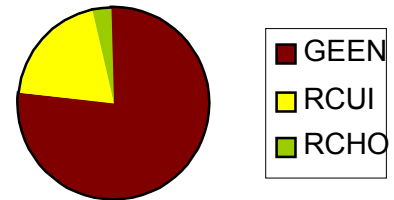
GEEN 27
VUU 6

VUU therm. ingreep dagtemp. ‘vervroegd uit’ op nul gezet

Door deze functie kon de verwarming eerder uitgaan bij ‘einde bedrijfstijd’, als de temperatuur in de referentieruimte te hoog was. Dit kon wel oplopen tot maximaal 2 uur voor het einde van de bedrijfstijd.

Door deze mogelijkheid uit te schakelen wordt geen energie bespaard, omdat de cv nu altijd doorstookt tot de periode ‘buiten bedrijfstijd’ begint.

GEEN 26
RCUI 7
RCHO 1



RCUI ruimtete compensatie uitgeschakeld
RCHO ruimtete compensatie verhoogd

De ruimtete compensatie werkt de hele dag. Deze past de watertemperatuur aan indien de gemeten ruimtetemperatuur afwijkt van de gewenste ruimtetemperatuur. Een instelling van 4K/K zal de stooklijn met 4°C bijstellen als de ruimtetemperatuur 1°C afwijkt. Normaal gesproken maken we van deze mogelijkheid geen gebruik, omdat een referentieruimte overdag bijna niet representatief kan zijn, al was het alleen maar omdat er mensen in en uit kunnen lopen. Alleen in dat ene geval waar dat wel het geval was is deze functie ingeschakeld.

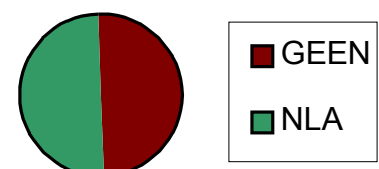
3.3.5 Maatregelen voor de periode buiten bedrijfstijd

De periode buiten bedrijfstijd kenmerkt zich doordat daar de warmte-afgifte door transmissie en ventilatie groter is dan de aanvoer via de cv-installatie. Omdat die warmte tijdens het aanwarmen weer binnengebracht moet worden, is het zaak zo weinig mogelijk te laten verdwijnen. Dus ramen en deuren dicht, en vooral niet bij verwarmen, want omdat het temperatuurverschil tussen buiten en binnen dan groter wordt, zal er meer warmte verdwijnen. 's Nachts moet de nachttemperatuur zo laag mogelijk worden. Er heerst een wijdverbreid misverstand dat een hogere nachttemperatuur over 24 uur gerekend minder energie kost, omdat de aanwarmperiode korter wordt, maar het valt buiten de context van dit onderzoek om dit op deze plaats te weerleggen. Wel komen de beschouwingen hier nog op terug.

CV Tuning probeert een nachttemperatuur in te stellen tussen de 10 en 12 °C, maar de omstandigheden moeten het toelaten. Aan de volgende voorwaarden moet zijn voldaan.

- Er mag geen condens op de ramen en kozijnen komen (voor de installatie maakt dat niet uit, maar het gebouw slijt sneller en andere gebruiksfuncties zoals het kopiëren vallen uit)
- De installatie moet voldoende afgevend vermogen hebben om snel genoeg te kunnen aanwarmen.

Eigenlijk bestaat de buiten bedrijfstijd periode uit twee fasen: het afkoelen, waarbij er zo weinig mogelijk



warmte aangeleverd mag worden door de cv-installatie, en de tijd waarin door het afkoelen de minimale nachttemperatuur bereikt is. De regelaar zal die temperatuur willen handhaven. Het komt niet zo vaak voor bij laag ingestelde nachttemperaturen, en als het gebeurt, dan functioneert de installatie ongeveer als in de periode binnen-bedrijfstijd, ofwel weersafhankelijk met een lagere stooklijn ofwel thermostatisch. In deze paragraaf concentreren we ons vooral op die afkoelperiode.

3.3.5.1 Geoptimaliseerde regelingen

GEEN 24
NLA 25

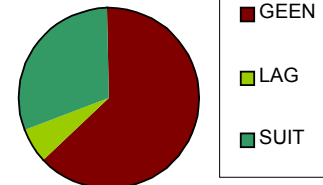
NLA (minimale nachttemperatuur lager ingesteld).

De belangrijkste en meest toegepaste maatregel is het verlagen van de nachttemperatuur door de minimale nachttemperatuur ook lager in te stellen. Dat kan alleen bij geoptimaliseerde regelingen (en thermostatische) Omdat de temperatuur dan thermostatisch geregeld wordt werkt deze instelling perfect.

3.3.5.2 Weersafhankelijke regelingen zonder optimalisatie

Zulke regelingen stoken 's nachts volgens het principe van nachtverlaging, waarin een lagere stooklijn gekozen wordt. De enige manier om daarbij een verlaging te bereiken is door die stooklijninstelling te verlagen. Dat gebeurt zo'n beetje op twee manieren.

GEEN 10
LAG 1
SUIT 5



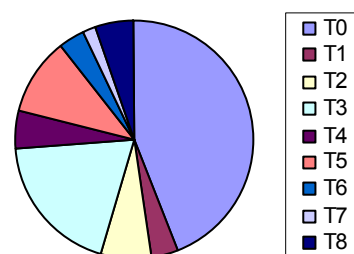
LAG lagere instelling nachtstooklijn
SUIT De regelaar 's nachts uit laten gaan tot aanwarmtjdstip.

Dat laatste kan alleen bij regelaars die daarvoor een mogelijkheid hebben ingebouwd. Het is een seizoensgebonden instelling (zie ook 3.3.2 Verkorting van de bedrijfstijd).

3.3.5.3 Het effect van een lager ingestelde nachttemperatuur

Bij de meeste installaties wordt de nachttemperatuur verlaagd (zie figuur), door de minimale nachttemperatuur bij geoptimaliseerde installaties te verlagen en door de nachtverlaging lager in te stellen. Om hoeveel graden gaat het precies? Dat is niet zomaar te beantwoorden omdat die twee niet hetzelfde zijn. Bij nachtverlaging wordt immers nog warmte toegevoegd, en zal de binnentemperatuur dus minder snel zakken. Om toch een vergelijk te maken hebben we een omrekeningstabel samengesteld:

NV10 ≈ N12
NV8 ≈ N14
NV6 ≈ N16



NV5 ≈ N17
 NV4 ≈ N18
 NV3 ≈ N18

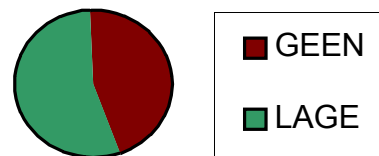
Dus bij een nachtverlaging van 6 °C zal het hoogstens 4°C minder warm worden. Nu zijn de nachttemperaturen wel te vergelijken. De figuur geeft het aantal malen aan de van de keren dat wij 1, 2 etc. °C in temperatuur zakten (T1 = 1, T2 = 2 etc.), door ook echt de nachttemperatuur anders in te stellen. Als we alle gebouwen meetellen dan blijkt de gemiddelde daling 2,3°C per gebouw. Maar omdat in 45% van de gebouwen de nachttemperatuur goed stond, is de verlaging van de nachttemperatuur als het nodig is gemiddeld ongeveer 4,5°C.

3.3.5.4 De invloed van de dagstooklijn op de nachtstooklijn

Van de 48 weersafhankelijke regelingen hadden 27 regelaars een te hoge dagstooklijn (zie maatregelen tijdens bedrijfstijd).

GEEN 21
 LAGE 27

LAGE instelling stooklijn dag
 verlaagd
 GEEN dagstooklijn is blijven staan



Bij installaties met een weersafhankelijke regelaar zonder optimalisering en met nachtverlaging is de nachttemperatuur afhankelijk van de instelling van de dagstooklijn. Omdat deze in de meeste gevallen te hoog stond, staat de nachtstooklijn ook te hoog. Dit was bij de goed functionerende weersafhankelijke regelaars het geval in 3 van de 7 mogelijkheden. Dan zal de nachttemperatuur al gauw een graad of drie hoger liggen dan de waarde die door de gebruiker gewenst wordt.

Die dagstooklijn wordt niet zonder reden te hoog gezet. Een hogere stooklijn is nodig tijdens het aanwarmen als extra warmte het gebouw in gebracht moet worden, omdat het 's nachts is afgekoeld. Zoals al gebleken is kost die hoge nachttemperatuur wel veel extra energie, maar gebruikers hebben niet het gevoel over een slechte regelaar te beschikken. Omdat overal gebruik gemaakt wordt van thermostaatkranen, is de temperatuur overdag als gewenst doordat deze thermostaatkranen terug regelen. Dus als de stooklijn een dagtemperatuur zou regelen van 23 °C, dan blijft het gewoon 20°C. Bij een nachtverlaging van 5 °C zal dan een stooklijn gekozen worden van 18°C, en dat zal het ook worden omdat de thermostaatkranen helemaal open gaan. De gebruiker merkt niets. Overdag is het netjes 20°C, en hij gaat ervan uit dat het 's nachts 15°C kan worden, maar het wordt nooit lager dan 18°C.

De belangrijkste maatregel die men bij dit soort regelingen moet nemen is het zoeken naar de juiste dagstooklijn. Zet de thermostaatkranen helemaal open en kies de juiste waarde. Pas als die gevonden is, mogen de thermostaatkranen begrensd worden. Dan functioneren ze waarvoor ze gemaakt zijn, namelijk het benutten van externe warmtebronnen.

3.3.6 Verhoging van het rendement van de installatie

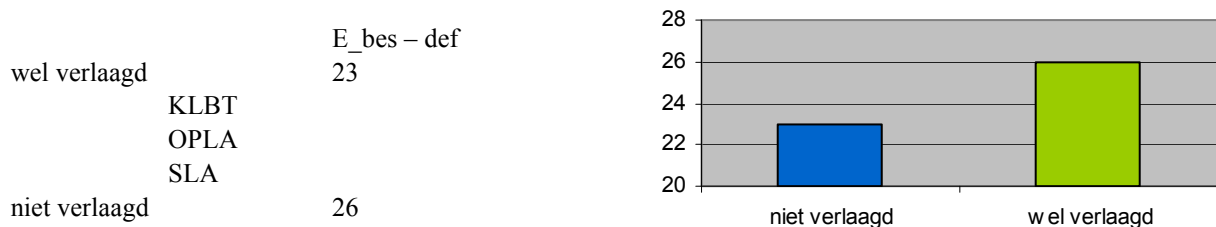
De regelaars staat goed ingesteld als er zo weinig mogelijk warmte naar buiten verdwijnt, omdat diezelfde hoeveelheid ook weer aangevoerd moet worden. Gebruikers bewijzen zichzelf volgens hetzelfde principe een dienst als zij de klokken goed programmeren (vakanties, gebruikstijden) en de ramen niet onnodig open zetten. Bouwtechnische (isolatie)maatregelen doen al niet anders. Toch is het beperken van de uitstromende warmte niet de enige manier om het gasverbruik terug te dringen. Technische innovaties zijn er ook op gericht om het verlies aan warmte van de installatie zelf zoveel mogelijk te beperken. Men verhoogt het rendement en goed voorbeeld daarvan zijn de ontwikkelingen van de HR-ketel en lage temperatuur systemen.

In deze paragraaf onderzoeken we regeltechnische maatregelen, die eveneens het rendement van de installatie verhogen. Veel is daarbij niet aan het licht gekomen. Misschien ook wel begrijpelijk, want het gaat om specifieke instellingen die in de regel al door de fabrikanten voorgeprogrammeerd zijn ('af fabriek'), of gemakkelijk goed in te stellen zijn door het bedieningsvoorschrift te volgen. Er is eigenlijk maar een maatregel die aandacht verdient.

3.3.6.1 Verlaging temperatuur Primair Circuit

Consequent verlagen wij de temperatuur van het primair circuit naar het niveau van de hoogst vragende groep. Standaard staat offset primair circuit ingesteld op + 10 K, wat betekent dat het primair circuit een watertemperatuur onderhoudt die precies 10 graden K hoger is dan de hoogst vragende groep. Minder warm water in het primaire circuit betekent minder energiegebruik, en in het geval van een HR-ketel zal het ook nog eens extra rendement opleveren, als de kritische grens van 55°C retour door het verlagen gepasseerd wordt.

In een aantal gevallen kan het niet, omdat het technisch niet mogelijk is. In dit onderzoek is het interessant om wel en niet verlagen met elkaar te vergelijken.



KLBT temp. Primair circuit verlaagd door andere kloktijden boilerthermostaat
 OPLA Offset primair circuit verlaagd
 SLA Stooklijn primair circuit verlaagd
 De Y-as stelt de percentuele besparing op het gasverbruik voor.

In 20 van de 58 installatie is de temperatuur van het water verlaagd door de offset primair circuit te verlagen, bedrijfstijden in de klokthermostaat van de boiler in te geven of door de stooklijn van het primair circuit te verlagen. Van de 38 niet verlaagde, zijn er 10 waar de installatie er wel om vraagt, maar dit technisch gezien onmogelijk is. Als we de gemiddelde gasbesparing van die 10 vergelijken met het gemiddelde van die 28, dan geeft dat het volgende resultaat:

Het lijkt er sterk op dat het verlagen van het water van het primair circuit een energiebesparende maatregel is. 3% mag niet veel lijken, toch is het een significant verschil

als men bedenkt dat het hier om een maatregel gaat die slechts de temperatuur van het primair circuit beïnvloedt, dus een klein deel van het ketelwater. Omdat het zo'n eenvoudige maatregel is (zelfs waterzijdig inregelen is niet nodig!), hebben we ons dikwijls afgevraagd waarom men altijd kiest voor een ophoging met 10 °K. We zijn er niet achter gekomen. Het verlagen heeft namelijk nooit tot regeltechnische problemen geleid, en lijkt dus eenvoudig uit te voeren.

H4, Conclusies en aanbevelingen

Een cv-optimalisatietraject bestaat uit de fasen onderzoek en uitvoering. In het onderzoek stelt men de beginsituatie vast, en geeft men een overzicht van de te nemen maatregelen. Het geheel beschrijft men in het bestek en/of de doorlichting. De tweede fase is de uitvoering van de aanbevelingen, te beginnen met het repareren van defecte onderdelen en het waterzijdig inregelen, en afgesloten met het bijstellen van de regelklokken.

Deze twee stappen zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Het heeft geen zin maatregelen voor te stellen als de beginsituatie onbekend is. Samen bepalen zij ook het resultaat: de mate waarin het binnenklimaat verbeterd is en het nieuwe gasverbruik. In formule:

Beginsituatie + Maatregelen → Eindresultaat.
--

In dit onderzoek vallen de categorieën bouweigenschappen, installatie-eigenschappen en nachttemperatuur onder de beginsituatie, reparaties en regeltechnische maatregelen onder maatregelen. Waterzijdig inregelen is daarbij buiten beschouwing gelaten, maar is wel in alle trajecten uitgevoerd. Het vervolg van dit hoofdstuk gaat na hoe de verschillende categorieën het resultaat beïnvloeden. Cijfers tussen haakjes verwijzen daarbij naar de betreffende analyse uit hoofdstuk 3.

4.1 Het ontwerp van een installatie

Onderdeel van de beginsituatie is het ontwerp van de cv-installatie. Daarin heeft de installateur in samenspraak met de opdrachtgever vastgelegd op welke wijze de installatie warmte gaat leveren (bijvoorbeeld radiatoren en/of luchtbehandeling), en welke onderdelen daarvoor geïnstalleerd moeten worden. Dat ontwerp is natuurlijk afhankelijk van het type gebouw, de gebruiksfunctie en het beschikbare budget. Maar altijd zal men proberen het ontwerp zo te maken dat de ventilatie- en transmissieverliezen onder alle weersomstandigheden zo goed mogelijk opgevangen kunnen worden.

Dat dit niet altijd even goed lukt, moge duidelijk zijn. Installateurs hebben hun eigen voorkeuren, en het budget reikt lang niet altijd tot de hemel. In dit onderzoek is het van belang wat er gebeurt als het ontwerp eens een keer wat minder is. Op welke wijze blijkt dat uit de resultaten.

Goede resultaten impliceren tevens een slechte beginsituatie, want de maatregelen zijn altijd gericht op het verbeteren daarvan. De resultaten *besparing op het gasverbruik* en *comfort* (het bereikte binnenklimaat) zegt dus iets over de beginsituatie, de mate waarin de installatie voor de cv-optimalisatie functioneerde. Er kan iets mis geweest zijn aan het ontwerp, aan de staat waarin de installatie verkeerde of aan de instellingen van de regelaars. Aangezien alleen het

ontwerp voor en na het inregeltraject hetzelfde gebleven is – de defecte onderdelen zijn vervangen en de instellingen zijn per definitie aangepast – is voor het trekken van conclusies is de volgende redenering opgezet. Hoe meer gas er bespaard kon worden, hoe slechter de installatie oorspronkelijk functioneerde en hoe beter de maatregelen. Voor de hand ligt ook het omgekeerde. Een laag besparingsresultaat betekent een goed werkende installatie bij aanvang. Dat klopt ook wel, mits er sprake was van een goed ontwerp. Is dat niet het geval, dan is het binnenklimaat ook na het inregelen niet wat het moet zijn. Daarbij is van belang te weten dat bij een cv-optimalisatie het comfort het eerste doel is, en besparing pas op de tweede plaats komt. Soms zijn de regelaars zo ingesteld, dat het binnenklimaat wel verbeterde, maar met het neveneffect dat het gasverbruik minder daalde. Van installaties met aanwarmproblemen bijvoorbeeld, is de keuze voor een hogere nachttemperatuur niet ongebruikelijk.

De invloed van het ontwerp op de resultaten zien er in schema als volgt uit:

- Energiebesparing hoog + comfort goed → ontwerp goed, installatie functioneerde slecht
- Energiebesparing hoog + comfort verbeterd → ontwerp minder, installatie functioneerde slecht
- Energiebesparing laag + comfort goed → ontwerp goed, installatie functioneerde goed.
- Energiebesparing laag + comfort verbeterd → ontwerp minder, installatie functioneerde redelijk.

Bij de opzet van het onderzoek is stilzwijgend aangenomen dat elke installatie goed kán functioneren. Dat is het geval als de gebruiker bij alle weersomstandigheden een gewenste binnentemperatuur (tot $\pm 22^{\circ}\text{C}$) kan bereiken en vasthouden. Ons lukte dat slechts in 85% van de trajecten, zoals de matrix laat zien bij de categorie resultaten (factor comfort, waardes GOED). In 15% lukte dat niet, zelfs ondanks het feit dat we ons in die gebouwen niet primair concentreerde op het verlagen van het temperatuurverschil tussen buiten en binnen. In die gevallen wisselden de binnentemperaturen ook na het inregelen, afhankelijk van de weersomstandigheden. Dit kan twee dingen betekenen: er zijn een aantal fouten gemaakt bij het inregelen of het ontwerp van de installatie is niet goed. Hoewel het beide zou kunnen zijn, gaan we uit van het laatste, omdat steeds volgens dezelfde methodiek ingeregeld is.

4.2 Absolute en percentuele besparingen

De hoeveelheid warmte die een installatie moet aanvoeren is gelijk aan de som van het warmteverlies als gevolg van ventilatie en transmissie.

Gecombineerd met de formule uit paragraaf 3.3.1 *het doel van de maatregelen* geeft dat het volgende resultaat.

$\Delta Q_{\text{cv-installatie}} = \Delta Q_{\text{ventilatie}} + \Delta Q_{\text{transmissie}}$. Daarbij is:

$\Delta Q_{\text{transmissie}} = C \times \Delta T_{\text{(buiten-binnen)}} \times t$, waarbij

$\Delta Q_{\text{cv-installatie}}$ = de warmte-opbrengst van de installatie

$\Delta Q_{\text{transmissie}}$ = het warmteverlies als gevolg van transmissie

C = een constante die bepaald wordt door de gebouw- en installatie-eigenschappen

$\Delta T_{\text{(buiten-binnen)}}$ = het temperatuurverschil tussen buiten en binnen

t = de tijdsduur waarover ΔT plaatsvond.

Omdat ventilatie een zaak is voor de gebruiker, tracht de inregelaar zoveel mogelijk de transmissieverliezen te beperken, met name door ΔT te verkleinen (3.3.3 ev.).

In deze formules is nog niet gekeken naar $\Delta Q_{\text{cv-installatie}}$. Bij het opwekken van warmte zijn er altijd warmteverliezen. Er zijn ook maatregelen denkbaar, bijvoorbeeld de overgang naar een HR-ketel, waarmee de warmteverliezen beperkt worden, en er dus een hoger rendement behaald wordt. Dit is echter nauwelijks onderdeel van een inregeltraject, maar meer van een investeringstraject waarin (onderdelen van) de installatie vernieuwd worden. Het verandert het ontwerp van de installatie, niet de instellingen.

In dit onderzoek zijn rendementsverschillen van installaties niet zichtbaar gemaakt. Dat kon ook niet omdat wij slechts beschikten over percentuele besparingen. Zouden we absolute cijfers gehad hebben, en deze vergeleken hebben met de isolatiewaarden en gebruiksfuncties van de gebouwen, dan zou het wel mogelijk geweest zijn.

Voor het opstellen van cv-optimalisatietrajecten is dit ook van ondergeschikt belang. Als de percentuele besparing bekend is, kan de opdrachtgever de kosten en baten tegen elkaar afwegen en een beslissing nemen om de bestaande installatie, met inbegrip van alle onderdelen, wel of niet te laten inregelen.

In de conclusies van dit onderzoek geeft dit wel een vertekend beeld van de werkelijkheid. Bij de constatering bijvoorbeeld, dat er bij oude en nieuwe installaties evenveel procenten bespaard kan worden, omdat deze allebei minder goed functioneren, roept dat het beeld op dat de technische innovaties van de laatste jaren geen zin gehad hebben. Een HR of VR ketel, het maakt eigenlijk niet uit. Dit beeld is onvermijdelijk, maar we willen ons er met kracht tegen afzetten. In dit onderzoek draait alles om het woord functioneren. Doet de installatie ook precies waarvoor ze gemaakt is, zo zuinig mogelijk voldoende warmte aanvoeren. Dan blijkt oud en nieuw niet uit te maken; het kan gewoon veel beter. Maar het neemt niet weg dat een HR-ketel 15% zuiniger kan zijn dan een VR-ketel!

4.3 Beginsituatie

Hierin zijn de categorieën bouweigenschappen, installatie-eigenschappen en nachttemperatuur uitgelicht. Daarbij is nagegaan in hoeverre ze van invloed zijn op het resultaat. De beginsituatie zegt iets over het besparingspotentieel zonder aan te geven hoe dat potentieel omgezet kan worden in een resultaat.

4.3.1 Gebouweigenschappen

De onderzoeksgroep is goed gekozen. Alle leeftijden, massa's en isolaties zijn gelijkelijk verdeeld (*bijlage 1*). Achteraf bezien zou het ook niet veel uitgemaakt hebben, omdat het gebouwtype er in feite niet veel toe doet. Als we alleen kijken naar het besparingsresultaat, dan maakt het geen verschil of een gebouw goed geïsoleerd is, zowel voor de muur- als raamisolatie. Als we kijken naar het resultaat tav het binnenklimaat, dan is het gemakkelijker om een goed resultaat te boeken in lichte en middelzware gebouwen, dan in zware gebouwen (*3.2.1.1*), maar dan nog is het verschil niet al te groot.

Overigens blijkt de gebouwfunctie wel van belang. In onderwijslocaties valt ongeveer 5% minder te besparen dan in de overige utiliteitsgebouwen (*3.2.2.5*). Een belangrijke oorzaak is vermoedelijk de ondersteuning door een energiebeleidsmedewerker van de gemeente.

4.3.2 Leeftijd

De leeftijd van de gebouwen, installaties of regelaars heeft geen gevolgen voor de percentuele besparing op het gasverbruik, mits de regelaars niet defect zijn. Dat geldt ook voor installaties. Modernere installaties functioneren in dit onderzoek nauwelijks beter dan zijn eenvoudige voorgangers. Percentueel is ongeveer evenveel te besparen. Voorbeelden van deze vernieuwingen zijn, het overstappen van:

- Een conventionele of Vr-ketel naar een HR-ketel.
- Een enkele ketelopstelling naar een cascade-opstelling.
- Enkele radiatoren naar gecombineerde warmte-afgevers
- Lokaal- naar afstandsbeheer (gebouwenbeheerssysteem)

Bij een cascade-opstelling, een HR-ketel en gecombineerde warmte-afgevers blijkt het verschil 2% in het voordeel van de modernisering (*3.2.2.5*). Bij de overgang naar een gebouwenbeheerssysteem is er geen verschil in percentuele besparing. Het gaat dus om kleine verschillen en de vraag rijst of dat te verwachten was. In ieder geval zijn er positieve en negatieve invloeden die het besparingsresultaat bepalen:

- Een moderne installatie is relatief jonger; de kans op defecten is kleiner. Positief
- Ze zijn moeilijker in te regelen. Het aantal instellingen van een grotere digitale regelklok is meer dan honderd. Voor het kiezen van de setpoints van vrij programmeerbare regelingen van bijvoorbeeld gebouwenbeheerssystemen is veel deskundigheid nodig, zowel op het gebied van installatie- en regeltechniek als van het bijbehorende computerprogramma. Negatief.
- Ze zijn moeilijker te bedienen (oa vanwege de digitalisering van de regelklokken). Negatief.
- Het warmte-afgevend vermogen van een moderne installatie is gemiddeld lager. Dit geeft koude problemen bij het aanwarmen. Die zijn alleen op te lossen door hogere nachttemperaturen en/of langere bedrijfstijden in te voeren (*3.2.1.2 en 3.2.2.3*) Negatief.

4.3.3 Regeltechnische ontwerpen

Als we alleen kijken naar het ontwerp, dan zijn de volgende factoren van invloed gebleken op het resultaat: de optimalisering, de groepenindeling, gecombineerde warmte-afgevers.

4.3.3.1 De optimalisering

In dit onderzoek is iets minder dan 80% van de weersafhankelijke regelaars is geoptimaliseerd. 20% is zonder (3.1.2). Vermoedelijk zijn die percentages in het voordeel van de optimalisering gewijzigd, omdat in de onderzoeksperiode van vijf jaar regelaars vervangen zijn, en daarbij in de regel gekozen werd voor weersafhankelijke regelaars met optimalisatie. Dat is een goede zaak. Het gemiddelde besparingspotentieel van weersafhankelijke regelingen zonder optimalisatie ligt 6% hoger dan vergelijkbare regelingen met optimalisatie (3.2.2.1). Dit komt omdat dergelijke regelingen een onnodig hoge nachttemperatuur onderhouden, en omdat ons inregelen er met name op gericht is deze nachttemperatuur te verlagen.

4.3.3.2 De groepenindeling

Installaties met één groep (in kleine gebouwen) of meerdere gevel georiënteerde groepen werken het best (3.2.1.4). Dit ligt ook wel voor de hand. Als een hele vleugel door zon beschenen wordt, zal de binnenvoeler dat waarnemen (bij aanwarmen of ruimtecompensatie), en zal de installatie daar op reageren door uit te gaan. Wanneer de ene helft zon heeft en de andere niet, dan ontstaan er verschillen. Thermostaatkranen kunnen dan nog helpen, wanneer de binnenvoeler op een zonzvrije plaats hangt. Maar dat is niet voldoende, en kan leiden tot een hoger gasverbruik, omdat de stooklijn daarbij ook hoger moet staan.

4.3.3.3 Gecombineerde warmte-afgevers

Meerdere warmte-afgevers in één installatie geven problemen. De meest voorkomende combinatie radiatoren en luchtbehandeling gaat nog wel, maar als er nog een warmte-afgever bij komt blijkt nog maar 1 op de vier installaties echt goed in te regelen (3.2.1.3). Dit komt omdat de warmtebronnen elkaar beïnvloeden, en elkaar soms ook tegenwerken. Met de besparing valt het overigens wel mee. Slechts 2% in het voordeel van de enkelvoudige variant (3.2.2.4).

4.3.4 Installatietechnische knelpunten

De staat waarin een behoorlijk aantal regelaars en bijbehorende onderdelen zich bevonden tijdens ons eerste bezoek was zodanig dat deze installaties niet konden functioneren op de manier waarvoor ze ontworpen waren.

- In 9 van de 58 installaties bleek de hoofdregeling defect (3.1.2). Vervanging van de regelaar en het instellen daarvan gaf een besparing van gemiddeld 32%.
- In 5% van de overige 49 installaties bleek de regelaar ook niet te kunnen functioneren, omdat deze verkeerd geplaatst was (de regelaar functioneert ook als binnenvoeler), of doordat er softwarematig iets niet klopte (3.1.4)
- 30% van de binnenvoelers was niet representatief (3.1.2)
- In 50% van de gevallen zijn maatregelen genomen om de referentieruimte beter te laten functioneren (3.1.4)

Het zijn verontruste cijfers. 15% defecte regelaars is toch wel veel, te meer omdat een dergelijk mankement toch snel te ontdekken moet zijn. De binnen- en buitenvoelers zijn cruciale onderdelen van een installatie, en van de meeste fout geplaatste lijkt het er op dat ze nooit goed gezeten hebben. De installatie heeft dan nooit optimaal gewerkt.

4.3.5 De nachttemperatuur

De nachttemperatuur staat bijna altijd te hoog, en dit is de belangrijkste oorzaak van het hoge energieverbruik.

- De minimale nachttemperatuur stond in 70% van de gevallen ingesteld op 13°C of hoger. Gangbaar is een instelling van 15°C (ongeveer de helft). Slechts 30% kiest een instelling van 12°C of lager (3.1.3).
- Bij weersafhankelijke regelingen zonder optimalisatie is de werkelijke nachttemperatuur ongeveer 2°C hoger dan de ingestelde. Dit als gevolg van de nachtverlaging (3.1.3.1).
- In bijna 30% van alle installaties wordt (deels) doorgestookt op dagniveau (3.1.3.1). In ongeveer de helft daarvan was de oorzaak een defecte regelaar (9x). Eén keer betrof het zelfs een moderne installatie uitgerust met een gebouwenbeheerssysteem.
- Installaties waarbij de minimale nachttemperatuur niet onder de 17°C komt, hebben een besparingspotentieel van meer dan 30% (3.2.2.2).

4.4 Maatregelen

Een goed ontworpen en functionerende installatie kan onder alle weersomstandigheden een gewenste binnentemperatuur bereiken en onderhouden. Het laagste gasverbruik ontstaat als de temperaturen in het gebouw op elk moment van de dag zo laag mogelijk gehouden worden. Een cv-optimalisatie schept daarvoor de voorwaarden. Natuurlijk is het belang van het opsporen en vervangen van defecte onderdelen duidelijk en onomstreden. Anders ligt dat bij het waterzijdig inregelen. Maar daar waar deze maatregel ter discussie staat, geldt dat toch meer de methode en het besparingsresultaat dan het doel van de maatregel, het verkleinen van temperatuurverschillen in de vertrekken met dezelfde gebruiksfunctie van een gebouw. In dit onderzoek is de methode geen onderwerp en is het besparingspotentieel van ondergeschikt belang. Het draagt bij aan de totale besparing, maar in hoeverre is onbekend. Waterzijdig inregelen is voorwaardenscheppend. Zonder dat zouden alle regeltechnische maatregelen uit hoofdstuk 3 niet genomen kunnen worden, met uitzondering van verlaging temperatuur primair circuit (3.3.6.1). De problemen bijvoorbeeld die ontstaan door (te) lange aanwarmperiodes, zijn het best zichtbaar in de vertrekken aan het eind van een leidingcircuit.

4.4.1 Het doel van de maatregelen

Het belangrijkste doel van alle maatregelen is het maximaal verkleinen van de binnen- en buitentemperatuur, maar wel zodanig dat er een goed binnenklimaat gerealiseerd wordt. Dat geldt voor dag en nacht. Aangezien de buitentemperatuur niet door ons beïnvloed kan worden, gaat het er dus om de binnentemperatuur zo laag mogelijk te houden (3.3.1).

In het verlengde van dit doel ligt de maatregel opgesloten om de bedrijfstijd te verkorten. De regelaar schakelt over op de nachttemperatuur, waarmee eveneens het temperatuurverschil kleiner wordt (3.3.2).

En tot slot zal hij daar waar mogelijk ook nog het rendement van de installatie proberen te verbeteren, maar de mogelijkheden daar zijn beperkt (3.3.6).

4.4.2 De dagtemperatuur

In op een na alle gebouwen werd de temperatuur overdag weersafhankelijk geregeld. Het belangrijkste regelinstrument is de stooklijn, maar die stond in zo'n 60% te hoog. Het bleek om meerdere redenen belangrijk om de juiste stooklijn op te zoeken (3.3.4.1). Voor het bepalen van de juiste stooklijn, kan men het beste de regelaar beletten in te grijpen (adaptiviteit uit, ruimtecompensatie uit), en de thermostaatkranen helemaal open zetten. Voor de dan heersende buitentemperatuur kan de juiste instelling snel gevonden worden. Om het tweede punt van de lijn te vinden, kan men het volgende seizoen nogmaals instellen, waarna de hele lijn bekend is. Later kan men dan de thermostaatkranen begrenzen (op een iets hogere stand), en indien mogelijk en gewenst, gebruik maken van regelingen die ingrijpen op de dagstooklijn.

Om een laag gasverbruik te realiseren is het belangrijk dat men nauwelijks gebruik hoeft te maken van die naregelingen. Thermostaatkranen behoren alleen in te grijpen als de vertrekken te warm worden door externe invloeden (bijvoorbeeld de zon), maar vaak is de belangrijkste functie het verlagen van de dagtemperatuur in vertrekken dichtbij de ketel, als gevolg van het niet waterzijdig inregelen in combinatie met een te hoge stooklijn. Zolang het gaat om het handhaven van de dagtemperatuur levert dit niet al te grote problemen op (3.3.4.1), maar dat verandert tijdens het afkoelen en aanwarmen.

4.4.3 Het afkoelen

De hoge nachttemperaturen zijn de belangrijkste oorzaak van het hoge besparingspotentieel. 17°C of hoger betekent een gemiddelde besparing van ruim 30%, tegenover 10-13°C met 20% (3.2.2.2). Normaal gesproken moet die dus omlaag!

Alleen als het gekozen installatieconcept daarom vraagt, is een hogere nachttemperatuur gewenst. Bijvoorbeeld bij warmtepompen, vanwege de verliezen bij het aan-uit schakelen. Onder de volgende combinatie van omstandigheden kan het ook in de wat traditionelere bestaande bouw voorkomen:

- De installatie beschikt over één of meerdere HR-ketels.
- Het gebouw is supergoed geïsoleerd. In ieder geval spouwmuur-, dak- en vloerisolatie en thermopene beglazing met liefst HR++-glas.
- Het gebouw heeft lange gebruikstijden (bijvoorbeeld 2/3 aan – 1/3 uit).

Zonder deze omstandigheden moet de nachttemperatuur dus omlaag. De wijze waarop die verlaging gerealiseerd moet worden is afhankelijk van het ontwerp van de installatie.

- Bij weersafhankelijke regelingen met optimalisatie is het slechts het instellen van de minimale waarde. Aanbevolen wordt 10-12°C. Een lagere temperatuur zou beter zijn, maar geeft problemen van heel andere aard. De condens op de ruiten beschadigt de houten kozijnen, en de hoge luchtvochtigheid laat het papier van kopieermachines vastlopen. Daarnaast is het voorts nog van belang te weten hoe de vorstbeveiliging functioneert. Wanneer de buitentemperatuur onder een kritische grens komt, grijpt de regelaar in om te voorkomen dat het leidingwater bevroert. Vaak worden te hoge watertemperaturen gemaakt, en soms gaat de installatie zelfs op dagniveau stoken, wat in de vakantie bij vorst behoorlijke kosten met zich mee kan brengen.
- Bij niet-geoptimaliseerde regelingen moet de stooklijn omlaag (3.3.5.2), maar dat kan alleen als er geen problemen ontstaan bij het aanwarmen. Indien mogelijk adviseren wij een verlaging met 8°-10°C, maar dat kan niet altijd.

- Sommige weersafhankelijke regelingen zonder optimalisatie hebben de mogelijkheid om 's nachts ook 'uit' te gaan. In dat geval is een extra mogelijkheid aanwezig om de nachttemperatuur laag te houden, de seizoensgebonden instelling (3.3.2). Omdat die 'uit' stand bij het aanwarmen problemen kan opleveren, is het aan te bevelen om daarvan alleen in de herfst en lente gebruik van te maken, terwijl in de winter gewoon de nachtverlaging functioneert met zijn verlaagde stooklijn.

4.4.4 Het aanwarmen

Wanneer een installatie niet goed functioneert, dan zullen de gevolgen daarvan zich het eerst manifesteren tijdens het aanwarmproces. Dit is dan ook de fase waarin de installatie op maximaal vermogen werkt om het totaal aan warmteverlies uit de afkoelingsperiode zo snel mogelijk in te halen (3.3.1). Voordat op de oorzaken van de problemen die zich daarbij kunnen voordoen ingegaan wordt, herhalen we nog even de verschillende methodieken om dat snelle aanwarmen te bereiken, vanzelfsprekend afhankelijk van het gekozen ontwerp.

4.4.4.1 De instellingen bij het aanwarmen

De installatie warmt goed aan als de vertrekken ongeveer 1°C per uur in temperatuur stijgen.

- Bij weersafhankelijke regelingen met optimalisatie is het heel eenvoudig. Stel de werkelijke bedrijfstijd in, en zorg ervoor dat de ketelmaximaal thermostaat op ongeveer 90°C staat. De regelaar doet vervolgens de rest op basis van de gemeten temperaturen in de referentieruimte. Een geoptimaliseerde regelaar berekent/schat zelf het aanwarmtijdstip door de resultaten van de vorige aanwarmperiodes te middelen. Toch blijkt ook bij deze regelingen dat de tijd in 30% van de gevallen te vroeg ingesteld staat (3.3.2). De ene keer komt dat door onwetendheid, de andere keer is het een foute oplossing voor een probleem (4.4.4.2).
- Bij weersafhankelijke regelingen zonder optimalisatie gaat de installatie op het aanwarmtijdstip van nachtstooklijn naar dagstooklijn. Het aanwarmtijdstip moet men zelf kiezen. Er is geen binnenvoeler, geen referentieruimte, en dus ook geen optimalisatie. De aanwarmperiode is de tijd tussen het aanwarmtijdstip en begin bedrijfstijd, en in die tijdspanne zullen de vertrekken opgewarmd moeten worden. Maar omdat de dagstooklijn eigenlijk slechts gemaakt is om de dagtemperatuur te onderhouden (3.3.4), zal er geen temperatuurstijging plaatsvinden, tenzij de dagtemperatuur te hoog staat of er gebruik gemaakt wordt van hulpregelingen.
- Installaties waarbij de dagstooklijnen te hoog staan ingesteld, hoeven geen last te hebben van te hoge dagtemperaturen, als de thermostaatkranen de extra aangevoerde warmte terugregelen door de waterstromen te beletten de radiatoren in te gaan. Dit ontwerp komt veel voor, maar heeft als (groot) energetisch nadeel dat de hoge dagstooklijn tevens zorgt voor een hogere nachtstooklijn (3.3.5.4).
- Eén hulpregeling is de mogelijkheid om het opstookpercentage te verhogen (3.3.3.3). Daarbij wordt de stooklijn in de aanwarmperiode met een aantal percentages verhoogd.
- Soms zijn weersafhankelijke regelingen zonder optimalisatie uitgerust met de mogelijkheid om thermostatisch in te grijpen op de stooklijnen. De belangrijkste functie van de hulpregeling ruimtecompensatie (3.3.4.2) is sneller aan te kunnen warmen, terwijl de dagtemperatuur toch niet te hoog wordt.

Hierbij gaat het overigens nog steeds om hulpregelingen. Men kan het opstookpercentage of de ruimtecompensatie niet vergelijken met een optimalisering, omdat deze veel minder goede resultaten hebben. De aanwarmsnelheid ligt lager, en de aanwarmperiode moet handmatig worden ingesteld, en wie daarin zuinig wil zijn, zal bij elke seizoenswisseling moeten bijstellen.

4.4.4.2 Comfortklachten als gevolg van aanwarmproblemen

De wijze waarop het aanwarmen verloopt is de belangrijkste indicatie over het functioneren van een installatie. Wanneer het goed gaat, zullen de overige problemen meestal ook wel meevallen. Aanwarmproblemen zijn te herkennen aan een veel te lange aanwarmperiode (het gebouw komt maar niet op temperatuur), of aan een verschillend aanwarmbereik (bepaalde vertrekken komen maar niet op temperatuur, soms wordt het elders ook nog te warm). In beide gevallen gaat dat ten koste van het binnenklimaat; het wordt niet of te laat warm in (delen van) het gebouw. Oorzaken van deze problemen zijn liggen in het ontwerp van de installatie of aan de regeltechnische instellingen (of aan een combinatie).

- De belangrijkste oorzaak van aanwarmproblemen is het niet waterzijdig inregelen van de installatie, met als resultaat dat het in bepaalde vertrekken te warm wordt en in andere nooit warm zal worden. Daarbij gaat het steeds om dezelfde vertrekken. Het probleem doet zich voor in alle typen gebouwen, en bij elke installatie.
- Gebouwen met een zware massa hebben aan het eind van het aanwarmen overshootproblemen; de temperatuur schiet door (3.2.1.1). Soms kan men ze oplossen door de bedrijfstijd te beginnen met een lagere temperatuur dan de dagtemperatuur.
- Een te klein vermogen van de warmte-afgevers verlengt de aanwarmtijd (3.2.1.2) en meerdere niet-gevelgeoriënteerde groepen in één installatie zorgen voor plaatselijke temperatuurklachten bij aanvang bedrijfstijd. Maar hier gaat het niet steeds om dezelfde vertrekken, maar bepalen de weersomstandigheden de aard en de plaats van de klachten (3.2.1.4). Vergelijkbare problemen doen zich voor bij installaties met meerdere groepen, maar met slechts één centrale optimalisatie voor alle groepen.
- Hoe meer gebruik gemaakt wordt van verschillende typen warmte-afgevers in één installatie, hoe moeilijker het is om de regelingen daarvan op elkaar af te stellen (3.2.1.3). Dit komt omdat de regelaars onderling niet met elkaar communiceren, en dus ieder geheel op eigen kracht het warmtekort aan te zuiveren. Met twee warmte-afgevers kan dat veel te hard gaan. Bovendien kan het zijn dat de regelaars elkaar tegenwerken. Lang niet altijd zijn de gewenste temperaturen hetzelfde gekozen.

4.4.4.3 Het onderdrukken van de aanwarmproblemen

De reden dat comfortproblemen zich vooral openbaren tijdens het aanwarmen, ligt opgesloten in de werking van thermostaatkranen. Wanneer deze in de goede stand staan sluiten ze zich in een glijdend traject op het moment dat de binnentemperatuur in de buurt van de gewenste waarde komt. Dat gebeurt dus pas aan het einde van de aanwarmperiode. Daarvoor staan ze helemaal open. Door dat sluiten verbetert tijdelijk de waterzijdige balans. Radiatoren die aan het begin van het aanwarmen geen water aangevoerd kregen, hebben dat aan het einde wel, waardoor dat vertrek langzaam maar zeker ook op temperatuur komt. Opnieuw sluiten de thermostaatkranen zich en zal het proces zich herhalen. Helaas wordt die waterzijdige balans tijdens het afkoelen weer helemaal verstoord.

De problemen uit de vorige paragraaf kunnen vrij eenvoudig opgelost worden door de nachttemperatuur te verhogen en goed gebruik te maken van de thermostaatkranen. Hoe hoger de nachttemperatuur, hoe beter het binnenklimaat door de gebruikers ervaren zal worden. De waterzijdige balans wordt door de thermostaatkranen redelijk in stand gehouden. Het verklaart ook waarom zoveel defecte regelaars aangetroffen werden (15%). Omdat het defect altijd leidde tot een continue stookgedrag op dagniveau, hadden de gebruikers geen comfortklachten. Alleen de gasrekening was flink gestegen.

Maar zoals reeds gebleken is wordt ook in installaties zonder mechanische defecten van alles gedaan om de nachttemperatuur te verhogen. Een korte opsomming:

- Het idee dat hoge nachttemperaturen onder alle omstandigheden energetisch gewenst zijn wordt hardnekkig in stand gehouden (3.3.5). Zo beschikken wij zelfs over voorlichtingsmateriaal van een energiecampagne waarbij zelfs 17°C geadviseerd wordt (wat in dit onderzoek leidde tot besparingen van boven de 30%). De meeste Nederlanders noemen een ideale temperatuur van 15°C, monteurs van installatiebedrijven niet uitgezonderd, zoals uit cursussen gebleken is.
- Het aantal thermostaatkranen neemt dramatisch toe. In slechts 30% van de gevallen worden ze geïnstalleerd waarvoor ze gemaakt zijn, het benutten van externe warmtebronnen zoals de zon. In die andere 70% zitten ze er gewoon als regelaar, om het effect van hoge stooklijnen teniet te doen. Bij weersafhankelijke regelaars zonder optimalisatie is dat direct een probleem (3.3.4.1 en 3.3.5.4) maar ook bij geoptimaliseerde regelingen is het ontwerp niet optimaal. Een thermostaatkraan sluit namelijk niet ineens maar in een glijdend traject. Op het moment dat het sluiten begint, is de installatie nog volop aan het aanwarmen, en dus zijn er twee regelmechanismen die elkaar tegenwerken. Zolang het gaat om andere vertrekken dan de referentieruimte is er geen groot probleem, maar goed is anders.
- Te vaak staan bedrijfstijden te ruim. Dus minder lang afkoelen en hogere nachttemperaturen (3.3.2).
- Te vroeg ingestelde aanwarmtijdstippen (3.3.3).
- Te hoge nachtstooklijnen (3.3.5.2).

Al deze instellingen dragen bij aan de oplossing van een niet waterzijdig ingeregelde installatie. Alleen vanuit milieu-oogpunt zijn ze af te keuren. Wie de hulpbronnen zuiniger wil benutten, en de CO₂-uitstoot wil terugdringen, zal andere oplossingen moeten kiezen.

4.5 Aanbevelingen

In nieuwbouw zouden klimaatinstallaties ingeregeld behoren te worden, eventueel inclusief een garantiekeurmerk. Daarbij gaat het niet alleen over de keuze en aanleg van de gebruikte materialen, maar tevens over de regeltechnische instellingen.

CV-optimaliseringstrajecten in de bestaande bouw verdienen veel meer aandacht. Daarin streeft men ernaar een installatie zo optimaal mogelijk te laten functioneren. Optimaal wil in dit verband zeggen dat de beheerder daarna de installatie gewoon kan bedienen, volgens zijn wensen op dat moment, zonder dat daar negatieve gevolgen uit voortkomen. De dag- en nachttemperatuur mogen variëren, de bedrijfstijden kunnen (scherp) bijgesteld worden, zonder dat het in bepaalde vertrekken te koud of te warm wordt. Bij een niet-geoptimaliseerde installatie kan dat niet, dan ontstaan klachten.

De gastechnische onderhoudsbeurt van installaties zou uitgebreid moeten worden met een regeltechnische. Zulke ondersteuning bij het beheer kan men vergelijken met de grote beurt van een auto. Ziet men daar voor een aantal jaar vanaf, dan kan de auto best nog wel rijden, maar minder comfortabel en met meer brandstofverbruik. Dat geldt ook hier. Het inregelen bespaart op het gasverbruik, maar de mate waarin is uiteindelijk afhankelijk van de wijze waarop de gebruikers met de installatie omgaan. Kiest men voor een hogere dag- of nachttemperatuur, en stelt men de bedrijfs- en vakantietijden niet jaarlijks bij, dan heeft dat behoorlijke negatieve gevolgen voor het gasverbruik.

Voor diegene die betrokken zijn bij de keuze van een nieuwe cv-installatie of bij renovatieprojecten, staan hier enkele algemene aanbevelingen:

- Kies bij het vervangen van een regelaar altijd voor een regelaar met optimalisering. Dit levert de minste comfortproblemen op, en een lager gasverbruik.
- Het mooiste is elke groep een eigen optimalisering. Er ontstaan s' nachts, afhankelijk van de windrichting, temperatuurverschillen binnen het gebouw. De oostvleugel zal bij oostenwind meer afkoelen dan de westvleugel, en bij westenwind is dat andersom. Met een eigen optimalisering per groep kan de installatie daar rekening mee houden door het aanwarmtijdstop per groep te variëren.
- Kies bij nieuwe installaties voor een gevelgeoriënteerde groepeenindeling. Om dezelfde reden als bovenstaand argument, maar in het geval van weersafhankelijke regelingen komt daar bij dat de binnentemperatuur overdag ook beter gehandhaafd kan worden, mits de buitenvoelers goed opgehangen zijn.
- Het afgevend vermogen moet ook aanwarmvermogen bezitten. Zorg dat er voldoende radiatoren geïnstalleerd wordt. Voldoende wil zeggen dat de installatie in staat is om één graad binnentemperatuur per uur te verwarmen.

Grote organisaties, die meerdere gebouwen beheren, kunnen overwegen om een energiebeheerder annex beleidsmedewerker aan te stellen. Uit het onderzoek bleek dat in het onderwijs veel meer gebruik werd gemaakt van geoptimaliseerde regelingen dan in de overige utiliteitsgebouwen, en ook stonden de nachttemperaturen gemiddeld lager ingesteld (3.2.2.5). Het besparingspotentieel bleek dan ook significant lager, vanwege het oorspronkelijke gasverbruik. De reden van dit verschil is vermoedelijk dat scholen onder het gemeentelijk beheer vallen, geleid door de energiecoördinator, terwijl de overige gebouwen het zelfstandig moesten doen.

Weersafhankelijke regelaars zouden een standaard nachtverlaging moeten hebben van 8°C, en niet zoals nu van 4°C. Gebruikers moeten dan actief bijstellen om een nachttemperatuur van 15°C te onderhouden. Nu is die instelling 'af fabriek'. De suggestie dat hoge nachttemperaturen goed zijn voor het gasverbruik wordt zo in ieder geval vermeden.

CV-optimaliseringstrajecten kunnen goed gecombineerd worden met projecten, waarbij geïnvesteerd wordt in nieuwe onderdelen of uitbreiding zoals een zonneboiler. Het besparingspotentieel van 23% uit dit onderzoek is zeker niet het maximaal haalbare. Het vervangen van ketels, waarmee een hoger rendement bereikt kan worden, of andere modernisering en zitten hier bijvoorbeeld niet in.

4.6 **Beschouwingen**

Hoe gecompliceerder het ontwerp, hoe moeilijker de installaties is in te regelen en te bedienen. Eenvoudige ontwerpen functioneren in dit onderzoek beter dan ingewikkelde evenknieën. Voorbeelden daarvan zijn:

→ Hoe minder typen warmte-afgevers, hoe beter het comfort

→ Twee gevelgeoriënteerde groepen scoren beter dan meerdere niet-gevelgeoriënteerde.

In deze optiek zijn de gebouwbeheerssystemen het beschouwen waard. Met een GBS wordt het beheer van de cv-installatie uitbesteed aan een inregelbedrijf, dat meestal via een vrij programmeerbare regelaar de setpoints vaststelt. Dat inregelbedrijf kan op elk moment van de dag de installatie uitlezen, en eventueel actie ondernemen. De voordelen zijn dus evident. Het ontlast de beheerder en een snelle controle is mogelijk.

Nadelen zijn er ook. Hoewel sommige regelaars ook vanaf de locatie te bedienen zijn, is dit voor een beheerder al gauw onbegonnen werk. Hij moet niet alleen deskundig zijn voor wat betreft zijn cv-installatie, hij moet dit ook nog kunnen abstraheren naar het niveau van een computer. Het is er dus complexer van geworden.

Ook de inregelbedrijven hebben het niet gemakkelijk. Zij hebben slechts een beperkte hoeveelheid informatie (alleen temperaturen van referentieruimten, en opmerkingen van de gebruikers) en moeten die vertalen naar de goede actie. Dan is het maar de vraag of het goed gebeurt. In ieder geval niet altijd. In onze praktijk kostte het bijvoorbeeld twee jaar om een optimalisering werkend te krijgen en dat roept vraagtekens op.

En tot slot wil de mogelijkheid dat er permanent controle uitgevoerd kan worden, niet zeggen dat dat ook gebeurt. Laatst waren we op een locatie waar drie van de vijf ketels in storting lagen, zonder dat er iets gebeurde. Maar het kan natuurlijk wel. Toen we anderhalf jaar geleden eens een ketel uitzetten om een beheerder iets te demonstreren, verscheen een half uur later de installateur. Daar werkte het controlesysteem perfect.

In dit onderzoek waren 7 gebouwen betrokken waarbij de bestaande installatie uitgebreid was met een gebouwenbeheersysteem. Nadat de installaties later ingeregeld waren bleek het resultaat niet beter dan bij traditionele installaties. Er werd niet minder gas bespaard, wat betekent dat ze bij aanvang van het optimaliseringstraject niet beter functioneerden als traditionele installaties, die op locatie bediend worden. Het is maar een beeld, maar het roept de vraag op of uitbreiding van een gebouwenbeheersysteem in de bestaande bouw vanwege milieu-overwegingen wel noodzakelijk is.

Tegenwoordig is de weersafhankelijke regelaar zonder optimalisering een opkomend fenomeen in huishoudelijke installaties. Opnieuw worden regelaars geplaatst, die 's nachts niet uit kunnen gaan, maar stoken volgens een verlaagde stooklijn. Zou het niet beter zijn om deze verplicht uit te rusten met een eenvoudige optimalisering, zodat de nachttemperatuur 's nachts onbeïnvloed kan dalen naar de minimale nachttemperatuur (net zoals een katalysator voor nieuwe auto's ook verplicht werd?).

Hoewel de huishoudelijke bedrijfstijden veel langer zijn dan in de utiliteitsgebouwen, en er dus minder gebruik gemaakt wordt van de nachtinstelling, lijkt het er toch sterk op dat deze vorm van regelen in de bestaande bouw opnieuw een flinke stijging van het gasverbruik teweeg zal brengen.

Bijlagen

Bijlage 1, Categorieën, factoren en waardes

Hieronder staan de verschillende categorieën, factoren, waarden en de betekenis daarvan. De ordening is precies in de volgorde als van de totale matrix. De linkerkolom geeft de code van de waarde, de middelste kolom de naam van de factor, en de rechter kolom geeft de betekenis van de waarde.







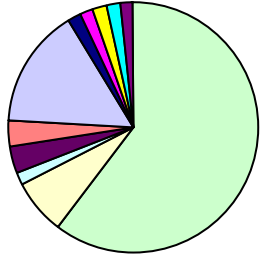
De afbeelding naast de kolom laat zien hoe de verdeling van de waardes is binnen één factor.

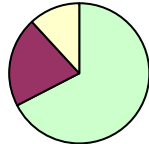
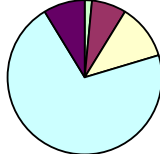




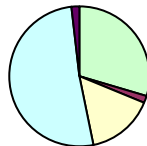
Categorie gebouweigenschappen

G10	leeftijd gebouw	<10 jaar		<ul style="list-style-type: none"> ■ G10 ■ G20 ■ G30 ■ G40 ■ G50 ■ G60
G20	leeftijd gebouw	10 - 20 jaar		
G30	leeftijd gebouw	20 - 30 jaar		
G50	leeftijd gebouw	30 - 50 jaar		
G60	leeftijd gebouw	> 50 jaar		
ZW	massa gebouw	zwaar		<ul style="list-style-type: none"> ■ ZW ■ MI ■ LI
MI	massa gebouw	middel		
LI	massa gebouw	licht		
TO	raamisolatie	tocht		<ul style="list-style-type: none"> ■ TO ■ META ■ EG ■ DUG ■ HR+G
META	raamisolatie	Metaalkozijn		
EG	raamisolatie	enkel glas		
DUG	raamisolatie	dubbel glas		
HRG	raamisolatie	Hr glas		
HR+G	raamisolatie	HR+glas		
PD	zonoriëntatie	plat dak		<ul style="list-style-type: none"> ■ NVT ■ PD ■ PDZ ■ ZON
PDZ	zonoriëntatie	plat dak + voeler zuid		
ZON	zonoriëntatie	voeler zuiden		
OOS	zonoriëntatie	voeler oosten		
GL10	glasoppervlak	< 10% glas		<ul style="list-style-type: none"> ■ GL10 ■ GL20 ■ GL30
GL20	glasoppervlak	10-20% glas		
GL30	glasoppervlak	20-30% glas		
GL40	glasoppervlak	30-40% glas		
GBS	bediening en beheer	Geb. beheerssysst.		<ul style="list-style-type: none"> ■ GBS ■ LOK
LOK	bediening en beheer	lokaal beheer		

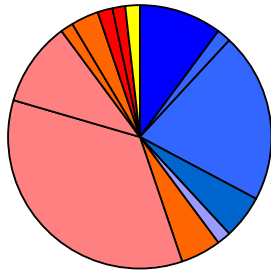
Categorie installatie-eigenschappen

K5	leeftijd ketel	< 5 jaar		<ul style="list-style-type: none"> ■ K5 ■ K10 ■ K15 ■ K20 ■ K25
K10	leeftijd ketel	5 - 10 jaar		
K15	leeftijd ketel	10 - 15 jaar		
K20	leeftijd ketel	15 - 20 jaar		
K25	leeftijd ketel	> 20 jaar		

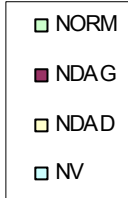
CON1	kenmerk ketel	Conventioneel + aantal		<ul style="list-style-type: none"> ■ CON ■ CONM ■ VR ■ VRM ■ HR ■ HRM ■ VRCO ■ HRVR ■ ST
VR2	kenmerk ketel	Vr-ketel + aantal		
HR2	kenmerk ketel	Hr-ketel + aantal		
HRM	kenmerk ketel	Hr-ketel modulerend		
VRCO	kenmerk ketel	VR + conv. Ketel		
HRVR	kenmerk ketel	Hr + Vr ketel		
ST	kenmerk ketel	stadsverwarming		
KEGR	ketelvermogen	groot		
KEKL	ketelvermogen	klein		
ENK	ketelopstelling	enkel		<ul style="list-style-type: none"> ■ ENK ■ CAS
CAS	ketelopstelling	cascade		
WAR	type ketelvoorregeling	WAR		<ul style="list-style-type: none"> ■ WAR ■ WABO ■ WART ■ WGR ■ WGRT
WABO	type ketelvoorregeling	WAR + boiler		
WART	type ketelvoorregeling	WAR + retourbegrenzing		
WGR	type ketelvoorregeling	warmtevraag uit groep		
WGBO	type ketelvoorregeling	WGR + boiler		
WGRT	type ketelvoorregeling	WGR + retourbegrenzing		
DI	circuitdirect		<ul style="list-style-type: none"> ■ DI ■ IND 	
IND	circuitindirect			
EP	leidingwerk	éénpijps		<ul style="list-style-type: none"> ■ EP ■ TP ■ ETP
TP	leidingwerk	tweepijps		
ETP	leidingwerk	combinatie een- en tweepijps		
GR1	eigenschap groepen	1 groep		<ul style="list-style-type: none"> ■ GR1 ■ GR2 ■ GMW ■ GMG
GR2	eigenschap groepen	2 groepen		
G2G	eigenschap groepen	2 groepen gevelgeoriënt.		
GMW	eigenschap groepen	meer groepen willekeurig		
GMG	eigenschap groepen	meer groepen gevelgeor.		
RAD	warmte-afgevers	radiatoren		<ul style="list-style-type: none"> ■ RAD ■ CONV ■ RACO ■ RCST ■ RAVL ■ RLST ■ LUB ■ RALU ■ COLU ■ RCLU ■ RVLU ■ HEA ■ RAHE
CONV	warmte-afgevers	convectoren		
RACO	warmte-afgevers	radiatoren + convectoren		
COS	warmte-afgevers	conv. + stralingsplafond		
RCST	warmte-afgevers	rad.+ conv.+ stralingsplaf.		
RAVL	warmte-afgevers	rad.+ vloerverwarming		
RLST	warmte-afgevers	rad.+ lucht.+ stralingsplaf.		
LUB	warmte-afgevers	luchtbehandeling		
RALU	warmte-afgevers	rad. + luchtbehandeling		
COLU	warmte-afgevers	conv. + luchtbeh.		
RCLU	warmte-afgevers	rad. + conv. + luchtbeh.		
RVLU	warmte-afgevers	rad.+ vloerverw.+ luchtbeh.		
HEA	warmte-afgevers	heaters		
RAHE	warmte-afgevers	radiatoren en heaters		

GRO	vermogen warmte-afgevers	groot		<ul style="list-style-type: none"> NORM GRO KLE
KLE	vermogen warmte-afgevers	klein		
TH	type regeling	thermostatisch		<ul style="list-style-type: none"> TH WANA WANU WAOP WOPZ
THOP	type regeling	thermost. + geoptimaliseerd		
WANA	type regeling	WAR + nachtverlaging		
WANU	type regeling	WAR + nachtv. + uit		
WAAD	type regeling	WAR + adaptief		
WAOP	type regeling	WAR + optimalisatie		
WOPZ	type regeling	WAR + opt. zonder voeler		
R5	leeftijd regelaar	0-5 jaar		<ul style="list-style-type: none"> R5 R10 R15 R20
R10	leeftijd regelaar	5-10 jaar		
R15	leeftijd regelaar	10-15 jaar		
R20	leeftijd regelaar	meer dan 15 jaar		
DEF	staat van de regelaar	defect		<ul style="list-style-type: none"> NORM DEF
REP	kenmerk binnenvoeler	represent.		<ul style="list-style-type: none"> REP NREP SLCO
NREP	kenmerk binnenvoeler	niet repres.		
SLCO	kenmerk binnenvoeler	slecht cont.		
GEV	kenmerk buitenvoeler	gevelgeoriënteerd		<ul style="list-style-type: none"> GEV VGEV NOZ
VGEV	kenmerk buitenvoeler	verkeerd gevels		
NOZ	kenmerk buitenvoeler	noordzijde		
AZIJ	kenmerk buitenvoeler	andere zijde		
LOCO	kenmerk buitenvoeler	slecht contact		
THE	naregeling vertrekken	thermostaatkr.		<ul style="list-style-type: none"> THE TWI RA RATH ZORA
TWI	naregeling vertrekken	twintherm		
RA	naregeling vertrekken	radiatorkraan		
RATH	naregeling vertrekken	rad. + thermostaatkr.		
RTHZ	naregeling vertrekken	rad. + thermokr.+ zone		
ZORA	naregeling vertrekken	zoneregeling + radiatorkranen		

Categorie nachttemperatuur

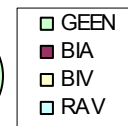
N10	instelling temperatuur 's nachts	< 10 C		<ul style="list-style-type: none"> N10 NV10 N12 N13 NV6 NV5 N15 NV4 NV3 N17 N18 N20 WIS
N12	instelling temperatuur 's nachts	10 -12 C		
N15	instelling temperatuur 's nachts	13 -15 C		
N17	instelling temperatuur 's nachts	15 -17 C		
N18	instelling temperatuur 's nachts	> 17 C		
WIS	instelling temperatuur 's nachts	handmatig		
NV5	instelling temperatuur 's nachts	nachtverl. van 5 °C		
NV10	instelling temperatuur 's nachts	nachtverl. van 10 °C		

NDAG	Bijzonderheden 's nachts	s' nachts op dagniveau
DDAG	Bijzonderheden 's nachts	deel 's nachts op dagniveau
NV	Bijzonderheden 's nachts	's nachts bij vorst op dagniveau



Categorie Reparaties

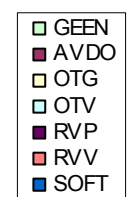
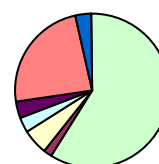
BIV	maatregel binnenvoeler	voeler verhangen
BIA	maatregel binnenvoeler	voeler aansluiten
RAV	maatregel binnenvoeler	knoppen in ref.ruimte verwijderd



BUV	maatregel buitenvoeler	voeler verhangen
BUA	maatregel buitenvoeler	voeler aansluiten

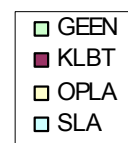


RVP	maatregel regelaar	regelaar verplaatst
RVV	maatregel regelaar	regelaar vervangen
OTG	maatregel regelaar	overwerktimer geplaatst
OTV	maatregel regelaar	overwerktimer vervangen
SOFT	maatregel regelaar	softwarematige aanpassing
AVDO	maatregel regelaar	veerbelaste klep plaatsen



Categorie Regeltechnische maatregelen

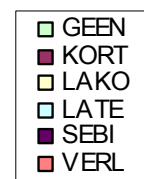
KHO	beïnv. temp. Prim.circ.	ketelthermostaat verhoogd
OPLA	beïnv. temp. Prim.circ.	offset primair circuit verlaagd
KLBT	beïnv. temp. Prim.circ.	klok boilerthermostaat
SLA	beïnv. temp. Prim.circ.	stooklijn primair circuit verlaagd



ATLE	beïnv. aanwarmen	max. aanwarmtijd verlengd
ATKO	beïnv. aanwarmen	max. aanwarmtijd verkort
APLA	beïnv. aanwarmen	opstookpercentage verlaagd
ATHO	beïnv. aanwarmen	aanwarmtemperatuur verhoogd.
ATLA	beïnv. aanwarmen	aanwarmtemperatuur verlaagd.
UIT	beïnv. aanwarmen	aanwarmen uit



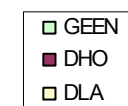
VR	beïnv. bedrijfstijden	vervroegd
LATE	beïnv. bedrijfstijden	verlaat
VERL	beïnv. bedrijfstijden	verlengd
KORT	beïnv. bedrijfstijden	verkort
SEBI	beïnv. bedrijfstijden	seizoensgebonden instelling
LAKO	beïnv. bedrijfstijden	verlaat en verkort

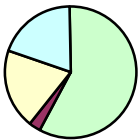



HOGЕ	instelling stooklijn dag	verhoogd
LAGE	instelling stooklijn dag	verlaagd




DHO	Gew. temp. begin bedrijfstijd	verhoogd
DLA	Gew. temp. begin bedrijfstijd	verlaagd




VUU	thermostatische ingreep dagtemp. vervroegd uit op nul gezet			<ul style="list-style-type: none"> GEEN RCHO RCUI VUU
-----	---	--	---	---

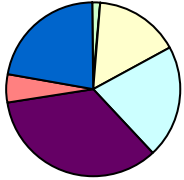
LAG	beïnv. stooklijn 's nachts	verlaagd		<ul style="list-style-type: none"> GEEN LAG NUIT SUIT
NUIT	beïnv. stooklijn 's nachts	uit		
SUIT	beïnv. stooklijn 's nachts	voor en na seizoen uit		


NHO	instelling nachttemperatuur	verhoogd		<ul style="list-style-type: none"> GEEN NLA
NLA	instelling nachttemperatuur	verlaagd		


RHO	instelling ruimtevoeler correctie	verhoogd		<ul style="list-style-type: none"> GEEN RHO RLA
RLA	instelling ruimtevoeler correctie	verlaagd		


KOR	instelling wandcompensatie	verkort		<ul style="list-style-type: none"> GEEN KOR
LE	instelling wandcompensatie	verlengd		

Categorie Resultaten

P10	behaalde energiebesparing	5 - 10%		<ul style="list-style-type: none"> P05 P10 P15 P20 P25 P30 P35
P15	behaalde energiebesparing	10 - 15%		
P20	behaalde energiebesparing	15 - 20%		
P25	behaalde energiebesparing	20 - 25%		
P30	behaalde energiebesparing	25 - 30%		
P35	behaalde energiebesparing	30% of meer		

WEL	gasbesparing gemeten?	gemeten		<ul style="list-style-type: none"> WEL NIET
NIET	gasbesparing gemeten?	geschat		

S10	geschatte energiebesparing	5 - 10%		<ul style="list-style-type: none"> S05 S10 S15 S20 S25 S30 S35
S15	geschatte energiebesparing	10 - 15%		
S20	geschatte energiebesparing	15 - 20%		
S25	geschatte energiebesparing	20 - 25%		
S30	geschatte energiebesparing	25 - 30%		
S35	geschatte energiebesparing	30% of meer		

GOED	eindresultaat comfort	goed		<ul style="list-style-type: none"> GOED VB BEH
VB	eindresultaat comfort	verbeterd		
BEH	eindresultaat comfort	beheersbaar		