

Koeling in datacenters kan veel efficiënter

Rob van Mil

De CO₂-uitstoot van de IT-industrie en internet is bijna net zo groot als die van al het vliegverkeer in de wereld. De alsmaar groeiende energieconsumptie in de IT-wereld komt niet alleen voor rekening van de hardware, maar steeds meer voor de koeling ervan. Innovatie van datakoeling zorgt voor energiebesparing, zoals het koelconcept Kyoto-koeling dat voor het eerst is toegepast door Getronics en KPN.

Onderzoek van het internationale advies- en onderzoeksbedrijf Gartner toont aan dat de energieconsumptie in de IT-industrie een enorme omvang aanneemt. Een gemiddeld datacenter gebruikt de stroom van een middelgrote stad. En de hoeveelheid dataverkeer via internet verviervoudigt elke twee maanden. Bovendien maken de energiekosten een steeds groter deel uit op de exploitatierekening van IT-bedrijven. En de energieprijzen stijgt gestaag verder. Bang voor hun imago, in een maatschappij die steeds bewuster wordt van de gevaren van klimaatverandering, schakelen veel IT-bedrijven over op groene stroom.

Klimaatneutrale webhosting is inmiddels meer dan een trend. Dit verbloemt echter dat IT-bedrijven, en datacenters in het bijzonder, nog altijd veel energie verbruiken, want duurzame energie is evenmin gratis. De opwekking van duurzame elektriciteit doet ook een beroep op kostbare grondstoffen en arbeid. Om echt maatschappelijk verantwoord bezig te zijn, zullen bedrijven moeten zoeken naar manieren om het energiegebruik te reduceren, zonder de kwaliteit van dienstverlening te hoeven inperken. Getronics en KPN zijn hierin momenteel belangrijke stappen aan het zetten. Beide bedrijven hebben afgelopen jaar een innovatief en nieuwe koelsysteem beproefd dat tot een sterke reductie van de benodigde energie leidt.

Volgens het adviesbureau Uptime Technology, dat het koelconcept samen met Getronics, Hamer Installatietechniek en Horos ontwikkelde en nu ook breder op de markt wil gaan brengen, is het een nog nergens toegepast concept. Niet alleen in Nederland, maar wereldwijd bestaat inmiddels enorme belangstelling voor deze vorm van koeling. De kern van het systeem is dat de installatie gedurende ongeveer negen maanden per jaar met 'gratis' koude buitenlucht het datacenter kan koelen.

ENERGIE- EN WATERGEBRUIK

'In een conventioneel datacenter staan vele rack- en blade-servers opgesteld in een ruime hal waarin over het algemeen koude lucht van onderaf en soms van bovenaf wordt ingeblazen. Vrijwel altijd zijn het conventionele koelinstalla-

ties die de koude lucht produceren. De warme lucht wordt afgezogen en door waterkoelers afgekoeld. Dit kost, behalve energie, vaak ook nog water', vertelt Ruud van Loon van Getronics PinkRoccade. 'In ons bedrijf hebben wij zes datacenters, waarvan drie grote en drie kleinere. In 2006 zijn wij via een driejarenplan begonnen om de grote datacenters te vernieuwen en te vergroten. Wij zien namelijk een zeer sterke groei van het energiegebruik van de servers die wij in de datacenters opstellen. De afgelopen twintig jaar hadden wij aan een energiegebruik van 250 W/m² ruim voldoende capaciteit. Maar in de afgelopen paar jaar is dit erg snel gestegen. We zitten nu al op 1200 W/m² en dit zal binnen korte tijd nog een keer verdubbelen. Dit komt doordat de elektronica ineens veel kleiner is geworden, waardoor er veel meer chips per vierkante meter in datacenters worden geplaatst.'

Al die toegenomen intelligentie per vierkante meter produceert ook veel meer warmte. De koelcapaciteit moet daarom evenredig meegroeien. 'In feite moeten we alle elektrici-



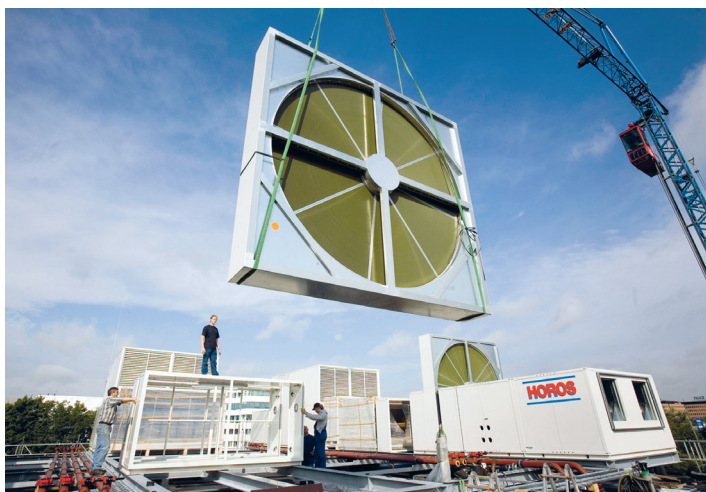
1. Luchtbehandelingskasten en gekoeldwaterleidingen op het dak van Getronics PinkRoccade in Amsterdam.

teit die we in een datacenter stoppen, als warmte wegkoelen. In onze grote datacenters, van 1.000 m², met een energievraag van momenteel 1.200 m², moeten wij dus in totaal 1,2 MW aan warmte wegkoelen', zegt Van Loon. Het is echter niet uitsluitend het nieuwe koelsysteem, door Uptime Technology KyotoCooling genoemd, dat de behoefte aan koelvermogen in de bestaande datacenters van Getronics heeft verlaagd. Van Loon vertelt dat er een andere, belangrijke bouwkundige ingreep aan vooraf ging.

KOUDE EN WARME STRAATJES

'De opstelling van servers in een datacenter is jarenlang, vanuit koelooipunt, tamelijk ineffectief geweest. Dit betekende bijvoorbeeld dat we de hele ruimte moesten koelen. Omdat warme lucht omhoog gaat, moesten we koude lucht, die wij van bovenaf inbliezen, een temperatuur van zo'n 14 °C geven omdat deze lucht, onderweg naar beneden, al vrij snel opwarmde. Ongeveer vijf jaar geleden begon het idee post te vatten dat het effectiever zou zijn de voorkanten van de servers tegenover elkaar te zetten, zodat automatisch ook de achterkanten tegenover elkaar stonden. Zo ontstonden in de hal warme en koude straten. De apparatuur onttrekt nu haar koellucht vanuit de koude straat. Door deze koude straten aan de bovenkant en de kopse kant fysiek af te schermen, en de inblaasopeningen vanaf het dak te verlengen tot in de koude straten, zijn er geen problemen meer met mengtemperaturen. De inblaas temperatuur van de koele lucht kan nu 5 tot 10 graden hoger liggen dan in de conventionele situatie. Hierdoor is het temperatuurverschil veel kleiner, zodat de installatie minder hoeft terug te koelen. Deze maatregel op zichzelf levert al een forse energiebesparing.'

Daarna komt de tweede stap, vertelt Van Loon. 'Omdat wij door deze bouwkundige ingreep met een hogere inblaas temperatuur kunnen volstaan, kwam ineens buitenlucht als koelmedium in beeld. Bij die tweede stap koelen we de luchtstroom die uit de computerzaal komt op het dak in een luchtbehandelingskast direct met de buitenlucht. Dit gebeurt via een warmtewisselaar in de vorm van een wiel, zodanig dat de beide luchtstromen niet met elkaar in aanraking komen. In veel luchtbehandelingskasten wordt zo'n warmtewiel al gebruikt, maar dan voor warmteterugwinning. Wij hebben de functie van het wiel feitelijk omgekeerd, zodat het een koudewiel wordt. Hiermee realiseren we een besparing van minimaal 75 procent op het jaarverbruik van elektriciteit, ten opzichte van totale koeling met compressiekoelmachines. Voor de warme maanden in het jaar is aanvul-



2. Het warmtewiel van 4 m doorsnede wordt op het dak gehesen. Op de voorgrond Henk Veldwijk van Bulters & Bulters en op de achtergrond staat Ruud van Loon van Getronics PinkRoccade.



3. In een afgesloten 'cold corridor' kan met hogere temperaturen worden gekoeld.

lende koeling nodig. Dit kan in de vorm van compressiekoeling, maar we kunnen deze ook volledig uitbannen door koude uit bodembronnen in te zetten.'

Volgens Mees Lodder van Uptime Technology is het koelen met buitenlucht hét uitgangspunt van het concept KyotoCooling, waarmee zijn bedrijf de markt opgaat. Getronics PinkRoccade benadrukt dat dit een variant is op het concept dat bij hen is gerealiseerd. Op het concept, inclusief de specifieke technologische engineering, heeft Uptime Technology inmiddels octrooi aangevraagd. Zowel Lodder als Van Loon verwachten dat het concept met de warme en koude straten én de koeling met buitenlucht, de zogenoemde tweetrapsraket, een kostenbesparing op koeling van minimaal vijftig tot zeventig procent zal opleveren.

EERSTE PRAKTIJKERVARINGEN

Hamer Installatietechniek uit Apeldoorn heeft dit nieuwe koelconcept inmiddels in het datacenter van Getronics

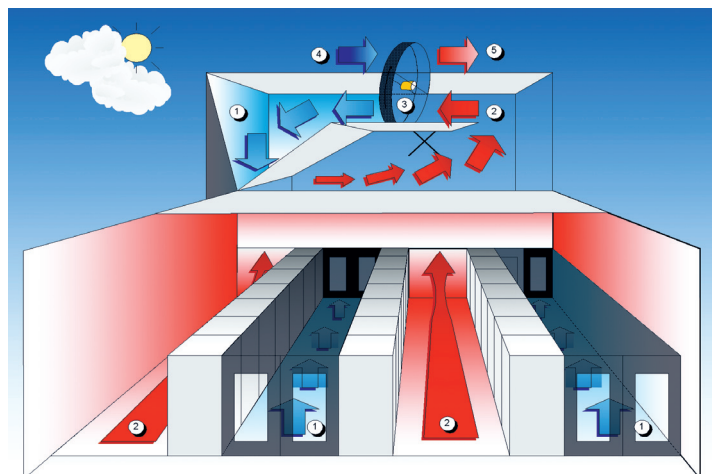
PinkRocade in Amsterdam aangelegd en ook bij het datacenter van Getronics in Apeldoorn zijn ze met de installatie bezig. 'Technisch gezien is dit koelsysteem niet ingewikkeld. De grootste uitdaging zit hem in de aanleg van het systeem in een volledig operationeel datacenter. Je kunt hier niet even de stroom afschakelen of de ventilatietoevoer afsluiten. Het datacenter moet zeven dagen per week, 24 uur per dag

Kyoto-koeling

Traditionele datakoeling is gebaseerd op koelsystemen die zijn opgesteld in de computerruimte. De gekoelde lucht wordt gecirculeerd in de ruimte. Met het stijgende opgesteld computervermogen nemen de luchthoeveelheden fors toe. De luchttemperatuur ligt op circa 14°C. Bij deze systemen is het eveneens mogelijk om vrije koeling te benutten. Hiervoor is, vanwege de lage luchttemperatuur, lage buitenluchttemperaturen nodig. In het Nederlandse klimaat kan hier circa 25 procent van de tijd vrije koeling worden toegepast.

Bij het Kyoto-koelsysteem kan, door koudestraten te creëren en de inblaas te wijzigen, de inblaasluchttemperatuur fors hoger liggen, circa 5 tot 10°C. Hierdoor wordt het percentage vrije koeling fors hoger. Al beneden de 17°C buitenluchttemperatuur is vrije koeling mogelijk. Hierdoor, en door de koudeterugwinning via de warmtewielen is het besparingspercentage 50 tot 70 procent. Het van belang dat alle onderdelen van het concept op elkaar zijn afgestemd om deze besparingen te kunnen realiseren. Overigens moet ook bij Kyoto-koeling het totale benodigde vermogen voor mechanische koeling worden opgesteld.

Een ander voordeel van dit concept is de modulaire opbouwbaarheid. Moderne datacenters worden ook modulair opgebouwd. Zo bouwt KPN op dit moment een datacenter met zestig koelcellen met elk een vermogen van 500 kW. Deze worden gefaseerd in gebruik genomen. Per koelcel wordt nu een kyoto-koelsysteem geïnstalleerd.



kunnen blijven opereren. Wij hebben daarom heel veel voorbereidingen moeten treffen in de vorm van noodvoorzieningen', vertelt Wout Schaap van Hamer Installatietechniek. Volgens Schaap, die met zijn bedrijf een flinke bijdrage heeft geleverd aan de ontwikkeling van het concept, is er veel interesse bij andere eigenaren van datacenters. 'Ik heb al met diverse andere partijen in Nederland gesprekken gevoerd. Een energiebesparing van zeker zeventig procent spreekt bij iedereen enorm tot de verbeelding.' Schaap verwacht dat zijn bedrijf de komende jaren flink wat opdrachten in het vooruitzicht heeft. Vooral in bestaande datacenters ziet hij een voorname rol weggelegd voor Hamer Installatietechniek. 'Zeg nu zelf; het is een enorme technische uitdaging om een dergelijke installatie in een bestaand datacenter aan te leggen.'

Bij de bouw van de installatie in Amsterdam heeft Hamer samengewerkt met het adviesbureau Bulters & Bulters en toeleverancier Horos. De koudewielen zijn gebouwd door Klingenburg, een internationaal leverancier en fabrikant van systemen voor energierugwinning.

Uptime Technology richt zich momenteel vooral op nieuwbouwprojecten en heeft bovendien contacten met internationale klanten. Ze heeft voor KPN in Amersfoort al een installatie van het concept KyotoCooling gebouwd, vooral bedoeld om de werking te laten zien en ervaring op te doen. Bij dit datacenter hebben ze een koudewiel van 6 m doorsnede geplaatst dat in gescheiden luchtcorridors zijn werk doet. Dit koudewiel heeft een capaciteit van 600 kW. Juist de omvang van dit wiel maakt dat deze voor nieuwbouw wel en voor bestaande bouw niet geschikt is. Bij Getronics zijn dan ook meerdere koudewielen van een kleinere diameter geplaatst.

Als de tests voor KPN overtuigend genoeg zijn – 'en daar ziet het zeker naar uit', zegt Lodder – dan wil KPN de techniek in drie nieuw geplande datacenters toepassen die het bedrijf in Amsterdam (25.000 m²), Eindhoven (7.000 m²) en Haarlem (15.000 m²) gaat bouwen. De potentiële energiebesparing is daarmee enorm. Een concrete en realistische rekensom toont aan dat een datacenter van 1.000 m² met een conventioneel koelsysteem jaarlijks zo'n 13 GWh elektriciteit voor koeling gebruikt. Met KyotoCooling wordt dit tot 2 GWh teruggebracht. Dit is een besparing op de energierekening van 800.000 euro en een reductie van de CO₂-uitstoot met 6 tot 7 Kton/jr.

Auteur:

Rob van Mil



FOTO: MARK HORN

Pedro Matser

‘Wij koelen in China een datacentrum dat net zo groot is als alle Nederlandse samen’

Charlotte Waaijers

Pedro Matser, designer bij KyotoCooling, ontwikkelde een systeem om datacentra goedkoper te koelen: met buitenlucht.

Midden op zee plotseling een gat in een schip moeten dichtten: dat prikkelt je creativiteit. Als technicus op een schip leerde ik nieuwe oplossingen te bedenken voor problemen die we onderweg tegenkwamen. Die ervaring kwam mij goed van pas toen Getronics in 2005 een energiezuinige oplossing voor de koeling van zijn datacentrum zocht.

Wereldwijd wordt 2,5% van alle energie verbruikt in datacentra. De helft daarvan is nodig voor de koeling van de computers. Die warmen op als ze actief zijn. Weinig mensen beseffen dat voor een simpele handeling op je smartphone een hele batterij aan pe's in een datacentrum staat te loeien.

Om oververhitting van zijn computers te voorkomen gebruikte Getronics het standaardstelsel. Een soort omgekeerde radiator die met koud water de lucht

in datacentra koelt. Voor het inschakelen van 1 kWh aan computers was 1,5 kWh aan koelenergie nodig. Dat moest naar beneden. Met drie andere ondernemers ontwikkelde ik het idee om de bestaande airconditioningmethode om te draaien en uit te breiden.

De techniek achter ons warmtewiel is even eenvoudig als doeltreffend. In een ruimte tussen het datacentrum en de buitenmuur van het gebouw zuigen ventilatoren koude lucht aan van buiten, die we gebruiken om de opgewarmde lucht binnen te koelen. Een muur in het midden van de ruimte scheidt beide luchtstromen, zodat vocht en vuil van buiten niet bij de computers komen.

Dwars door een sleuf in die muur draait een groot wiel door beide ruimtes. Het wiel is bekleed met een dun laagje aluminium, met een totaaloppervlak zo groot als een voetbalveld. De buitenlucht koelt een deel van het wiel, dat draait door de muur en vervolgens koelt dit aan de andere kant de warme binnenlucht. Ventilatoren zorgen voor de luchtcirculatie in het datacentrum. Met onze methode is alleen energie nodig voor de aandrijving van het wiel en de ventilatoren, mits het buiten niet warmer dan achttien graden is. Bij hogere temperaturen schakelen we ook een mechanische koeler in.

Toen ik dit idee doorrekende, kwam ik erachter dat we zo 90% van de koelenergie konden besparen. KPN gaf ons een miljoen om het idee verder te ontwikkelen. In 2007 bouwden we in Amersfoort een prototype. Daar hebben we veel sceptici over

de vloer gehad, die verklaarden waarom ons koelingsysteem in theorie niet zou werken. Bij ons voelden ze vervolgens hoe koud het in het datacentrum was. Dan gingen ze op hun knieën onder de installatie zoeken naar een mechanische koeler.

In Amersfoort konden we veel internationale contacten opdoen. Met andere uitvinders besloot ik een eigen bedrijf te beginnen en ons systeem de internationale markt op te brengen. Want het mondiale energieverbruik van datacentra zal de komende jaren alleen maar toenemen. Inwoners van landen met opkomende economieën als Rusland, China en Brazilië kopen massaal smartphones, tablets en computers. Op dit gebied kan enorm bezuinigd worden.

We richtten KyotoCooling op, een verwijzing naar het Kyoto-protocol. Ons warmtewiel hebben we gepatenteerd en we investeerden ruim vijf ton in projecten in de VS en Canada. Vorig jaar haalden we een omzet van € 12 mln en inmiddels staat onze koeler in datacentra op alle continenten. In China gaan we een datacentrum koelen met een oppervlak van 100.000 m², net zo groot als alle Nederlandse centra bij elkaar.

Op dit moment besparen wij wereldwijd evenveel als 120.000 Nederlandse huishoudens zouden verbruiken. Mochten we de lijn van de afgelopen jaren doorzetten, dan zal onze omzet elk jaar verdubbelen. Het zou fantastisch zijn als we over tien jaar een kwart van de internationale markt in handen hebben.

**Sceptici op de knieën
'Sommigen zeiden dat het niet zou werken. Dan voelden ze hoe koud het was en gingen ze zoeken naar een koeler'**

Aluminium als natuurlijk koudemiddel rendabel



THEMA

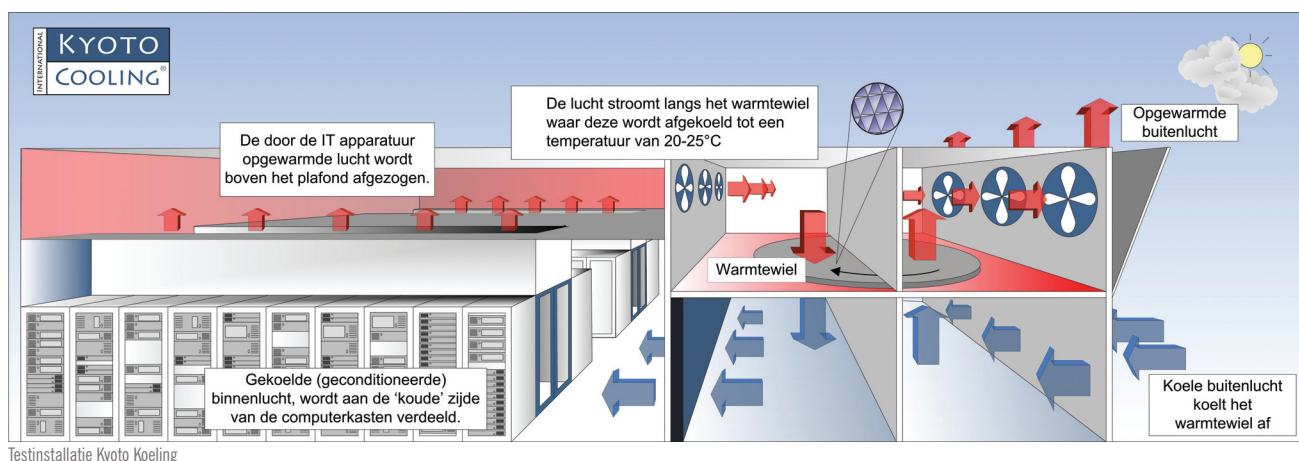
Koeling van datacentra in de gehele wereld is de grootste kostenpost na de elektriciteitskosten van de IT hardware zelf. In Nederland is door UpTime Technology een nieuwe koelmethode bedacht en ontwikkeld, die deze koelkosten met meer dan tachtig procent reduceert ; een verlaging van de gehele energierekening van elk datacentrum met 30 procent. De besparing is groen: alle KWh besparing betekent een directe verlaging in CO₂-uitstoot.

De besparing wordt gerealiseerd door het gebruik van de klassieke koelmachines terug te dringen. Het

datacentrum wordt hoofdzakelijk door een lucht/luchtwisselaar met buitenlucht direct koel gehouden. UpTime Technology heeft haar gepatenteerde concept KyotoCooling genoemd. Tot een buitenluchttemperatuur van 22 °C wordt zonder enige vorm van compressiekoeling het datacentrum op temperatuur gehouden. Dit is in Nederland 97 procent van het gehele jaar. Gedurende de resterende drie procent zal het datacentrum hoofdzakelijk door KyotoCooling worden gekoeld, waarbij compressiekoeling aanvullend wordt ingezet. In 2006 raakte KPN geïnteresseerd in de mogelijkheden van de nieuwe technologie voor toekomstige inzet in haar

Cybercenters. In het samenwerkingsproces tussen KPN en UpTime werd besloten door KPN dat een testinstallatie op ware grootte noodzakelijk was om definitief te besluiten voor de nieuwe technologie. Het KyotoCooling proces is in de door KPN, met subsidie van SenterNovem, gebouwde testinstallatie in 2007/2008 getest en gedemonstreerd.

In de afbeelding is het roterende warmtewiel zichtbaar. Dit wiel haalt de voelbare warmte uit het datacentrum en draagt dit over aan de buitenlucht. Het aluminium van het warmtewiel is het koelmiddel; het aluminium wordt opgewarmd door de warme retourlucht



van het datacentrum en daarna, nadat het wiel een halve slag is gedraaid, weer afgekoeld door de buitenlucht. Velen kennen het warmtewiel als warmtewinsysteem voor luchtverversingsinstallaties in kantoren en gebouwen. In deze nieuwe toepassing is het warmtewiel een koelmachine geworden. Het totale concept van KyotoCooling bestaat uit twee stappen: fysieke scheiding van de warme retourlucht en de koele aanvoer koellucht op de computerzaal en de koeling van de warme retourlucht tot koude aanvoerlucht door het warmtewiel.

Fysieke scheiding

Op dit moment worden op de meeste computerzalen de systeemkasten, waarin de IT-apparatuur is opgesteld, met de achterkanten naar elkaar toe geplaatst. Hierdoor is voorkomen dat de

warme retourlucht van de achterkant van de systeemkast in de aanzuigzijde van de volgende rij systeemkasten kan stromen. De warme retourluchtstromen komen beide uit in dezelfde tussenruimte; de warme gang of wel Hot Aisle. De voorzijdes van de systeemkasten staan uiteraard ook tegenover elkaar, waardoor een koude gang of wel Cold Aisle ontstaat.

Hierdoor is nog niet voorkomen dat de warme retourlucht zich op enige wijze met de koele aanvoerlucht mengt en vice versa. Deze beide effecten treden op met als gevolg dat lokaal (in de systeemkast) de koeling verslechterd. Dit zorgt voor ontoelaatbare hoge temperaturen bij de IT-hardware.

Voor de koelunit op de computerzaal betekenen deze effecten dat de verschiltemperatuur tussen koudeaanvoer en warme retourlucht daalt. Hierdoor

daalt de beschikbare koelcapaciteit van de koelunits vaak dramatisch. Door het bovenstaande is het "open" Hot & Cold Aisle principe beperkt in het maximale vermogen dat per systeemkast kan worden gekoeld. In de praktijk blijkt dit vermogen juist steeds verder te stijgen. Hierbij is 10 – 20 kWatt nu al geen bijzonderheid meer voor meerdere datacentra.

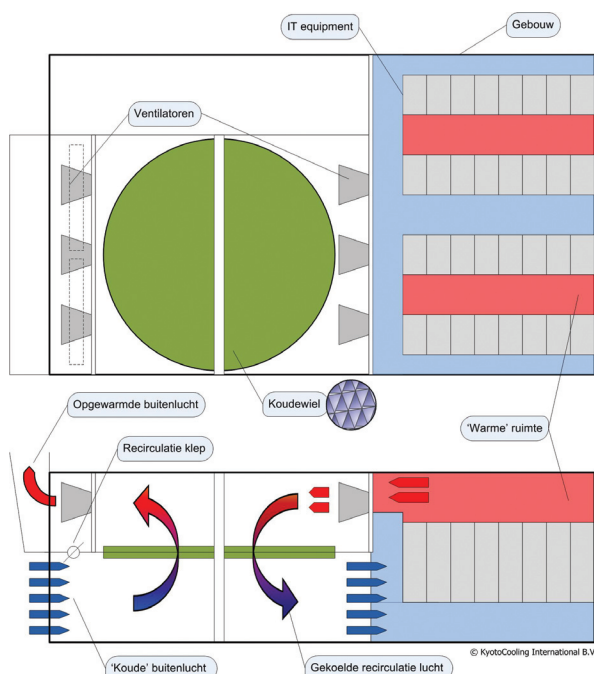
Een volgende stap in de ontwikkeling van Hot Aisle / Cold Aisle is het volledig fysiek scheiden van de warme- en koudegang.

In de praktijk: bouw een dak op de koudestraat en sluit ook de kopse kanten van de rijen (toegang via deuren). De koudestraat is nu volledig geïsoleerd van de rest van de computerzaal. Daarnaast worden alle systeemkasten met behulp van blindplaten en strips aan de voorzijde volledig afgesloten. Let wel, de aanzuigopeningen van de servers zijn uiteraard wel open. De via de vloerroosters ingeblazen koellucht wordt nu alleen nog via de aanzuigopeningen van de servers afgevoerd. Hiermee is bypass airflow van de koellucht en recirculatie van warme retourlucht uitgesloten.

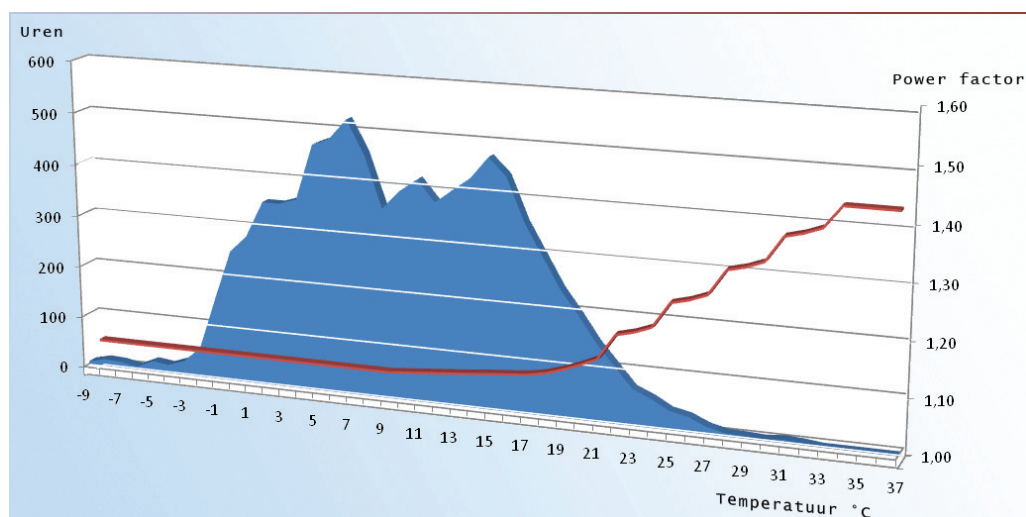
In de Cold Corridor is de temperatuur van de koellucht van vloer tot aan bovenkant van de systeemkast constant. Alle apparatuur krijgen dus koellucht met een zelfde, constante temperatuur. De koellast van de corridor is nu alleen nog afhankelijk van de aangeboden hoeveelheid koellucht, die goed te besturen is. Vloerroosters in aantal en de positionering hiervan is niet meer bepalend voor een optimaal koelresultaat. De warme gang, weliswaar niet afgesloten, wordt merkbaar warmer; 32-37°C is normaal. Deze temperatuur is hoger dan voorheen, omdat de koellucht zich niet langer mengt met de warme retourlucht (geen bypass airflow).

In principe biedt de fysieke scheiding een oneindige capaciteit tot koeling. De systemen zuigen zelf de benodigde koellucht aan en deze is van een optimale gelijke temperatuur; de IT-hardware wordt perfect gekoeld.

Op de KyotoCooling testlocatie in Amersfoort is een systeemkast met 100 kW aan warmtelast opgesteld. Door de fysieke scheiding wordt de apparatuur in de systeemkast perfect gekoeld en is er geen enkele overlast naar de andere



Hot and cold aisle



Figuur2: De rode lijn geeft het energieverbruik van het KyotoCooling proces aan, afhankelijk van de buitenluchttemperatuur

systeemkosten. Deze hebben een lager IT vermogen.

Cellen

De traditionele computairs of recirculatie-units op een computervloer worden vervangen door koelunits op basis van een warmtewiel, of beter 'koudewiel'. Deze koelunits, zogenoemde KyotoCooling Cellen, worden centraal, buiten de computerzaal, opgesteld en verzorgen de recirculatie van lucht op de computerzaal en koeling aan de buitenlucht middels een koudewiel. Het principe is weergegeven in figuur 1. Via een ventilator wordt buitenlucht over het (langzaam) draaiende koudewiel geleid. Het wiel wordt afgekoeld door de buitenlucht. Het afgekoelde wiel wordt al draaiend in contact gebracht met de warme retourlucht vanuit de computerruimte en koelt af deze naar de gewenste temperatuur. Er

is dus scheiding tussen recirculatielucht van de computerzaal en de buitenlucht. Het elektrisch gebruik voor deze wijze van koelen bedraagt een fractie van compressiekoeling en is zelfs fors lager dan de bestaande vrije koeling (glycol systemen). Het proces van koeling met een koudewiel functioneert alleen met een positief verschil tussen de koude buitenlucht en koellucht. Bij optimale instelling van de luchtstromen door en de draaisnelheid van het warmtewiel is een 3 - 4 °C lagere buitenluchttemperatuur voldoende om het datacentrum te koelen.

Bij een maximale toelaatbare koelluchttemperatuur van 27 °C is bij maximale koellast de maximale buitenluchttemperatuur dus 23 - 24 °C. In Nederland betekent dit dat de inzetbaarheid van het koudewiel meer dan 97 procent van het jaar bedraagt.

Wanneer de temperatuur van de bui-

tenlucht te hoog wordt om voldoende koeling te kunnen leveren, wordt de in de KyotoCooling Cel opgestelde DX koeling gestart en deze koelt, via een verdampingsblok, de te warme lucht komend vanaf het warmtewiel tot de gewenste waarde af.

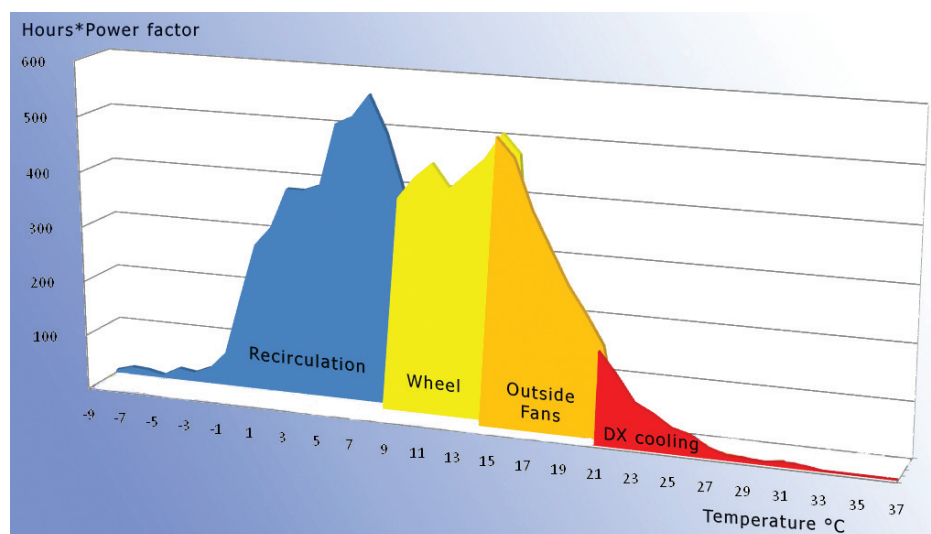
In figuur 2 zijn twee processen vastgelegd. De rode lijn geeft het energieverbruik van het KyotoCooling proces aan, afhankelijk van de buitenluchttemperatuur. Dus een PUE van 1,06 tot 17 °C en PUE van 1,45 bij > 32 °C.

Het blauwe vlak geeft de urenverdeling van de buitenlucht in Nederland per jaar aan. 97 procent van het jaar is het dus kouder dan 22 °C.

Op basis van de gevonden verbruikscijfers bij de verschillende buitentemperaturen is het verwachte energieverbruik over een geheel jaar bepaald. De, in samenwerking met TNO, opgestelde berekeningen laten een verwacht energieverbruik zien van < 1,10.

Deze factor betekent dat minder dan 10 procent van de gehele IT-hardware vermogen aan koeling benodigd is. Alhoewel verschillend voor elk datacentrum, varieert de PUE van een huidig datacentrum tussen de 1,6 en 2,0. In figuur 3 is de energieverdeling van de diverse onderdelen van het KyotoCooling proces zichtbaar. Duidelijk wordt nu, het rode vlak, dat de bijdrage aan het totale energieverbruik van de compressiekoeling minimaal is.

Auteur:
UpTime Technology



Figuur3: energieverdeling van de diverse onderdelen van het KyotoCooling proces

Aluminium als natuurlijk koelmiddel rendabel



THEMA

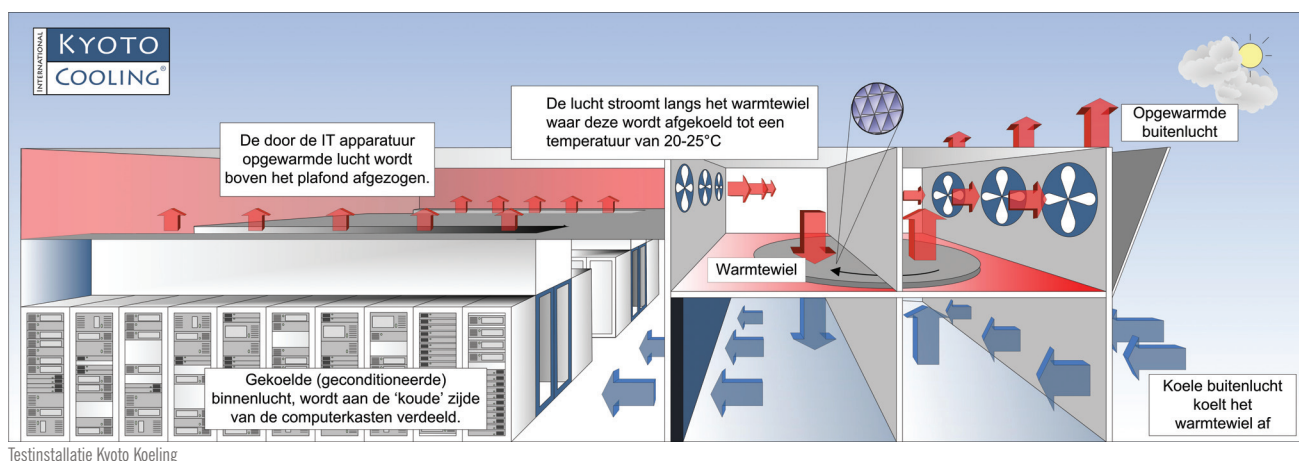
Koeling van datacentra in de gehele wereld is de grootste kostenpost na de elektriciteitskosten van de IT hardware zelf. In Nederland is door UpTime Technology een nieuwe koelmethode bedacht en ontwikkeld, die deze koelkosten met meer dan tachtig procent reduceert ; een verlaging van de gehele energierekening van elk datacentrum met 30 procent. De besparing is groen: alle KWh besparing betekent een directe verlaging in CO₂-uitstoot.

De besparing wordt gerealiseerd door het gebruik van de klassieke koelmachines terug te dringen. Het

datacentrum wordt hoofdzakelijk door een lucht/luchtwisselaar met buitenlucht direct koel gehouden. UpTime Technology heeft haar gepatenteerde concept KyotoCooling genoemd. Tot een buitenluchttemperatuur van 22 °C wordt zonder enige vorm van compressiekoeling het datacentrum op temperatuur gehouden. Dit is in Nederland 97 procent van het gehele jaar. Gedurende de resterende drie procent zal het datacentrum hoofdzakelijk door KyotoCooling worden gekoeld, waarbij compressiekoeling aanvullend wordt ingezet. In 2006 raakte KPN geïnteresseerd in de mogelijkheden van de nieuwe technologie voor toekomstige inzet in haar

Cybercenters. In het samenwerkingsproces tussen KPN en UpTime werd besloten door KPN dat een testinstallatie op ware grootte noodzakelijk was om definitief te besluiten voor de nieuwe technologie. Het KyotoCooling proces is in de door KPN, met subsidie van SenterNovem, gebouwde testinstallatie in 2007/2008 getest en gedemonstreerd.

In de afbeelding is het roterende warmtewiel zichtbaar. Dit wiel haalt de voelbare warmte uit het datacentrum en draagt dit over aan de buitenlucht. Het aluminium van het warmtewiel is het koelmiddel; het aluminium wordt opgewarmd door de warme retourlucht



van het datacentrum en daarna, nadat het wiel een halve slag is gedraaid, weer afgekoeld door de buitenlucht. Velen kennen het warmtewiel als warmtewinsysteem voor luchtverversingsinstallaties in kantoren en gebouwen. In deze nieuwe toepassing is het warmtewiel een koelmachine geworden. Het totale concept van KyotoCooling bestaat uit twee stappen: fysieke scheiding van de warme retourlucht en de koele aanvoer koellucht op de computerzaal en de koeling van de warme retourlucht tot koude aanvoerlucht door het warmtewiel.

Fysieke scheiding

Op dit moment worden op de meeste computerzalen de systeemkasten, waarin de IT-apparatuur is opgesteld, met de achterkanten naar elkaar toe geplaatst. Hierdoor is voorkomen dat de

warme retourlucht van de achterkant van de systeemkast in de aanzuigzijde van de volgende rij systeemkasten kan stromen. De warme retourluchtstromen komen beide uit in dezelfde tussenruimte; de warme gang of wel Hot Aisle. De voorzijdes van de systeemkasten staan uiteraard ook tegenover elkaar, waardoor een koude gang of wel Cold Aisle ontstaat.

Hierdoor is nog niet voorkomen dat de warme retourlucht zich op enige wijze met de koele aanvoerlucht mengt en vice versa. Deze beide effecten treden op met als gevolg dat lokaal (in de systeemkast) de koeling verslechterd. Dit zorgt voor ontoelaatbare hoge temperaturen bij de IT-hardware.

Voor de koelunit op de computerzaal betekenen deze effecten dat de verschiltemperatuur tussen koudeaanvoer en warme retourlucht daalt. Hierdoor

daalt de beschikbare koelcapaciteit van de koelunits vaak dramatisch. Door het bovenstaande is het "open" Hot & Cold Aisle principe beperkt in het maximale vermogen dat per systeemkast kan worden gekoeld. In de praktijk blijkt dit vermogen juist steeds verder te stijgen. Hierbij is 10 – 20 kWatt nu al geen bijzonderheid meer voor meerdere datacentra.

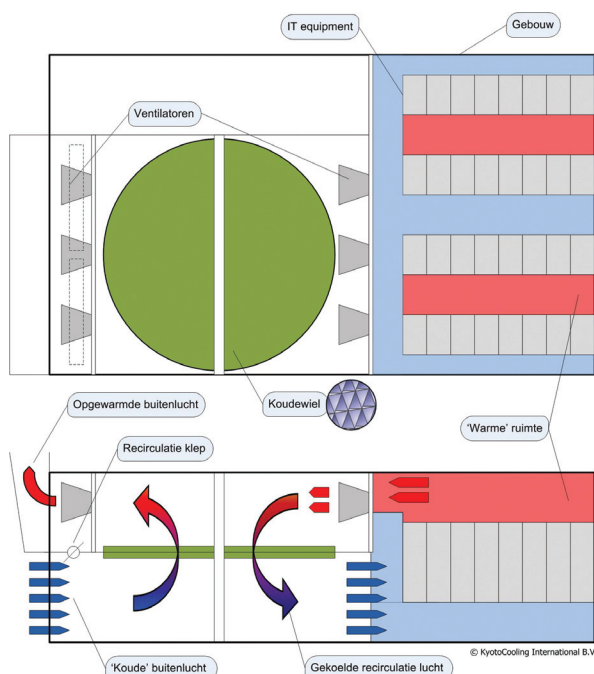
Een volgende stap in de ontwikkeling van Hot Aisle / Cold Aisle is het volledig fysiek scheiden van de warme- en koudegang.

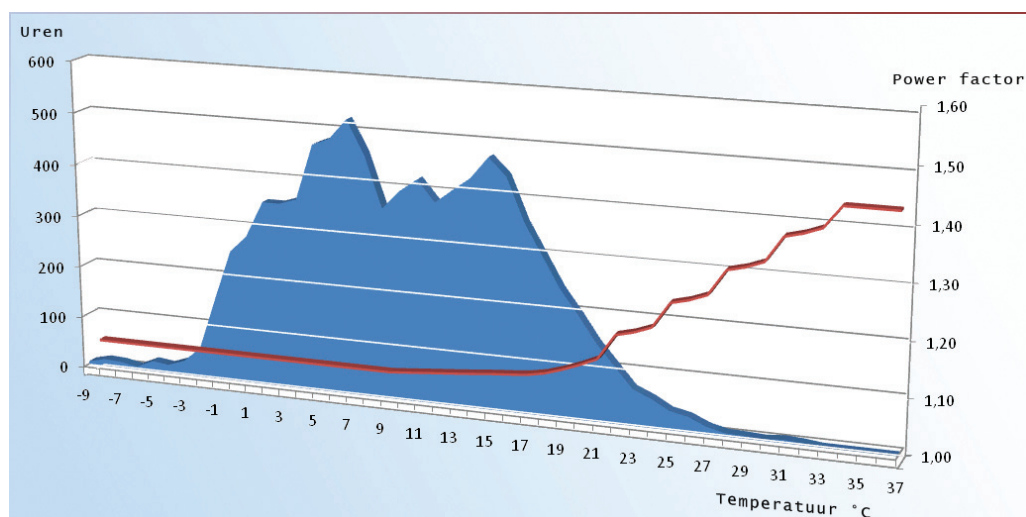
In de praktijk: bouw een dak op de koudestraat en sluit ook de kopse kanten van de rijen (toegang via deuren). De koudestraat is nu volledig geïsoleerd van de rest van de computerzaal. Daarnaast worden alle systeemkasten met behulp van blindplaten en strips aan de voorzijde volledig afgesloten. Let wel, de aanzuigopeningen van de servers zijn uiteraard wel open. De via de vloerroosters ingeblazen koellucht wordt nu alleen nog via de aanzuigopeningen van de servers afgevoerd. Hiermee is bypass airflow van de koellucht en recirculatie van warme retourlucht uitgesloten.

In de Cold Corridor is de temperatuur van de koellucht van vloer tot aan bovenkant van de systeemkast constant. Alle apparatuur krijgen dus koellucht met een zelfde, constante temperatuur. De koellast van de corridor is nu alleen nog afhankelijk van de aangeboden hoeveelheid koellucht, die goed te besturen is. Vloerroosters in aantal en de positionering hiervan is niet meer bepalend voor een optimaal koelresultaat. De warme gang, weliswaar niet afgesloten, wordt merkbaar warmer; 32-37°C is normaal. Deze temperatuur is hoger dan voorheen, omdat de koellucht zich niet langer mengt met de warme retourlucht (geen bypass airflow).

In principe biedt de fysieke scheiding een oneindige capaciteit tot koeling. De systemen zuigen zelf de benodigde koellucht aan en deze is van een optimale gelijke temperatuur; de IT-hardware wordt perfect gekoeld.

Op de KyotoCooling testlocatie in Amersfoort is een systeemkast met 100 kW aan warmtelast opgesteld. Door de fysieke scheiding wordt de apparatuur in de systeemkast perfect gekoeld en is er geen enkele overlast naar de andere





Figuur2: De rode lijn geeft het energieverbruik van het KyotoCooling proces aan, afhankelijk van de buitenluchttemperatuur

systeemkosten. Deze hebben een lager IT vermogen.

Cellen

De traditionele computairs of recirculatie-units op een computervloer worden vervangen door koelunits op basis van een warmtewiel, of beter 'koudewiel'. Deze koelunits, zogenoemde KyotoCooling Cellen, worden centraal, buiten de computerzaal, opgesteld en verzorgen de recirculatie van lucht op de computerzaal en koeling aan de buitenlucht middels een koudewiel. Het principe is weergegeven in figuur 1. Via een ventilator wordt buitenlucht over het (langzaam) draaiende koudewiel geleid. Het wiel wordt afgekoeld door de buitenlucht. Het afgekoelde wiel wordt al draaiend in contact gebracht met de warme retourlucht vanuit de computerruimte en koelt af deze naar de gewenste temperatuur. Er

is dus scheiding tussen recirculatielucht van de computerzaal en de buitenlucht. Het elektrisch gebruik voor deze wijze van koelen bedraagt een fractie van compressiekoeling en is zelfs fors lager dan de bestaande vrije koeling (glycol systemen). Het proces van koeling met een koudewiel functioneert alleen met een positief verschil tussen de koude buitenlucht en koellucht. Bij optimale instelling van de luchtstromen door en de draaisnelheid van het warmtewiel is een 3 - 4 °C lagere buitenluchttemperatuur voldoende om het datacentrum te koelen.

Bij een maximale toelaatbare koelluchttemperatuur van 27 °C is bij maximale koellast de maximale buitenluchttemperatuur dus 23 - 24 °C. In Nederland betekent dit dat de inzetbaarheid van het koudewiel meer dan 97 procent van het jaar bedraagt.

Wanneer de temperatuur van de bui-

tenlucht te hoog wordt om voldoende koeling te kunnen leveren, wordt de in de KyotoCooling Cel opgestelde DX koeling gestart en deze koelt, via een verdampingsblok, de te warme lucht komend vanaf het warmtewiel tot de gewenste waarde af.

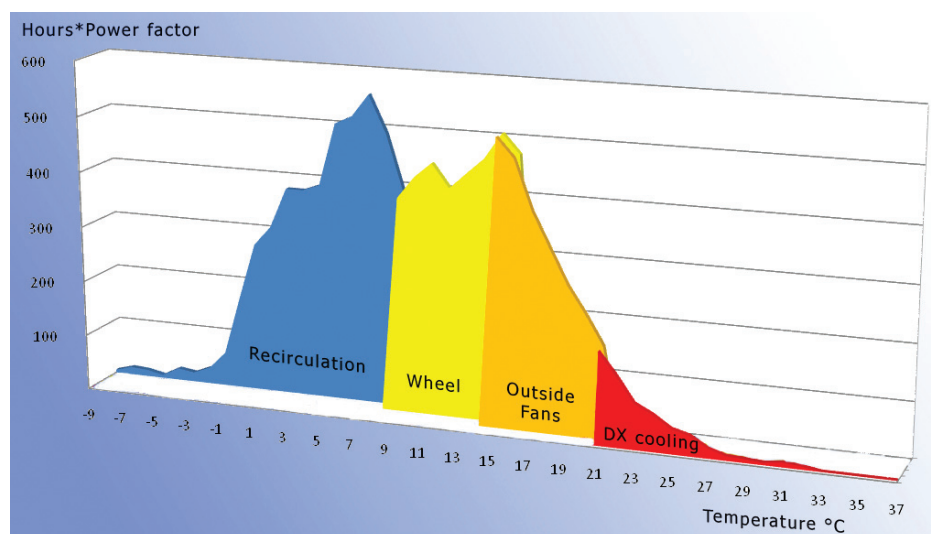
In figuur 2 zijn twee processen vastgelegd. De rode lijn geeft het energieverbruik van het KyotoCooling proces aan, afhankelijk van de buitenluchttemperatuur. Dus een PUE van 1,06 tot 17 °C en PUE van 1,45 bij > 32 °C.

Het blauwe vlak geeft de urenverdeling van de buitenlucht in Nederland per jaar aan. 97 procent van het jaar is het dus kouder dan 22 °C.

Op basis van de gevonden verbruikscijfers bij de verschillende buitentemperaturen is het verwachte energieverbruik over een geheel jaar bepaald. De, in samenwerking met TNO, opgestelde berekeningen laten een verwacht energieverbruik zien van < 1,10.

Deze factor betekent dat minder dan 10 procent van de gehele IT-hardware vermogen aan koeling benodigd is. Alhoewel verschillend voor elk datacentrum, varieert de PUE van een huidig datacentrum tussen de 1,6 en 2,0. In figuur 3 is de energieverdeling van de diverse onderdelen van het KyotoCooling proces zichtbaar. Duidelijk wordt nu, het rode vlak, dat de bijdrage aan het totale energieverbruik van de compressiekoeling minimaal is.

Auteur:
UpTime Technology



Figuur3: energieverdeling van de diverse onderdelen van het KyotoCooling proces

Door ir. S.M. van der Sluis

Projectleider, TNO – Afdeling Koude, Warmte en Installaties

Renewable Cooling voor data centers

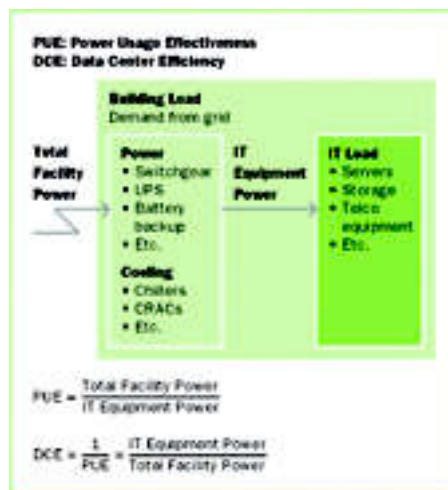
Het energiegebruik ten behoeve van ICT bedroeg in 2006 ongeveer 7,5 procent (8,4 TWh) van het totale elektriciteitsverbruik in Nederland. Dit percentage blijft naar verwachting de komende jaren stijgen¹⁾. Het grootste deel van dit verbruik (5,7 TWh) is huishoudelijk verbruik; het overige verbruik treedt op in de ICT-infrastructuur (1,5 TWh) en in kantoren. Binnen de ICT-infrastructuur (data centers, vast netwerk en mobiel netwerk) hebben data centers het snelst groeiende aandeel in het elektriciteitsverbruik, naar schatting oplopend tot meer dan 50% in 2010. Het is daarom van belang om te bezien of het mogelijk is om energie te besparen in data centers. Het toepassen van Renewable Cooling (duurzame koeling) kan hierbij een belangrijke rol spelen.

Data centers gebruiken vermogen voor het voeden van de computer racks. Daarnaast wordt vermogen gebruikt voor andere doeleinden, zoals de UPS (Uninterrupted Power Supply) en de koeling van de racks. De Data Center Efficiency (DCE) is de verhouding tussen het vermogen dat wordt gebruikt voor de computers en het totaal opgenomen vermogen (inclusief bijkomende functies).

De waarde van de DCE ligt bij de huidige technologie in de praktijk²⁾ tussen 0,33 en 0,77. Bij een DCE-waarde van 0,33 is voor elke Watt 'rekenkracht' twee Watt hulpvermogen opgesteld; bij een DCE-waarde van 0,77 is voor elke Watt 'rekenkracht' 0,3 Watt hulpvermogen opgesteld.

Mogelijkheden om energie te besparen bij data centers liggen – gezien vanuit ons vakgebied – binnen dit hulpvermogen dat, zoals uit het voorgaande blijkt, soms groter is dan het werkelijke 'ICT-vermogen'. De klimaatbeheersing is in het algemeen verantwoordelijk voor het grootste deel van het hulpvermogen³⁾. Het loont dus om de koeling van data centers aan een nader onderzoek te onderwerpen.

In samenwerking met TNO brengt Wageningen UR in kaart welke opties er zijn om het energiegebruik voor koeling te reduceren door gebruik te maken van Renewable Cooling. Het onderzoek wordt gedaan in het kader van de Lange Termijn Energie Onderzoek Strategie van de overheid



Afbeelding 1:
schematische weergave
en berekening van
DCE en PUE

(EOS-LT). Er is al een inventarisatie en beoordeling uitgevoerd van beschikbare Renewable Cooling-technieken. In de huidige fase van het onderzoek wordt de inzet van deze technieken binnen bepaalde toepassingen bestudeerd. Eén van deze toepassingen is het gebruik van Renewable Cooling-technieken in data centers.

Huidige techniek

In data centers staan vele computer racks opgesteld, die luchtkoeling vereisen om de warmte af te voeren die door de elektronica wordt geproduceerd. De lucht wordt aan de voorzijde van het

¹⁾ ICT Stroomt door, S.H. Clevers, R. Verweij. Tebodin rapport nr. T37742.00, oktober 2007.

²⁾ Green Grid Metrics; Describing Data center power efficiency. The green grid, White paper, 2007

³⁾ Energiebesparing in datahotels, N. Sijppeer, ECN rapport nr. E 08 019, februari 2008



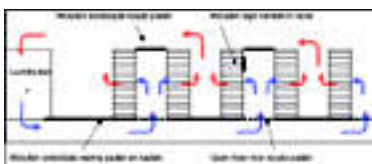
Afbeelding 2: computer racks in magazijn

rack toegevoerd, en aan de achterzijde van het rack wordt de opgewarmde lucht uitgeblazen. De racks beschikken over interne ventilatoren om deze luchtstroom in stand te houden.

De 'State of the Art' is dat de racks zo zijn opgesteld dat er warme en koude paden ontstaan. Koele lucht wordt toegevoerd in de koude paden, en afgevoerd uit de warme paden.

In de opstelling met een vrijwel luchtdichte afsluiting tussen de warme en koude paden is het overigens van belang een goede keuze te maken voor de ventilator in de luchtkoeler. De ventilatoren van racks en luchtkoeler staan in een gesloten circuit in serie geschakeld, en dat is eigenlijk vragen om moeilijkheden. Volumestroom en drukval van de koeler moeten precies zijn afgestemd op de ventilatoren in de racks, om te voorkomen dat alle ventilatoren ver van hun optimale werkpunt opereren. Aangezien het aantal en het type racks in data centers aan verandering onderhevig is, is het raadzaam om de koeler met regelbare fans uit te voeren.

Het af te voeren vermogen van de ICT-apparatuur ligt nu tussen 0,4 kW/m² en 1,5 kW/m², de verwachting is dat dit binnen enkele jaren verder zal stijgen tot 5 kW/m². De temperatuur waarbij de warmte moet worden afgevoerd, werd vroeger laag gehouden (aanvoer 10°C / 20°C retour). Tegenwoordig is er gelukkig een tendens naar hogere temperaturen in data centers (18°C / 28°C). Dit resulteert uiteraard in een betere COP-waarde voor de koelmachine.



Afbeelding 3: warme en koude paden

Renewable Cooling-technieken

Het inzetten van een compressiekoelmachine voor de koeling van een data center is de meest voor de hand liggende oplossing. Maar vanwege het hoge temperatuurniveau dringt zich al snel de vraag op in hoeverre mechanische koeling altijd nodig is. Bij een aanvoertemperatuur van 18°C is het gebruik van buitenlucht voor een groot deel van het jaar ook een optie. Ook andere natuurlijke koudebronnen zouden misschien gebruikt kunnen worden. Het gebruik van natuurlijke koudebronnen duiden we aan als "Renewable Cooling" (duurzame koeltechnieken). Er zijn een aantal technieken bekend waarvan sommige nu worden toegepast, en er zijn ook nog technieken in ontwikkeling.

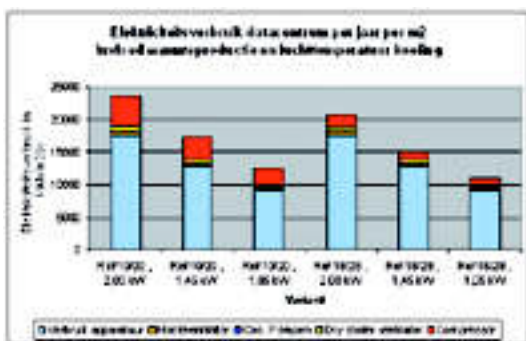
- Verdampingskoeling (waarbij verdampend water koude produceert) werd al vóór onze jaartelling gebruikt in Egypte. In Nederland zijn de laatste jaren enkele aanbieders actief met systemen gebaseerd op (indirecte) verdampingskoeling voor het klimatiseren van ruimten.

- Zongedreven (absorptie)koeling is een tot de verbeelding sprekende koelmethode (immers: vooral wanneer de zon schijnt, is koeling nodig) die momenteel in ontwikkeling is. Bij de huidige lage temperaturen van de zonnecollectoren, is het rendement van deze systemen laag. Door zonnecollectoren met hogere temperaturen en absorptiekoelers met lagere aandrijftemperaturen te ontwikkelen, wordt getracht het rendement te verbeteren.

- Een andere manier om te koelen is door gebruik te maken van de natuurlijke koude in de buitenlucht of in oppervlaktewater. Een koelkast die bijvoorbeeld via een "heat pipe" verbonden is met de buitenlucht, heeft 's winters (wanneer de buitentemperatuur onder 5°C ligt) geen energie nodig. Hetzelfde geldt voor koelhuizen, en vanzelfsprekend voor de klimaattechniek.

- Koudeopslag werd honderden jaren geleden al toegepast, door 's winters ijs te verzamelen in ijskelders, en dit tot ver in de zomer te gebruiken. Het hedendaagse voorbeeld is koude- en warmteopslag in de bodem, met behulp van water. De 's zomers opgeslagen warmte wordt 's winters gebruikt, en vice versa. Qua opslagvolume is ijs gunstiger dan water (vanwege de smeltwarmte die in ijs is opgeslagen). Nóg efficiënter qua opslagvolume zijn chemische reacties.

- Nachtstralers zijn 'omgekeerde zonnecollectoren' die 's nachts warmte uitstralen naar het heelal en daardoor afkoelen tot onder de omgevingstemperatuur (de autoruit is een bekend voorbeeld van een nachtstraler, waaraan we telkens herinnerd worden als we de ruiten moeten krabben).



Afbeelding 4: elektriciteitsverbruik data center

Toepassing Renewable Cooling

Zoals eerder opgemerkt, kan een groot deel van het jaar worden volstaan met het koelen op de buitentemperatuur. Wel is een scheiding gewenst van binnen- en buitenlucht, omdat stofdeeltjes en vervuiling in een data center uit den boze zijn. Om gebruik te maken van de buitenlucht, is dan een forse lucht/lucht-warmtewisselaar nodig. Op een testlocatie in Amersfoort heeft KPN onlangs een experiment uitgevoerd met een horizontaal opgesteld warmtewiel met een diameter van 6 meter en een dikte van 20 cm als warmtewisselaar. Dit concept staat bekend onder de naam "Kyoto Cooling".

In het Kyoto Cooling-concept blijft een koelmachine nodig om in te springen op dagen dat de buitenluchttemperatuur te hoog is (hoger dan 22 °C) om de ICT-apparatuur te koelen. In die zin moet de investering in het warmtewiel worden terugverdiend uit de besparing op de energiekosten. De aanbieders van het systeem claimen 80% besparing op de kosten voor koeling.

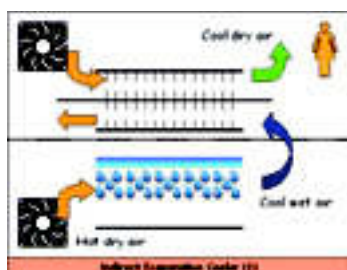
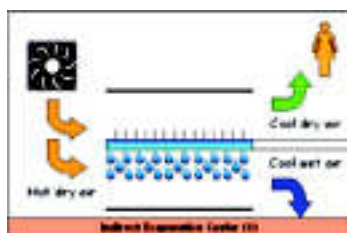
Een ander concept dat wordt toegepast in data centers is indirecte verdampingskoeling. Omdat

hierbij niet de luchttemperatuur maar de natte boltemperatuur van de buitenlucht het uitgangspunt is, kan in een nog groter aandeel van de koeling worden voorzien dan bij gebruik van een warmtewiel. Echter, ook in dit geval blijft het in ons klimaat noodzakelijk om een koelmachine achter de hand te hebben voor de dagen dat de verdampingskoeler niet aan de vraag kan voldoen (hoge buitentemperaturen bij hoge luchtvochtigheid). Ook hier moet dus de investering in de verdampingskoeler terug worden verdiend uit de besparing op energiekosten.

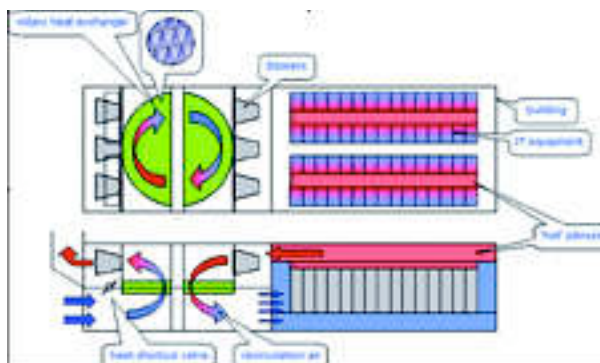
Mogelijkheden Renewable Cooling

Dat de beschreven Renewable Cooling-systemen niet volledig kunnen voorzien in de koelbehoefte, wordt veroorzaakt door het optreden van hoge buitentemperaturen (al dan niet in combinatie met een hoge luchtvochtigheid). Wanneer er gebruik wordt gemaakt van koudebuffering, dan kan op de momenten met hoge buitentemperaturen de koude uit de buffer worden betrokken. De buitentemperatuur is 's nachts in Nederland altijd onder 22°C (tenzij op termijn de klimaatverandering roet in het eten gooit). Wanneer de nachtelijke koude in een buffer kan worden opgeslagen en overdag kan worden gebruikt, wordt de koelmachine overbodig.

Een rack met een energiegebruik van 1,5 kW/m² geeft in een etmaal 65 MJ warmte af. De opgeslagen hoeveelheid koude moet dus van deze grootte zijn. In dit geval zijn Phase Change Materials (PCM's) een optie, vanwege de mogelijkheid om energie op te slaan bij een redelijk constante temperatuur en met een goede opslagdichtheid. Een commercieel product met een faseovergang bij een temperatuur van 22°C heeft een latente warmte (opgeslagen in de faseovergang) van 135 MJ/m³. Theoretisch is dus een laag PCM nodig van een halve meter dik. In de praktijk zal echter meer hoogte nodig zijn, en de vraag is of die ruimte aan-



Afbeelding 5: indirecte verdampingskoeling



Afbeelding 6: schematische weergave van Kyoto Cooling-concept

wezig is in het data center – en of de constructie het gewicht van het PCM kan dragen. Maar aantrekkelijk is het wel, omdat de investering in PCM slechts een fractie (1/10) vormt van de benodigde investering voor een koelmachine.

Het idee dat de daggemiddelde temperatuur in Nederland laag genoeg is voor het koelen van data centers, kan ook op een andere manier worden benut, bijvoorbeeld door gebruik te maken van oppervlaktewater. Grote hoeveelheden en oppervlakten water zullen niet de momentane buitentemperatuur aannemen, maar de gemiddelde buitentemperatuur. Het gebruik van water uit een rivier of meer is daarom mogelijk een oplossing voor het koelen van data centers.

Een andere manier om gebruik te maken van opslag van koude, is seizoenopslag in aquifers (aquifers zijn watervoerende lagen in de diepere ondergrond). Een opslagsysteem dat gebruikmaakt van een aquifer, bestaat uit twee bronnen: een koude en een warme bron. In de zomer wordt de benodigde koude in de vorm van koud water betrokken uit de koude bron. Het opgewarmde water wordt afgevoerd naar de warme bron. In de winter is het nodig om het water uit de warme bron op te pompen, af te koelen aan de buitenlucht, en er de koude bron mee op te laden. Dergelijke systemen worden in de utiliteitsbouw vaak toegepast, waarbij 's zomers van de opgeslagen koude en 's winters van de opgeslagen warmte gebruikgemaakt wordt. In het geval van data centers is alleen de opgeslagen koude interessant.

Terug naar de veroorzaker

Een aantal jaren geleden werden data centers gekoeld tot een temperatuur van 10°C, momenteel wordt al vaak gestreefd naar 25°C als gemiddelde temperatuur. Voor de elektronica zijn ook hogere temperaturen geen probleem, zolang "hot spots" maar worden voorkomen. Het is aan de ontwerpers van de serverunits om hierop in te spelen, en units te ontwerpen die een nog hogere luchttemperatuur mogelijk maken. Daarvoor moet de bewustwording van het onnodige koelprobleem bij de ontwerpers van de units toenemen. De verwachting is dat die bewustwording snel op gang komt, met de toename van de energiedichtheid van de units.

Nog een stap verder is het dan logisch om de hot spots direct te koelen met vloeistof (al dan niet met faseovergang), en de 'rest' met lucht te koelen op een temperatuurniveau dat 's winters en 's zomers altijd natuurlijk gerealiseerd kan worden, bijvoorbeeld 40°C.



Afbeelding 7: aquifer

Samenvatting

Het energiegebruik voor ICT zal de komende jaren sterk blijven stijgen van 7.5% van het totale gebruik in 2006 naar wellicht wel 10% van het totale elektriciteitsgebruik in Nederland. Het grootste deel van dit gebruik is voor huishoudelijk computergebruik; het overige verbruik treedt op in de ICT-infrastructuur en in kantoren. Maar datacenters worden steeds grotere energiegebruikers: het is daarom van belang om te bezien of het mogelijk is om energie te besparen in data centers. Het toepassen van Renewable Cooling (duurzame koeling) kan hierbij een belangrijke rol spelen.

Summary

ICT-usage is growing fast – and so is the total energy consumption as a result. It is expected that electricity consumption in the Netherlands as a result of computer usage in households and datacenters will grow from 7.5% to 10% of total electricity usage in 2010. Cooling will play a crucial role in saving energy in ICT-environment, specifically in datacenters. In this article TNO-projectmanager ir. Sietze van der Sluis reports on current research. Renewable cooling opens new opportunities.

Meer informatie

Ir. S.M. van der Sluis
Projectleider, TNO – Afdeling Koude,
Warmte en Installaties,
TNO Built Environment and Geosciences,
Department of refrigeration,
Heating and Installations,
Laan van Westenenk 501
P.O. Box 342
7300 AH Apeldoorn
Tel 055 549 31 62
Email: sietze.vandersluis@tno.nl