

MOGELIJKHEDEN TOT VERMINDERING VAN DE BENODIGDE KOELENERGIE IN DATAHOTELS

ICT: houd het hoofd koel

N.C. Sijpheer
F.A.T.M. Ligthart

Verantwoording

De eerste 2 fasen van het project "Energiebesparing bij klimaatinstallaties in de ICT" (zie bijlage A), zijn uitgevoerd in opdracht van NOVEM (projectnummer 645.120-1109). Dit rapport beschrijft de resultaten van de eerste twee, van de totaal vijf fasen uit het project. Projectnummer bij ECN is 8.44065.

ABSTRACT

At the moment, the expectation is that the electrical power consumption of the ICT sector in the Netherlands will increase to 300 MW in 2005. A power consumption of 300 MW for the ICT equals the electricity use of at least 850,000 Dutch households.

Cooling of computer-rooms has a large share (up to 30%) of the total energy use of an ICT company. Reduction of the energy used for cooling can be easily achieved by increasing the temperature in the computer-rooms and by applying 'free' cooling. Current practise implies that it is necessary for the computer equipment to cool the computer rooms at a set point of 20/22°C.

An inventory of ambient requirements and power consumption of computer equipment used by ICT companies is given in this report. The main conclusions of this inventory are:

- Cooling of the computer equipment, which is listed in this inventory, shows that temperatures below 30°C are not required.
- Humidity demands of the computer equipment are mainly between 10% and 90% RH. Humidifying and dehumidifying to stay within tighter margins is not necessary.
- The real power consumption of the computer equipment appears to be almost a factor 5 lower than stated in the technical specifications of the equipment.
- Compared to the situation where the computer room is being cooled at 20°C, dividing the computer-room in 3 temperature zones of 30°C, 35°C and 40°C can save:
 - 60% cooling energy for the compressors of the cooling machines
 - 95% of the cooling energy if free cooling is applied as well

INHOUD

ABSTRACT	3
SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	6
2. INVENTARISATIE VAN DE COMPUTERRUIMTEN (SUITES)	7
2.1 Beschrijving van de suites	7
2.2 Eigenschappen van de computerapparatuur	8
3. ANALYSE VAN HET ENERGIEGEBRUIK EN BESPARINGSOPTIES	10
3.1 Uitgangssituatie	10
3.2 Suites verdeeld in 3 klimaatzones	11
3.3 Vrije koeling	12
3.3.1 Implementatie van vrije koeling	13
3.3.2 Besparing door toepassen van temperatuurverhoging en vrije koeling	14
4. CONCLUSIE EN AANBEVELING	15
REFERENTIES	16
BIJLAGE A ONDERZOEKSPROJECT: "ENERGIEBESPARING BIJ KLIMAATINSTALLATIES IN DE ICT"	17
BIJLAGE B SPECIFICATIES VAN DE APPARATUUR IN DE GEÏNVENTARISEERDE RUIMTEN	19
BIJLAGE C VOORBEELD VAN EEN SPECIFICATIE	20

SAMENVATTING

Momenteel verwacht NOVEM een landelijke toename van het elektrisch aansluitvermogen tot 300 MW in 2005 veroorzaakt door ICT bedrijven, ongeveer gelijk verdeeld over de datahotels en telecomswitches. Wanneer dit vermogen werkelijk door de ICT branche wordt benut, dan wordt een hoeveelheid energie gebruikt waarmee ten minste 850.000 eengezinswoningen van elektriciteit zouden kunnen worden voorzien! Dit is ruim 2,5% van het totaal jaarlijks elektriciteitsgebruik in Nederland. De verwachting is dat het dataverkeer en het gebruik van de mobiele telefonie blijft groeien. De ICT branche is en blijft dus een grootgebruiker van energie.

Met name de koeling van computerruimten vormt een groot deel van de energievraag. Reductie van de koelvraag door middel van het verhogen van de temperatuur in de computerruimten en het toepassen van vrije koeling resulteert in een lager energiegebruik. In de ICT sector bestaat de angst dat het verhogen van de ruimtetemperatuur een negatief effect heeft op de levensduur van de apparatuur. Naar aanleiding hiervan is een overzicht gemaakt van:

- de klimaateisen van de computerapparatuur zoals die in de technische specificaties worden vermeld
- de vermogensopname van de computerapparatuur zoals die in de technische specificaties worden vermeld
- het werkelijk opgenomen vermogen van de computerapparatuur
- de energiebesparingen door het verhogen van de ruimtetemperatuur in de computerruimten
- de energiebesparing door het toepassen van vrije koeling

Het koelen van de computerruimtes op een lagere temperatuur dan 30°C, is voor wat de onderzochte apparatuur betreft, niet noodzakelijk. Wanneer een minimale marge van 5°C ten opzichte van de nominale werkteemperatuur van de apparatuur wordt aangehouden, kan het energiegebruik van de koelmachines met bijna 60% worden teruggebracht. Dat is ongeveer 13% van het totale energiegebruik. Wanneer tevens vrije koeling wordt toegepast, kan 95% van de energie benodigd voor de koelmachines worden bespaard, ofwel 21% op het totale energiegebruik.

Het opgenomen vermogen van de computerapparatuur bedraagt circa 23% van het opgestelde vermogen volgens de specificaties. Wanneer de koelinstallatie wordt gedimensioneerd op het opgestelde vermogen van de apparatuur (zoals in de specificaties van de apparatuur staat vermeld), zal de capaciteit van de installatie bijna een factor 5 te groot zijn.

De eisen ten aanzien van de relatieve vochtigheid van de lucht in de computerruimten voor de apparatuur zijn over het algemeen niet strikt. Veelal ligt deze eis tussen de 10% en 90%. Ont- of bevochtigen kan een grote bijdrage hebben in het energiegebruik voor klimatiseren en is volgens de klimaateisen in de specificaties niet nodig.

Praktisch aanvullend onderzoek naar de invloed van een verhoogde omgevingstemperatuur op de betrouwbaarheid van computerapparatuur, kan uitwijzen of de nominaal toelaatbare temperatuur veilig kan worden benut.

Het opzetten van een praktijkexperiment is wenselijk. Hiermee kan worden bepaald hoeveel energie bespaard kan worden in een computerruimte door het optimaal benutten van alle beschikbare mogelijkheden.

The proof of the pudding is the eating.

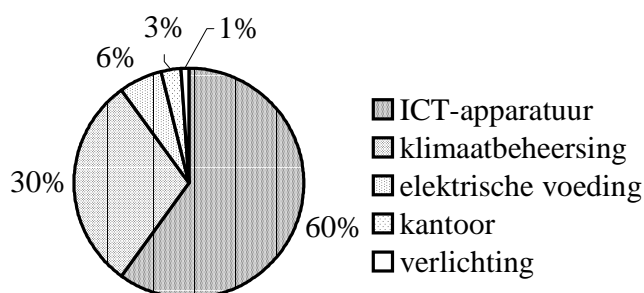
Wie durft ...

1. INLEIDING

Momenteel verwacht NOVEM een landelijke toename van het elektrisch aansluitvermogen tot 300 MW in 2005 veroorzaakt door ICT bedrijven, ongeveer gelijk verdeeld over de datahotels en telecomswitches. Wanneer dit vermogen werkelijk door de ICT branche wordt benut, dan wordt een hoeveelheid energie gebruikt waarmee ten minste 850.000 eengezinswoningen van elektriciteit zouden kunnen worden voorzien! Dit is ruim 2,5% van het totaal jaarlijks elektriciteitsgebruik in Nederland. De verwachting is dat het dataverkeer en het gebruik van de mobiele telefonie blijft groeien. De ICT branche is en blijft dus een grootgebruiker van energie.

De ICT-branche groeit snel. Het aansluitvermogen voor de faciliteiten moet, bij wijze van spreken, gisteren beschikbaar zijn om vandaag geld op te leveren. Dit is er met name de oorzaak van dat veelal geen of te weinig inspanning wordt geleverd om een energie-efficiënt concept voor een 'site' te realiseren. Een andere belangrijke oorzaak is dat grote computerruimten niet aan de Energieprestatienorm hoeven te voldoen of onder MJA's (meerjarenafspraken) vallen. Een reden hiervan is dat de nieuwe en snelle ICT branche (nog) geen brancheorganisatie kent.

Met name de koeling van computerruimten biedt mogelijkheden voor het reduceren van de energievraag. Het verhogen van de temperatuur in computerruimten resulteert in een lagere koelvraag maar heeft volgens de meeste mensen uit de ICT-branche een negatief effect op de levensduur van onderdelen en de betrouwbaarheid van systemen.



Figuur 1: Verdeling van het energiegebruik van de verschillende onderdelen binnen ICT bedrijven (status 2001)

Om de mogelijkheden te verkennen die kunnen leiden tot besparingen op het energiegebruik voor klimaatbeheersing, is bij een ICT bedrijf in een computerruimte geïnventariseerd welke apparatuur is toegepast. Van deze apparatuur zijn vervolgens de specificaties van de fabrikant opgezocht. Aan de hand van deze specificaties is vervolgens gekeken naar de mogelijkheden die er zijn om het energiegebruik voor klimaatbeheersing te verminderen. Dit rapport presenteert de resultaten hiervan.

2. INVENTARISATIE VAN DE COMPUTERRUIMTEN (SUITES)

Voor het verzamelen van representatieve gegevens van computerapparatuur die staat opgesteld in datahotels, zijn twee zogenaamde suites uitgekozen binnen een datahotel.

2.1 Beschrijving van de suites

Deze suites bevinden zich binnen een grote beveiligde ruimte. Hierin staan computerracks (zie *Figuur 2*), elektrische voedingen en luchtbehandelingkasten opgesteld. De suites zijn van elkaar



Figuur 2: Lege computerracks

gescheiden door tussenwanden die niet geheel doorlopen tot het plafond en afsluitbare deuren. Beide suites hebben een computervloer waardoor koude lucht de ruimte wordt ingeblazen. De luchtbehandelingkasten (zie *Figuur 3*) zuigen de opgewarmde lucht onder het plafond af, koelen de lucht af en blazen de koude lucht in onder de computervloer. De luchtbehandelingkasten worden gevoed door een koudwaterleidingnet. *Figuur 4* toont een foto van de openingen in de computervloer waardoor de koude lucht de ruimte in wordt geblazen. Veelal wordt naast een computerrack een rooster in de vloer gemonteerd die de koude lucht langs de aanzuigopeningen in de racks blaast. Ook zijn zwarte schijven in de vloer gemonteerd. De schijven kunnen open of dicht gedraaid worden en zijn bedoeld als kabeldoorvoer. Wanneer koude lucht door de schijf onder in een computerrack



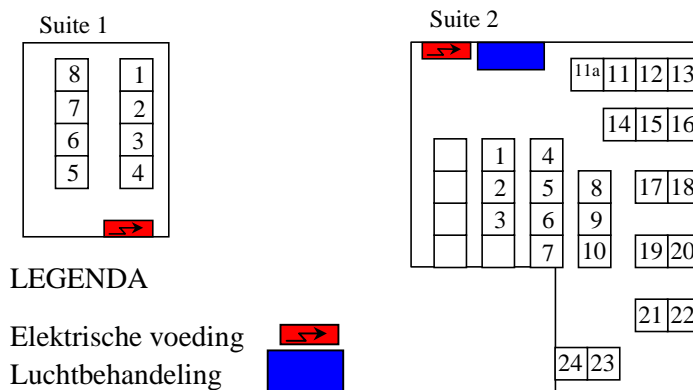
Figuur 3: Luchtbehandelingkast

wordt geblazen, zal alleen het onderste deel van de computerapparatuur in het rack hiermee in aanraking komen. Wanneer de lucht boven in het rack is aangekomen, zal deze al dermate opgewarmd zijn, dat het koelend vermogen ervan flink is teruggelopen. Dit zal tot gevolg hebben dat de apparatuur bovenin het rack veel warmer zal zijn dan onderin. In de suites die zijn geïnventariseerd, zijn zowel de roosters als de schijven toegepast in de computervloer. Op de voedingen die zijn geplaatst in de suites is af te lezen hoeveel vermogen werkelijk wordt afgenomen door de computerapparatuur. Verder komt in verschillende



Figuur 4: Koude lucht en kabel toevoer

racks computerapparatuur voor die een eigen voeding en een kleine noodstroomvoorziening hebben. Bij veel apparatuur wordt geen gebruik gemaakt van de mogelijkheid van een dubbele voedingsaansluiting. De specificaties zijn hoofdzakelijk gevonden op websites van de leveranciers van de apparatuur. Suite 1 wordt gekoeld door luchtbehandelingkasten die elders staan opgesteld en die de lucht afzuigen, koelen en weer onder de computervloer blazen. Suite 2 heeft een eigen luchtbehandelingkast.



Figuur 5: Indeling van suite 1 en 2 (de ongenummerde blokken zijn lege racks).

2.2 Eigenschappen van de computerapparatuur

Figuur 5 geeft de indeling weer van de suite 1 en 2. De vierkanten in dit plaatje stellen de computerracks voor waarin de computerapparatuur zich bevindt. De racks in de overzichtschetsen van de suites zijn genummerd. In bijlage B staat aangegeven welke apparatuur zich in de computerracks bevindt. Bij de inventarisatie van de computerapparatuur, is vooral gekeken naar het aansluitvermogen, de actuele vermogensopname, de omgevingseisen en de voedingsoort. Er is getracht om ook de dataopslagcapaciteit van de apparatuur te achterhalen, maar dit bleek in de praktijk niet uitvoerbaar. Veelal is er opslagcapaciteit in apparatuur bijgeplaatst of verwijderd, waardoor de specificaties van de apparatuur geen goed beeld geven van de werkelijk opgestelde opslagcapaciteit. In dit rapport is nagegaan wat de minimale en maximale opslagcapaciteit is van de apparatuur zoals die in de specificaties van de fabrikant of leverancier ^[4] staat aangegeven.

Onderstaande tabel geeft aan wat het maximaal opgestelde vermogen is volgens de specificaties van de apparatuur, wat de maximale en minimale opslagcapaciteit is volgens de specificaties, wat het werkelijk afgenomen vermogen is van de elektrische voeding en enkele andere kengetallen.

Tabel 1: Gegevens van suite 1 en 2

	Suite 1	Suite 2
<i>Algemeen</i>		
Netto vloeroppervlak ¹ [m ²]	20	60
Aantal gevulde computerracks	8	25
Aantal apparaten	52	144
<i>Vermogen</i>		
Totaal opgesteld vermogen volgens specs. van de apparatuur [kW]	63,3	60,6
Totaal opgenomen vermogen voor computerapparatuur ² [kW]	12,1	16,9
<i>Data-opslag</i>		
Totale maximale opslagcapaciteit volgens specs. van de apparatuur [Tb]	163,4	726,3
Totale minimale opslagcapaciteit volgens specs. van de apparatuur [Tb]	151,3	720,1
<i>Kengetallen</i>		
Opgesteld vermogen [kW/m ²]	3,2	1,0
Opgenomen vermogensdichtheid [kW/m ²]	0,605	0,282
Gemiddelde opslagcapaciteit [Tb/m ²]	7,9	12,1
Gemiddeld vermogen per Tb opslagcapaciteit ³ [kW/Tb]	0,077	0,023

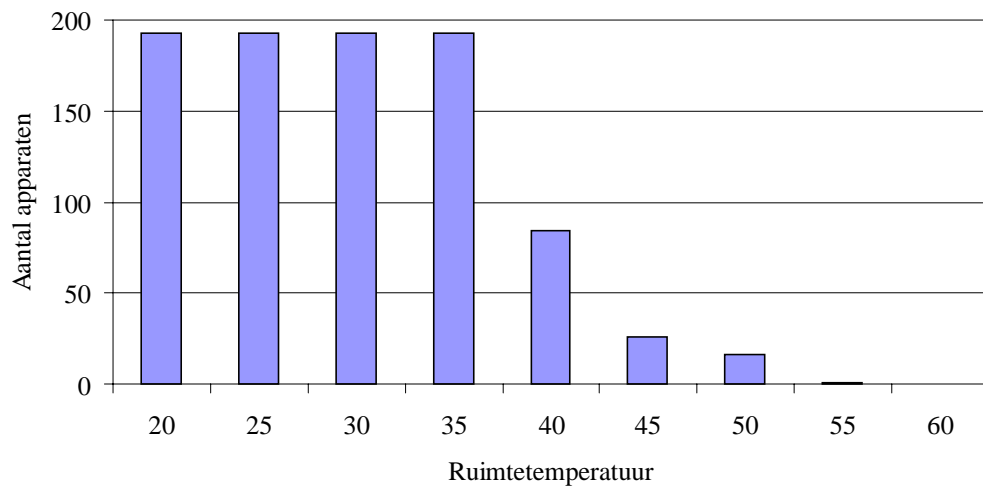
¹ Dit betreft het netto vloeroppervlak van de in figuur 5 aangegeven suites (dus exclusief de sanitaire ruimtes, gangen en kantoren die niet in de schetsen zijn aangegeven)

² Gemiddeld vermogen over een week genomen

³ Uitgerekend met de gemiddelde opslagcapaciteit

In een kantoorvertrek wordt ongeveer 30 W/m^2 opgenomen door verlichting en apparatuur. Het afgenomen vermogen van suite 1 en 2 is ten opzichte hiervan respectievelijk een factor 20 en 10 hoger. Uit de tabel komt naar voren dat het opgestelde vermogen van de apparatuur volgens de specificaties bijna 5 keer hoger is dan het opgenomen vermogen. In een eerder verricht Zwitsers onderzoek ^[2] is een opgesteld vermogen vastgesteld dat bijna 3,5 keer hoger is dan het opgenomen vermogen. Hieruit blijkt dat het niet juist is om de koelcapaciteit te baseren op de specificaties van de apparatuur. Verder is bepaald wat de toelaatbare omgevingseisen zijn van de apparaten die zijn aangetroffen. *Figuur 6* geeft aan hoeveel apparaten volgens de specificaties aan een bepaalde maximum toelaatbare temperatuur voldoen.

Aantal apparaten die nog functioneren bij een bepaalde ruimtetemperatuur



Figuur 6: Aantal apparaten dat nog functioneert bij een bepaalde ruimtetemperatuur

Bovenstaande figuur toont dat van alle 196 aangetroffen apparaten de werking volgens de fabrikant gedurende de levensduur gegarandeerd is bij een ruimtetemperatuur van 35°C . Koelen op een temperatuur lager dan 35°C is voor wat de apparatuur betreft dus niet noodzakelijk.

De eisen ten aanzien van de relatieve vochtigheid van de lucht in de computerruimten voor de apparatuur zijn over het algemeen niet strikt. Veelal ligt deze eis tussen de 10% en 90%. Ont- of bevochtigen kan een grote bijdrage hebben in het energiegebruik voor klimatiseren en is voor wat de apparatuur betreft dus niet noodzakelijk.

3. ANALYSE VAN HET ENERGIEGEBRUIK EN BESPARINGSOPTIES

Als eerste is een uitgangssituatie bepaald voor:

- het energiegebruik van de apparatuur
- het energiegebruik voor de koeling
- het energiegebruik van de overige onderdelen (verlichting etc.)

Hierna zijn, aan de hand van de specificaties van de apparatuur, de nominale werktemperaturen bepaald. Hiermee kan worden bepaald hoeveel koelvraag vermeden kan worden wanneer de suites worden ingedeeld in verschillende klimaatzones.

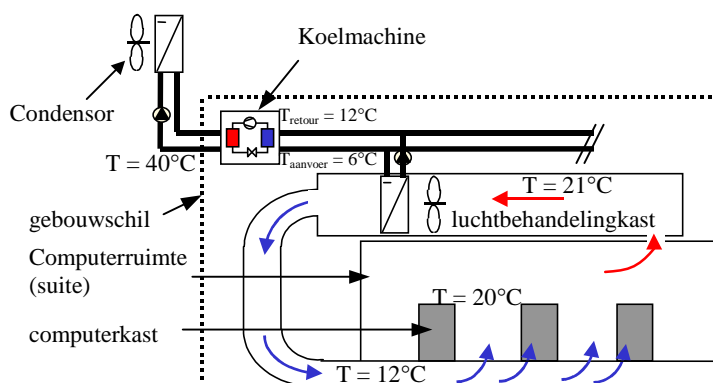
3.1 Uitgangssituatie

Uit energierapportages van verschillende ICT-bedrijven die ECN in het voorjaar van 2001 heeft ingezien, is een verdeling van het energiegebruik gemaakt. Circa 60% van het energiegebruik wordt veroorzaakt door de computerapparatuur zelf, 30% door de klimaatbeheersing en 10% door de ononderbroken elektrische voedingen, verlichting en overige functies (zie *Figuur 1*). Wanneer deze verdeling van het energiegebruik wordt toegepast op de twee geïnventariseerde ruimten, dan zou het jaarlijks energiegebruik van de suites er als volgt uitzien:

Tabel 2: Jaarlijks energiegebruik van de suites [kWh]

	Suite 1	Suite 2	Totaal
Computerapparatuur ⁴	105996	148044	254040
Klimaatbeheersing	52998	74022	127020
Overig	17666	24674	42340
Totaal	176660	246740	423400

In de uitgangssituatie wordt er vanuit gegaan dat een centrale compressiekoelmachine gedurende het gehele jaar koud water levert met een temperatuur van 6°C. Veelal wordt het op deze manier in de praktijk gedaan. Het gekoelde water wordt naar de luchtbehandelingskasten gepompt waar het door warmtewisselaars stroomt en de lucht uit de computerruimten afkoelt van ca. 21°C naar 12°C. Het water wordt met 12°C weer teruggevoerd naar de koelmachine waar het weer wordt afgekoeld naar 6°C. De koelmachines geven de warmte af aan buitenluchtgekoelde (droge) condensoren. *Figuur 7* geeft een overzicht van de installatie.



Figuur 7: Schets van de uitgangssituatie

⁴ Berekend door de getallen uit *Tabel 1* voor het werkelijk afgenomen vermogen te vermenigvuldigen met 8760 uur (1 jaar)

Tabel 3 geeft de verdeling van het energiegebruik voor klimaatbeheersing door de hierboven beschreven installatie. De getallen hierin zijn gebaseerd op gegevens uit de energierapportages van ICT bedrijven.

Tabel 3: Verdeling van het energiegebruik van de componenten in de klimaatinstallatie

Omschrijving	Deel van het totale energiegebruik voor klimaatbeheersing
Pompen	7 %
Luchtbehandelingkasten	17 %
Koelmachines (inclusief condensors)	76%

Tabel 4 geeft een overzicht van alle gegevens die relevant zijn voor het energiegebruik van de klimaatinstallatie.

Tabel 4: Gegevens van de klimaatinstallatie in de uitgangssituatie

Condensortemperatuur	40°C (droge condensor)
Verdampertemperatuur	6°C
Aanvoertemperatuur naar luchtbehandelingkasten	6°C
Retourtemperatuur naar luchtbehandelingkasten	12°C
Oppervlakte (suite 1 + 2)	80 m ²
Gewenste temperatuur in de computerruimten	20°C
Jaarlijks energiegebruik door pompen	8891 kWh
Jaarlijks energiegebruik door luchtbehandelingkasten	21593 kWh
Jaarlijks energiegebruik door koelmachines	96535 kWh
Totaal jaarlijks energiegebruik voor klimaatbeheersing	127020 kWh

3.2 Suites verdeeld in 3 klimaatzones

Voor het berekenen van de energiebesparing door verhoging van de ruimtetemperatuur, is uitgegaan van drie temperatuur zones: een ruimte van 30°C, een ruimte van 35°C en een ruimte van 40°C. Er wordt vanuit gegaan dat de temperaturen in de drie ruimten continu gehandhaafd wordt. Dit zal in de praktijk niet gebeuren omdat er af en toe werkzaamheden in de ruimten verricht zullen worden waardoor een lagere temperatuur gewenst is. De drie ruimtes zijn 'in gedachte' gevuld met de geïnventariseerde apparaten aan de hand van omgevingseisen van de apparatuur. Daarbij wordt een marge aangehouden tussen de nominale werkt temperatuur van de apparatuur en de gewenste temperatuur van de betreffende ruimte van 5°C. Het resultaat van deze theoretische indeling is weergegeven in *Tabel 5*.

Tabel 5: Indeling in 3 klimaatzones

	Ruimte 1 (30°C)	Ruimte 2 (35°C)	Ruimte 3 (40°C)
Aantal apparaten	110	58	26

Het energiegebruik door de computerapparatuur, de elektrische voeding en voor verlichting etc., is naar ratio van het aantal apparaten verdeeld over de ruimten. De verhoogde temperatuur in de ruimten ten opzichte van de uitgangssituatie heeft voordelen ten aanzien van het energiegebruik van koelinstallatie. Voor het inschatten van de energiebesparing die deze verhoogde temperaturen met zich meebrengen, is ervan uitgegaan dat de verdampertemperatuur 14°C onder de gewenste ruimtetemperatuur ligt. De condensor temperatuur blijft 40°C. De toename van het koelend effect van de verversingslucht en de transmissie door gevels naar buiten is niet meegenomen in de beschouwing. De bespaarde hoeveelheid energie is ingeschat door de verbetering van de COP van de koelmachine te bepalen ten opzichte van de uitgangssituatie. Het carnot-rendement is hiervoor constant verondersteld (0,55⁵). Door het benodigde

⁵ Het Carnot rendement van grote koelmachines ligt tussen de 0,5 en 0,6 ^[3]

koelvermogen te delen door de COP, kan het benodigde vermogen voor de koeling worden bepaald.

$$COP = \eta_{carnot} \cdot \frac{T_{verdamper} [K]}{T_{condensator} [K] - T_{verdamper} [K]}$$

Vergelijking 1: Bepaling van de COP van een koelmachine

Wanneer het Carnot rendement (0,55) en de condensortemperatuur (40°C) constant blijven wordt de COP, het benodigd vermogen voor koude opwekking en de besparing door bovenstaande vergelijking voor verschillende verdampertemperaturen:

Tabel 6: Besparing door verhoogde verdampertemperatuur

	Uitgangssituatie T _{verdamper} = 6°C	T _{verdamper} = 16°C	T _{verdamper} = 21°C	T _{verdamper} = 26°C
COP	4,5	6,6	8,8	11,7
Benodigd vermogen voor koudeopwekking (29 kW)	6,4	4,4	3,3	2,5
Besparing t.o.v. uitgangssituatie	-	32%	47%	62%

Hiervoor dienen echter wel aanpassingen te worden gepleegd aan de koelmachines zoals die in de uitgangssituatie wordt toegepast. Onderstaande tabel toont het energiegebruik in de klimaat-zones.

Tabel 7: Gegevens van de ingedeelde ruimten

	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3
Luchttemperatuur	30°C	35°C	40°C
Verdampertemperatuur	16°C	21°C	26°C
Energiegebruik computerapparatuur (kWh)	144803	76212	33025
Energiegebruik pompen (kWh)	5068	2667	1156
Energiegebruik luchtbehandelingkasten (kWh)	12308	6478	2807
Energiegebruik koelmachine (kWh)	17527	13602	7728
Overig energiegebruik (kWh)	24134	12702	5504
Totaal energiegebruik (kWh)	203840	111661	50220
Totale energiegebruik van ruimte 1, 2 en 3 (kWh)	365722		

In de uitgangssituatie wordt totaal 423400 kWh per jaar gebruikt. Door bovenstaande indeling wordt totaal 365722 kWh per jaar gebruikt. Totaal wordt in deze situatie dus 57678 kWh per jaar bespaard ten opzichte van de uitgangssituatie. Dit is ruim 13% van het totale energiegebruik in de uitgangssituatie.

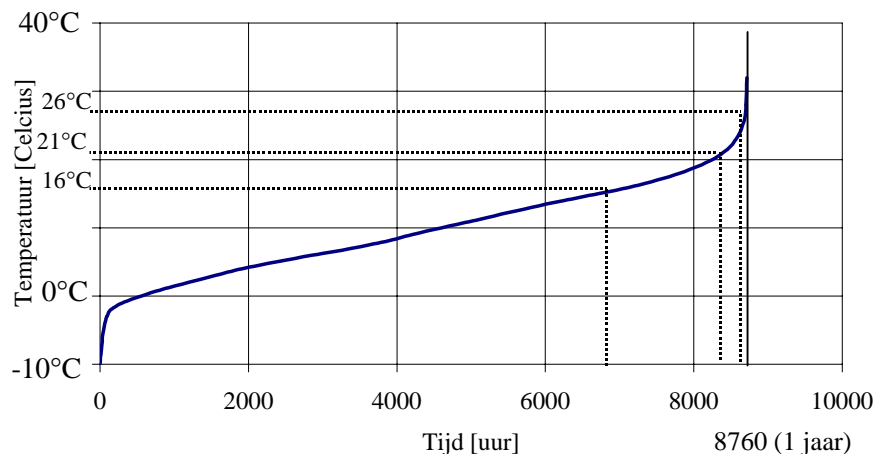
3.3 Vrije koeling

De energiebesparing die een hoger toelaatbare ruimtetemperatuur met zich meebrengt kan ca. 13% bedragen van het totale energiegebruik wanneer een centrale koelinstallatie (compressiekoeling) wordt toegepast. Dit wordt veroorzaakt doordat de installatie minder diep hoeft te koelen waardoor het rendement van de koudeopwekking verbetert. Verhoging van de ruimtetemperatuur resulteert ook in een groter aandeel van vrije koeling in de koude opwekking in installaties die hiertoe zijn ingericht. Het klimaat in Nederland is zodanig dat veel ‘gratis’ (duurzame) koude in de buitenlucht aanwezig is en het toepassen van vrije koeling maakt het mogelijk om deze koude te benutten. *Figuur 8* toont het aantal uren in een jaar dat de temperatuur zich onder een bepaalde waarde bevindt (1 jaar duurt 8760 uur). De weergegevens zijn afkomstig van het KNMI in de Bilt en zijn representatief voor het klimaat in Nederland.

De 3 horizontale lijnen in de grafiek van *Figuur 8* geven de benodigde verdampertemperaturen aan voor de computerruimten met een temperatuur van 30°C, 35°C en 40°C. De verdampertemperatuur ligt 14°C lager dan de ruimtetemperatuur omdat dit temperatuurverschil nodig is voor het overdragen van de warmte uit de lucht in computerruimte op de vloeistof in het koud waternet. De verticale lijnen stellen de tijdsduur voor dat de buitentemperatuur lager is dan de benodigde verdampertemperatuur. Volgend overzichtje geeft aan hoeveel procent van de tijd volledige koelvraag met vrije koeling gedekt kan worden:

- ca. 78% bij een toelaatbare ruimtetemperatuur van 30°C
- ca. 98% bij een toelaatbare ruimtetemperatuur van 35°C
- ca. 99,9% bij een toelaatbare ruimtetemperatuur van 40°C

Jaartemperatuur-kromme

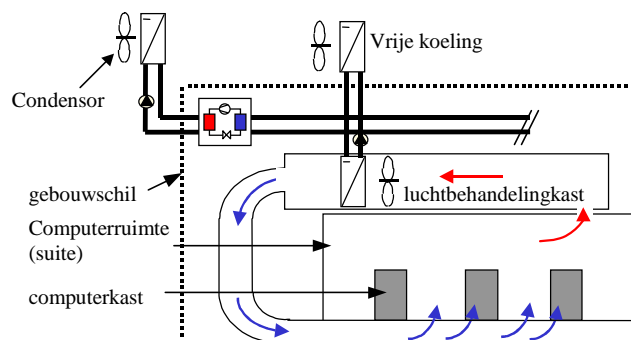


Figuur 8: Aantal uur dat de buitentemperatuur zich onder een bepaalde waarde bevindt

Een ander voordeel van vrije koeling heeft betrekking op de koude levering tijdens netuitval. Wanneer een ICT bedrijf ervoor kiest om uit zekerheidsoverwegingen ook de klimaatbeheersing aan te sluiten op noodstroomvoorziening, kan de capaciteit van de noodstroomvoorziening lager zijn in het geval wanneer vrije koeling wordt toegepast. Immers hoeven alleen de ventilatoren en de pompen worden aangedreven en geen zware koelmachines.

3.3.1 Implementatie van vrije koeling

Figuur 9 geeft een schematische weergave van de toepassing van vrije koeling. De dikke zwarte lijnen stellen het vloeistofsysteem voor. De pijlen stellen de warme en koude lucht voor. Op het dak zijn twee warmtewisselaars aangebracht. Eén daarvan doet dienst als condensor van de koelmachine, de ander wordt gebruikt voor vrije koeling. De (opgewarmde) vloeistof kan direct vanuit de warmtewisselaar in de luchtbehandelingkast naar de warmtewisselaar op het dak worden gepompt, waar de warmte wordt afgestaan aan de buitenlucht. De koelmachine gaat aan wanneer het buiten te warm is om de benodigde vloeistoftemperatuur te halen.



Figuur 9: Schematische weergave van de toepassing van vrije koeling

3.3.2 Besparing door toepassen van temperatuurverhoging en vrije koeling

Tabel 8 geeft de getallen weer voor de situatie wanneer vrije koeling wordt toegepast. In de uitgangssituatie wordt totaal 423400 kWh per jaar gebruikt. Door indeling in temperatuurzones en toepassen van vrije koeling wordt totaal 331070 kWh per jaar gebruikt. Ten opzichte van de uitgangssituatie wordt ruim 95% bespaard op de benodigde energie voor de koelmachines. Ten opzichte van het totale energiegebruik wordt ruim 21% bespaard door het toepassen van vrije koeling.

Tabel 8: Gegevens van de ingedeelde ruimten wanneer vrije koeling wordt toegepast

	Ruimte 1	Ruimte 2	Ruimte 3
Luchttemperatuur	30°C	35°C	40°C
Aandeel vrije koeling	78%	98%	99,9%
Energiegebruik computerapparatuur (kWh)	144803	76212	33025,2
Energiegebruik pompen (kWh)	5068,1	2667,4	1155,9
Energiegebruik luchtbehandelingkasten (kWh)	12308,2	6478,0	2807,1
Energiegebruik koelmachine (kWh)	3856,0	272,0	77,2
Overig energiegebruik (kWh)	24133,8	12702	5504,2
Totaal energiegebruik (kWh)	190169,1	98331,4	42569,6
Totale energiegebruik van ruimte 1, 2 en 3 (kWh)	331070,1		

4. CONCLUSIE EN AANBEVELING

Het opgenomen vermogen van de geïnventariseerde computerapparatuur bedraagt circa 23% van het opgestelde vermogen volgens de specificaties. Wanneer de koelinstallatie wordt gedimensioneerd op het opgestelde vermogen van de apparatuur, zal de capaciteit van de installatie bijna een factor 5 te groot zijn.

Het koelen van de onderzochte computerruimtes op een lagere temperatuur dan 30°C, is op grond van de specificaties niet noodzakelijk. Wanneer een minimale marge van 5°C onder de nominale werkt temperatuur van de apparatuur wordt aangehouden, kan het energiegebruik van de koelmachines met bijna 60% worden teruggebracht. Dat is ongeveer 13% van het totale energiegebruik. Wanneer tevens vrije koeling wordt toegepast, kan 95% van de energie benodigd voor de koelmachines worden bespaard, ofwel 21% op het totale energiegebruik.

De reden om de computerruimten te koelen op een temperatuur van 20°C heeft kennelijk een toegevoegde waarde voor de gebruikers van de ruimten met betrekking tot de betrouwbaarheid.

Het toepassen van vrije koeling verhoogt de betrouwbaarheid van de koudelevering ten opzichte van compressiekoelmachines.

De eisen ten aanzien van de relatieve vochtigheid van de lucht in de computerruimten voor de apparatuur zijn over het algemeen niet strikt. Veelal ligt deze eis tussen de 10% en 90%. Ont- of bevochtigen kan een grote bijdrage hebben in het energiegebruik voor klimatiseren en is volgens de klimaateisen in de specificaties niet nodig.

Praktisch aanvullend onderzoek naar de invloed van een verhoogde temperatuur op de betrouwbaarheid van de computerapparatuur, kan uitwijzen of de nominale temperatuureisen veilig kunnen worden benut. Ook zijn metingen van het energiegebruik voor wat betreft elektrische voeding, klimatiseren en overig in computerruimten noodzakelijk om de besparingen die in dit rapport zijn genoemd, te bevestigen.

Het opzetten van een praktijkexperiment is wenselijk. Hiermee kan worden bepaald hoeveel energie bespaard kan worden in een computerruimte door het optimaal benutten van alle beschikbare mogelijkheden.

The proof of the pudding is the eating.

Wie durft ...

REFERENTIES

- [1] E.J.T. Huiberts: *Mobiliteit van Data tegen (w)elke prijs? Verkennende studie naar het energiegebruik van ICT-infrastructuur voor 2000-2009*, Tebodin, Den Haag, maart 2001. Onderzoek uitgevoerd in opdracht van NOVEM.
- [2] M. Kunz: *Energy consumption of network components*, Basler & Hofmann, Zurich, november 1997.
- [3] Recknagel, Sprenger, Hönmann: *Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik*, Oldenbourg, 1986/1987.
- [4] De specificaties van de apparatuur zijn hoofdzakelijk afkomstig van de volgende websites:
Hewlett-Packard: <http://www.hp.nl/country/nl/dut/welcome.html>
Sun: <http://www.sun.com/documentation/>
Cisco: <http://www.cisco.com/univercd/home/home.htm>
Compaq: <http://www.compaq.com>
IBM: <http://www.ibm.com/products/us/>
Een voorbeeld van een dergelijke specificatie is bijgevoegd in bijlage C. De specificaties van de andere computerapparatuur zijn beschikbaar op een cd-rom en kan eventueel bij ECN worden opgevraagd.
- [5] J. Kester, F. Ligthart, N. Sijpheer: *Richtlijn voor energiebesparing in de ICT branche. Mb versus MWh*, ECN, Petten, juni 2001. Uitgevoerd in opdracht van NOVEM en de Milieudienst Amsterdam.

BIJLAGE A ONDERZOEKSPROJECT: "ENERGIEBESPARING BIJ KLIMAATINSTALLATIES IN DE ICT"

Beschrijving van de verschillende fases:

- 1. Inventariseren van omgevingseisen van computerapparatuur*
In deze fase zal een representatieve ruimte gekozen moeten worden met computerapparatuur. Uit deze ruimte worden een aantal rekken met computerapparatuur in detail, met behulp van de specificaties van de leveranciers van deze apparatuur, geïnventariseerd. Op deze wijze worden de opgegeven elektrische eigenschappen zoals aansluitvermogen, wissel- of gelijkspanning en energieverbruik van de apparatuur inzichtelijk gemaakt. Dit wordt ook gedaan met de benodigde omgevingseisen en gebruikseisen van de apparatuur.
- 2. Bepalen categorieën apparatuur*
Waarschijnlijk is het mogelijk om verschillende categorieën computerapparatuur te onderscheiden. Door categorieën te definiëren als bijvoorbeeld, omgevingseisen, storingskansen en energiegebruik en vervolgens de apparatuur hierop ruimtelijk in te delen en te conditioneren, kan al een besparing op het energiegebruik worden gerealiseerd. Om dit te realiseren zullen de gegevens uit de vorige fase nauwkeurig naast elkaar moeten worden gelegd. Er zal uiteindelijk een indicatie worden gegeven wat de haalbare energiebesparing zal zijn wanneer de apparatuur in categorieën worden ingedeeld en in welke categorieën de apparatuur kan worden onderverdeeld.
- 3. Bemeten van ruimte en apparatuur*
Om te bepalen wat het werkelijke energiegebruik is van de apparatuur (computers, koeling en overig) en om te kijken of de omgevingseisen voldoen aan de specificaties, is het noodzakelijk vochtigheid, ruimtetemperatuur, temperaturen in kabinetten en omkastingen, luchtverversing en energiegebruik van de apparatuur gedurende een periode van enkele maanden te meten.
- 4. Bepalen van verhouding tussen energiegebruik en aansluitvermogen*
Uit resultaten van voorgaande metingen, kan worden bepaald wat de verhouding is tussen aansluitvermogen en energiegebruik van de apparatuur.
- 5. Bepalen van effecten van ruimtetemperatuur op storingskansen en energiegebruik*
Aan de hand van voorgaande resultaten kan inzicht worden verkregen in effecten van ruimtetemperatuur op storingskansen en energiegebruik.

BIJLAGE B SPECIFICATIES VAN DE APPARATUUR IN DE GEÏNVENTARISEERDE RUIMTEN

SUITE 1

Apparaat	Beschrijving	vermogen	Temp. eis	Vocht. eis	Voedingsoort	Max opslag cap.	Aantal
CISCO catalyst 6500 series	IO	70/140 W	0/40 C	5/95%	3/75 VDC en 100/240 VAC		1
CISCO 7200 series	router	370 W	0/40 C	10/90%	100/240 VAC en -48/-60 VDC		1
CISCO 7500 series	router	715 - 1600 W	0/40 C	10/90%	40/48 VDC en 100/240 VAC		7
SUN microsystems enterprise 420R	server	ca. 450 W	?	?		9,1 GB tot 36,4 GB	4
SUN microsystems enterprise 450	server	1665 W	5/40 C	20/80%	90/264 VAC	36,4 GB tot 728 GB	4
SUN netra T1 105	storage&server	ca. 450 W	5/55 C *	20/80%	100/240 VAC	9 tot 18 GB	11
Hewlett-Packard N-class 9000	server	3000 W	5/35 C	15/80%	200/240 VAC	71 TB	2
Hewlett-Packard A-class 9000	storage&server	3000 W	5/35 C	15/80%		9 tot 72 GB	8
Hewlett-Packard Disk array fc60	storage	180 W	5/40 C	10/80%	100/240 VAC	9,1 Gb tot 4404 Gb	2
Hewlett-Packard Disk array sc10	storage	650 W	10/38 C	20/80%	100/240 VAC	730 GB	12
Totaal							52

SUITE 2

Apparaat	Beschrijving	vermogen	Temp. eis	Vocht. eis	Voedingsoort	Opslag	Aantal
CISCO catalyst 2900 series	IO	70/170 W	0/50 C	10/85%	5/12 VDC en 100/240 VAC		10
CISCO 7100 series	router	525 W	0/40 C	10/90%	100/240 VAC		1
CISCO 7200 series	router	370 W	0/40 C	10/90%	100/240 VAC en -48/-60 VDC		1
CISCO 3600 series	IO	250 W	0/40 C	5/95%	100/240 VAC en -38/-75 VDC		2
CISCO 2600 series	router	72 W	0/40 C	5/95%	100/240 VAC en -38/-60 VDC		3
COBALT RAQ4	server	60 W	0/35 C	10/90%	100/240 vac		4
Compaq Proliant	storage&server	292 W	10/35 C	8/90%	100/240 VAC	2x36,4 GB	7
Compaq Deskpro en	workstation	55					3
Compaq proliant 800	server	400 W	10/35 C	20/80%	100/240 VAC	72,8 GB	3
Compaq proliant ml 350	server	457 W	10/35 C	20/80%	100/240 VAC	218 Gb	3
Compaq proliant ml 370	server	550 W	10/35 C	8/90%	90/240 VAC	30 TB	20
Compaq proliant ml 570	server	703 W	10/35 C	20/80%	90/240 VAC	436,8 GB	2
Compaq proliant 3000	server	1153 W	10/35 C	20/80%	100/240 VAC	20 TB	5
Compaq prosignia 200	server	498 W	10/35 C	8/90%	100/240 VAC	26,8 GB	4
Compaq proliant dl 360	server	292 W	10/35 C	8/90%	100/240 VAC	72,8 GB	5
Compaq proliant dl 380	server	432 W	10/35 C	8/90%	90/260 VAC	218 GB	15
Compaq proliant dl 380	server	225 W	10/35 C	20/80%	100/250 VAC	252 GB	1
Compaq proliant 1600	server	500 W	10/35 C	20/80%	90/240 VAC	218 GB	3
Compaq storageworks raid array 4100	opslag	200 W	10/35 C	20/80%	110/240 VAC	436,8 GB	1
Compaq storageworks TL891 dlx minilibrary	opslag	200 W	10/35 C	20/80%	?	3,15 TB	2
IBM netfinity 4500	server	300 W				218 GB	1
IBM netfinity 5000	server	300 W					1
IBM netfinity 5500	server	300 W					1
CYBEX 4040	IO	550 W maxima	5/40 C	90 max	90/240 VAC		17
DELL Poweredge 2400	server	330 W	10/35 C	8/80%	110/220 VAC	364 GB	3
DELL Poweredge 2200	server	230 W	10/35 C	8/80%	115/230 VAC		1
Livingston enterprises, Portmaster 2e	server	300 W	5/45 C	20/80%			1
SUN microsystems enterprise 450	server	1665 W	5/40 C	20/80%	90/264 VAC	36,4 GB tot 728 GB	2
SUN netra T1 105	storage&server	ca. 450 W	5/55 C	20/80%	100/240 VAC	9 tot 18 GB	4
SUN storage A 1000	storage	320 W	5/40 C	20/80%	100/240 VAC	18,2 tot 436,8 GB	1
Hewlett-Packard Netserver LH 6000R	storage&server	810 W 1160 W	5/35 C	20/80%	90/264 VAC	440 Gb	1
Hewlett-Packard Netserver lh 3000	storage server	825 W	5/35 C	20/80%	90/264 VAC	513 GB	1
Hewlett-Packard Disk array fc60	storage	180 W	5/40 C	10/80%	100/240 VAC	9,1 Gb tot 4404 Gb	1
Hewlett-Packard Disk array sc10	storage	650 W	10/38 C	20/80%	100/240 VAC	730 GB	2
Hewlett-Packard Tape library	Backup	200 W	10/35 C	20/80%	100/240 VAC	2,4 Tb	1
PowerMac 7500/100	server	150	10/40 C	5/95%	100/240 vac	1 GB	4
Apple pc	workstation	55	10/40 C	5/95%	100/240 vac		7
Totaal							144

* De temperatuur van 55°C kan gedurende 4 etmalen worden gehandhaafd zonder dat dit nadelige effecten met zich meebrengt.

BIJLAGE C VOORBEELD VAN EEN SPECIFICATIE

The Tools You Need for Installation

- An 8mm wrench (for assembling the rack mounting)
- A small flat-head screwdriver (for installing hard disks)
- An ESD pad and an anti-static wrist strap and earthing point (to protect the components of the system if you need to install any hardware options)
- A No 2 Phillips screwdriver (and a No. 1 Phillips screwdriver if you are installing additional memory)
- A Thomas & Betts two-hole lug (part number: 54204-UB) and a Thomas & Betts crimping tool (part number: TBM 5-S) (you will need these tools if you need to use a two-hole ground connection; see Chapter 3)

Your Operating Environment

The System's Tolerance of Different Environmental Conditions

You can operate and store the system safely in the following conditions:

- Ambient temperature
 - Operating: 0°C to 40°C (temporary operation outside these limits is permitted for a maximum of 96 hours within the range -5°C to 55°C)
 - Storage: -40°C to 70°C
- Temperature variation
 - Operating: 30°C/hr maximum
 - Storage: 30°C/hr maximum
- Relative humidity
 - Operating: 5% to 85% (non-condensing)
 - Storage: 10% to 95% (non-condensing)
- Altitude
 - Operating: -300m to +3000m
 - Storage: -300m to +12000m
- Earthquake

The system conforms to the NEBS requirements for earthquake zone 4