



Rijksdienst voor Ondernemend
Nederland

Besparingsopties in datacentra en serverruimten 2021 en 2025

In opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat

Besparingsopties in datacentra en serverruimten 2021 en 2025

Door D. H. Harryvan, Certios B.V.

In opdracht van RVO

Referentie: PO15620027

Versie | status

V7 | finale versie

Classificatie

Open

Auteur

Dr. D.H. Harryvan (Certios B.V.)

TERMS OF REFERENCE

Projecttitel: LEAP, besparingsopties 2021 en 2025 in datacenters en computerruimten.

In de Innovatietrack van het Low Energy Acceleration Program (LEAP) wordt onderzocht hoe de transitie naar een duurzame digitale infrastructuur versneld kan worden, waarbij we ontwikkeling en toepassing van innovaties integreren in het energiesysteem en landschap op basis van circulair gebruik van materialen.

Dit document is onderdeel van de Technology Roadmap, een overzicht van technologieën en technologische ontwikkelingen met impact op korte, middellange en lange termijn. Er wordt daarbij gekeken hoe nieuwe technologie kan leiden tot een duurzame digitale infrastructuur en welke versnelling hier vanuit LEAP mogelijk is. Om kansen op verduurzaming op korte termijn (de eerste horizon) beter in beeld te krijgen is de vraag:

Welke technologieën, of een samenstel daarvan, die nu niet op de EML voor commerciële datacenters en computerruimtes of gebouwen zijn opgenomen, hebben perspectief om in de update voor 2023 (start update zomer 2021) of 2027 (start update in 2025) meegenomen te worden?

Gevraagd is een overzicht te maken.

In dit overzicht willen we naast 'kansrijke EML-toevoegingen' ook een overzicht van technologieën die het (net) niet halen op de EML vermeld te worden maar die wel leiden tot aanzienlijke verduurzaming, waardoor stimulering vanuit LEAP een goed idee kan zijn.

Naast de categorie EML, is er ook zgn. Duurzaam Beheer en Onderhoud (DBO); wat niet een investering vergt, noch aangeschaft, gemonteerd of toegevoegd hoeft te worden, past per definitie niet op de EML maar past mogelijk wel in de DBO-richtlijnen. Voor het Bevoegd Gezag is DBO weliswaar een aandachtspunt, maar moeilijk handhaafbaar. Bij keuze tussen opname in EML of DBO is daarom 'beter' om het zo te formuleren, dat het binnen de EML-kaders past, dan om het toe te voegen aan de DBO-richtlijnen.

Gevraagd is een overzicht van technologische oplossingen en ontwikkelingen.

Oplossingen en ontwikkelingen die leiden tot een aanzienlijke verduurzaming voor EML en DBO-toevoegingen, geënt op de update voor 2023 en 2027 en welke LEAP kan gebruiken in het verder vormgeven van de LEAP-aanpak tot 2030.

De volgende aspecten worden beschreven per technologische oplossing:

- datacenter layers/structure: computers, opslag, netwerk en bezettingsgraden;
- verduurzamingspotentieel in energiebesparing, energie-efficiency of andere duurzaamheidsaspecten (CO₂ of circulair);
- fase van ontwikkeling/technology readiness (TRL);
- complexiteit implementatie;
- relevante (markt)partijen (aanbieders, onderzoekers);
- (eerste) onderscheid EML (gebouw, proces, faciliteit) en/of DBO.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Datum 12 oktober 2020

Referentienummer P015620027

Huidige relevante EML's:

Commerciële datacenters:

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/04/erkende-maatregelenlijst-commerciele-datacenters-april-2020.pdf>

En kantoren:

<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/04/erkende-maatregelenlijst-kantoren-april-2020.pdf>

INHOUDSOPGAVE

| | |
|--|----|
| TERMS OF REFERENCE | 2 |
| 1 DATACENTER TECHNOLOGIE | 4 |
| 1.1 SCHEMATISCHE OPBOUW ICT DIENST | 4 |
| 1.1.1 Servers..... | 4 |
| 1.1.2 Virtuele machines, containers en ‘serverless computing’ | 7 |
| 1.1.3 Virtuele netwerken en dataopslag | 9 |
| 1.2 SCHEMATISCHE OPBOUW DATACENTER FACILITEITEN | 10 |
| 1.2.1 Schematische opbouw stroomvoorziening | 11 |
| 1.2.2 Conventionele luchtkoeling van ICT | 12 |
| 1.2.3 vloeistofkoeling met koelplaten..... | 15 |
| 1.2.4 immersie koeling | 16 |
| 1.3 AFVOER VAN WARMTE UIT HET DATACENTRUM..... | 17 |
| 1.3.1 Directe luchtkoeling..... | 17 |
| 1.3.2 Indirecte luchtkoeling | 18 |
| 1.3.3 Indirecte water koeling..... | 19 |
| 1.4 LUCHTSCHIEDING EN LUCHTDISTRIBUTIE IN HET DATACENTRUM..... | 19 |
| 1.5 WARMTE HERGEBRUIK, ADSORPTIE EN ABSORPTIE KOELMACHINES..... | 20 |
| 1.5.1 Thermische energie opslag | 21 |
| 1.6 OVERZICHT ‘NIEUWE’ TECHNOLOGIE..... | 23 |
| 2 BESTAANDE EML | 27 |
| 3 EUROPESE CODE OF CONDUCT | 29 |
| 3.1 DATA CENTRE UTILISATION, MANAGEMENT AND PLANNING | 30 |
| 3.2 RESILIENCE LEVEL AND PROVISIONING | 30 |
| 3.3 SELECTION AND DEPLOYMENT OF NEW IT EQUIPMENT | 31 |
| 3.4 DEPLOYMENT OF NEW IT SERVICES | 31 |
| 3.5 MANAGEMENT OF EXISTING IT EQUIPMENT AND SERVICES / DATA MANAGEMENT | 31 |
| 3.6 COOLING | 31 |
| 3.7 DIRECT LIQUID COOLING EN HEAT REUSE..... | 32 |
| 4 AANPASSINGEN AAN DE EML | 32 |
| 4.1 SUGGESTIES VOOR NADERE UITWERKING MAATREGELEN | 34 |
| 5 AANBEVELINGEN | 35 |

1 DATACENTER TECHNOLOGIE

In het volgende hoofdstuk worden technologieën die in een datacentrum gebruikt worden, besproken in samenhang met de ontwikkeling van deze technologieën. Voor de goed geïnformeerde lezer kunnen de paragrafen als achtergrondinformatie worden beschouwd en kan het voldoende zijn om direct door te gaan naar de samenvatting van dit hoofdstuk: paragraaf 1.6.

De reden voor het bestaan van datacenters/serverruimten is het verlenen van ICT-diensten (functioneel). Het belang van ICT voor zowel het sociale leven als de (wereldwijde) economie is in de afgelopen jaren alleen maar gegroeid. Met deze groei is ook het belang van een altijd aanwezige (24 uur per dag, 365 dagen per jaar) hoog betrouwbare dienstverlening gegroeid.

ICT kent een systeembenadering en een architectuur. Deze architectuur bestaat uit een (de)compositie van subsystemen en onderliggende componenten. Deze (sub)systemen en componenten interacteren met elkaar. Op systeemniveau spelen, naast functionaliteit, ook meerdere, soms conflicterende, systeemkarakteristieken. Deze systeemkarakteristieken zijn bijvoorbeeld: uitbreidbaarheid, robuustheid, veiligheid/beveiliging, latency, kosten en energieconsumptie. Op systeemniveau is het de uitdaging om functionaliteit te bieden met een 'optimale' mix van deze systeemkarakteristieken.

In de meest brede benadering wordt op systeemniveau het energieverbruik geoptimaliseerd. Alternatieve architecturen kunnen leiden tot meer of minder energiezuinige systemen. De scope van dit document is echter beperkt tot de toepasbaarheid van de lijst van energie efficiënte maatregelen. Om deze reden wordt niet de breedte van de systeembenadering maar meer een component benadering gebruikt. Componenten hebben allemaal hun individuele eigenschappen, waaronder energieverbruik. In de voorgestelde maatregelen is rekening gehouden met het energiegebruik, zonder de andere systeemkarakteristieken uit het oog te verliezen.

De basis voor de voorgestelde maatregelen in en rondom de ICT-dienstverlening door datacenters (computerruimten) is het inzicht in de opbouw van deze omgevingen en een aanduiding van het energieverbruik van de componenten.

1.1 SCHEMATISCHE OPBOUW ICT DIENST

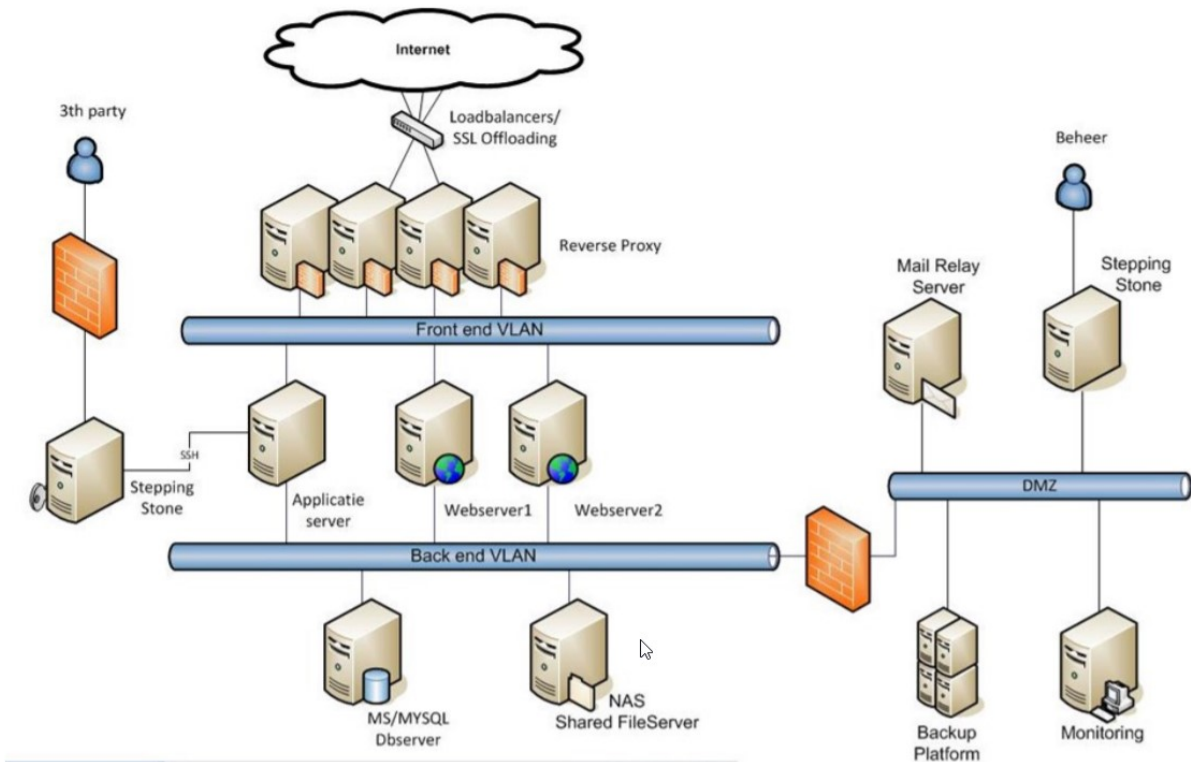
De bovengenoemde componentbenadering betreft binnen de ICT in principe 3 basisfuncties die hieronder staan vermeld. Hoewel de grenzen van apparatuur en functie steeds verder vervagen - de data verwerkende server doet bijvoorbeeld ook datatransport en opslag - zijn aan deze functies traditioneel ook apparatuur elementen verbonden.

1. Dataverwerking: servers, CPU's
2. Data transport: switches, Routers, firewalls, load balancers glas, koper en wireless netwerken
3. Dataopslag: NAS, SAN, disks, tapes, geheugen, SSD.

Met deze basisfuncties wordt door een applicatie (of samenstelsel van applicaties) een dienst opgebouwd.

1.1.1 Servers

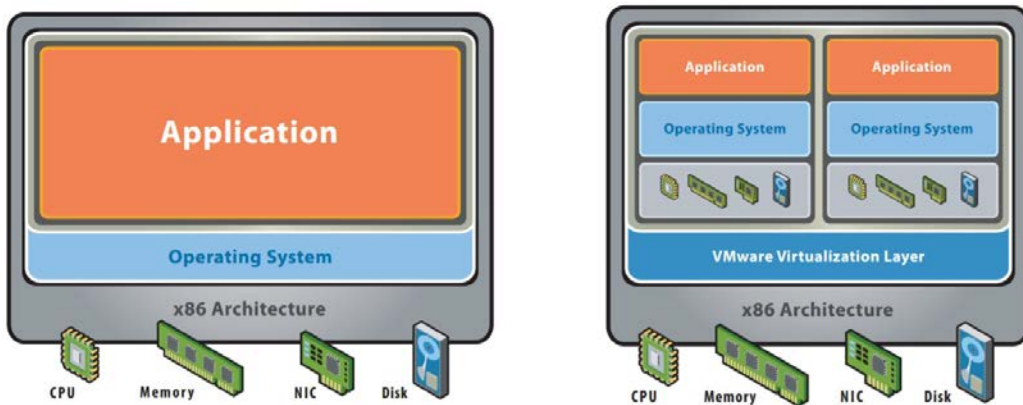
In het verleden werden deze architectuurelementen in fysieke apparatuur uitgerold. Zo zag een webwinkel architectuur eruit (zie figuur 1):



figuur 1 : traditionele webwinkel architectuur

(Bron: KPN 'webhosting XL-dienstbeschrijving (2014))

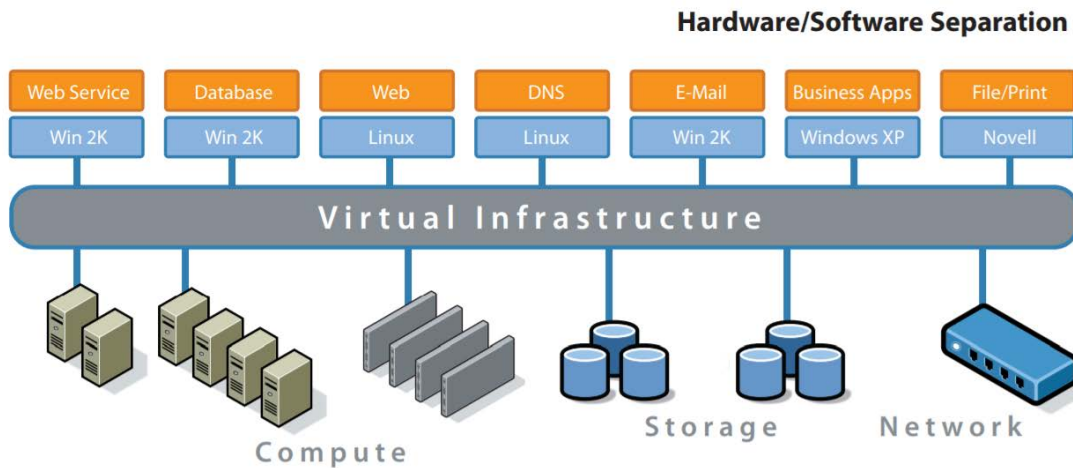
Elk van de in figuur 1 ingetekende elementen kan een fysieke server zijn, maar tegenwoordig worden de meeste van deze elementen 'virtueel' (door een applicatie) aangeboden (zie figuur 2).



figuur 2 : fysieke en virtuele machines

(bron: VMware Virtualization overview whitepaper)

Uiteindelijk worden alle basiselementen van de ICT-infrastructuur, capaciteitselementen binnen een complete virtuele infrastructuur. Hierin zijn functies flexibel gedefinieerd en kunnen worden verschoven over de capaciteitselementen. Een dergelijke virtuele infrastructuur staat een hoge mate van optimalisatie toe. Waar in de fysieke omgeving ieder component in staat moet zijn om de pieklast te verwerken, is in de gedeelde infrastructuur veel minder capaciteit nodig voor de opvang van pieken, omdat de pieken in de verschillende functies zelden of nooit samenvallen en de overcapaciteit beschikbaar is voor alle functionele elementen.



figuur 3 : virtuele infrastructuur

(bron : VMware Virtualization overview whitepaper)

De opkomst van virtualisatie werd in eerste instantie gedreven door de enorme toename van rekenkracht van de fysieke servers. Niet alleen werden de klok frequenties hoger (voorbij 3 GHz), ook het aantal rekenkernen (cores) in een CPU-package werd steeds groter, tot momenteel wel 24 (zie figuur 4).

Om effectief gebruik te kunnen maken van dergelijke rekenkracht, moet het ontwerp van applicaties aangepast worden zodat deze met meerdere CPU's om te gaan. Omdat de meeste applicaties en operating systems dit niet konden werd het noodzakelijk om de fysieke hardware op te delen in meerdere 'virtuele' delen.

Nog steeds is de belasting van CPU's in servers een aandachtspunt. De CPU-belasting wordt vaak uitgedrukt als het *percentage van het totaal van de klokcycli dat een daadwerkelijk commando verwerkt*. Deze belasting komt gemiddeld vaak ver onder de 20% uit.

De inzet van 'power management' technieken, waarbij zowel de klokfrequenties als het aantal actieve cores tijdelijk omlaag kan worden gebracht, blijft daarom onverminderd van belang. In figuur 4 staan, naast het aantal processor kernen ook de basis (nominale) klokfrequentie en de maximale klokfrequentie van de benoemde processor typen.

Het energiegebruik gedurende normale belasting, op nominale frequentie, wordt gegeven door het 'Thermal Design Power' (TDP) getal. Het energieverbruik op lagere frequenties ligt hier ver onder maar het energieverbruik op de maximale (turbo) frequenties ligt veel hoger. Omdat de processor koeling is afgestemd op het TDP kan een processor alleen onder specifieke condities, kortstondig op deze turbo frequenties draaien omdat het anders oververhit raakt. Eén van de condities is dat een deel van de processorkernen is uitgeschakeld, hetgeen door de power management feature kan worden bewerkstelligd.

| | 1080p Gaming Score | 1440p Gaming Score | CPU | Cores/Threads | Base/Boost GHz | TDP |
|-----------------------|--------------------|--------------------|----------------|---------------|----------------|------|
| Ryzen 9 5900X | 100% | 100% | Zen 3 | 12/24 | 3.7 / 4.8 GHz | 105W |
| Ryzen 9 5950X | 99.77% | 99.38% | Zen 3 | 16/32 | 3.4 / 4.9 GHz | 105W |
| Ryzen 7 5800X | 97.22% | 99% | Zen 3 | 8/16 | 3.8 / 4.7 GHz | 105W |
| Ryzen 5 5600X | 96.90% | 95.30% | Zen 3 | 6/12 | 3.7 / 4.6 GHz | 65W |
| Intel Core i9-10900K | 88.97% | 95.30% | Comet Lake | 10/20 | 3.7 / 5.3 GHz | 125W |
| Intel Core i9-10850K | 87.36% | 94.52% | Comet Lake | 10/20 | 3.6 / 5.2 GHz | 95W |
| Core i7-10700K | 84.39% | 92.05% | Comet Lake | 8/16 | 3.8 / 5.1 GHz | 125W |
| Intel Core i9-10980XE | 83.64% | 88.18% | Cascade Lake-X | 18/36 | 3.0 / 4.8 GHz | 165W |
| Threadripper 3960X | 78.03% | 82.32% | Zen 2 | 24/48 | 3.8 / 4.5 GHz | 280W |

figuur 4 : 11/2020 CPU ranking for gaming

Bron: <https://www.tomshardware.com/reviews/cpu-hierarchy,4312.html>

Nb: de boven getoonde virtuele infrastructuur in figuur 3, is gericht op het ondersteunen van typische datacentra-applicaties in de zin dat de reactietijden van dergelijke applicaties niet op microseconde tijdschaal gemeten worden. Voor (near) realtime systemen wordt de virtualisatie laag als additionele vertraging gezien. Dergelijke systemen zijn in de regel klein, zowel in fysieke als digitale zin. Het kleine fysieke formaat, gekoppeld met lichtgewicht besturingssystemen, maken de snelle reacties op input mogelijk. Dergelijke systemen moeten echter ook heel dicht op de bron/ontvanger van de data worden geplaatst (zgn. 'embedded') en worden niet in grote getalen in datacentra geplaatst. Om deze reden vallen dergelijke systemen buiten de scope van dit document.

1.1.2 Virtuele machines, containers en 'serverless computing'

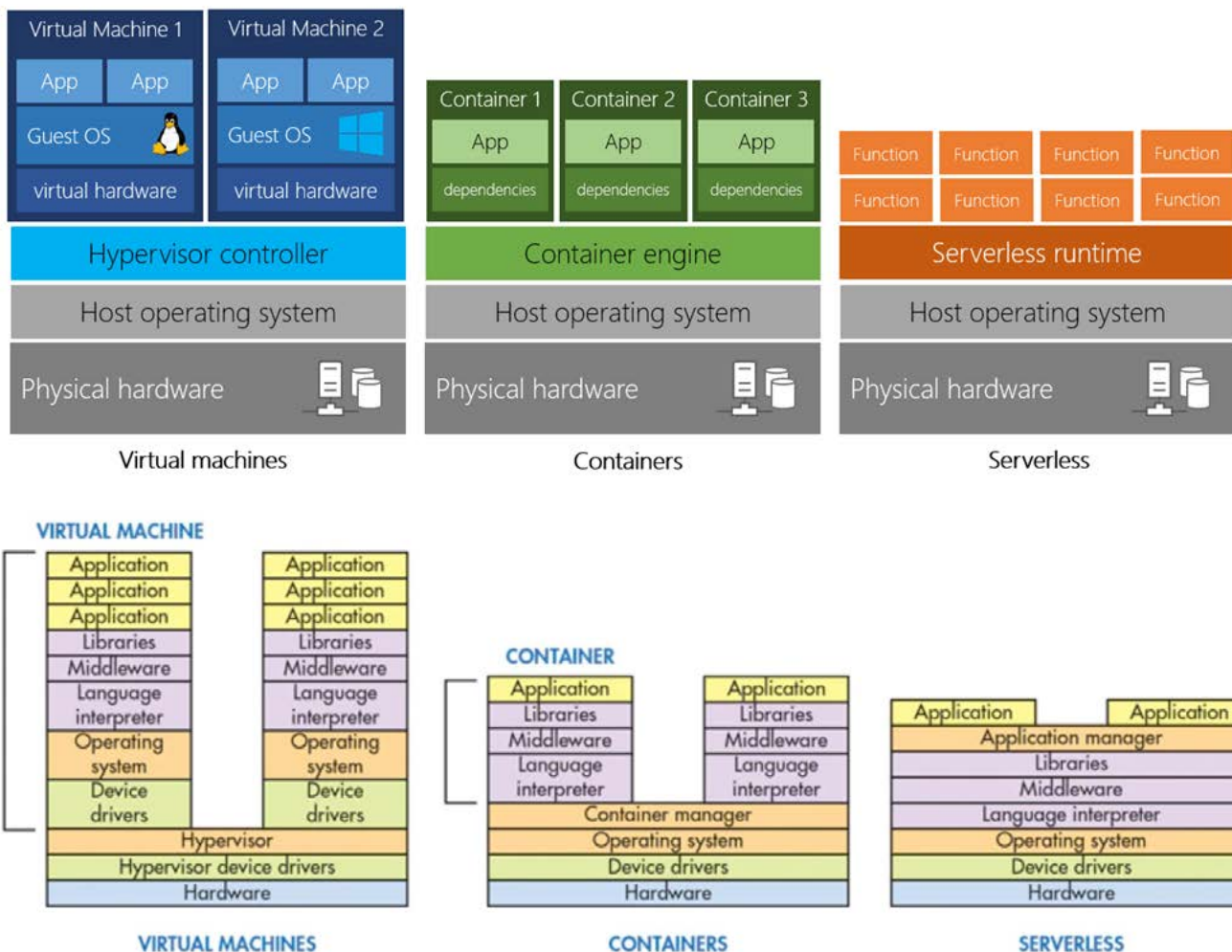
In figuur 3 (virtuele infrastructuur) is te zien dat de verschillende softwarepakketten zijn geïnstalleerd in eigen 'virtuele machines'. Deze virtuele machines (VM's) zijn software constructies en van belang is dat binnen deze software constructie het operating systeem (OS) wordt geladen, alsof er nog steeds sprake is van een fysieke machine. Om onderscheid te maken tussen de verschillende OS-lagen wordt in de regel gesproken van het 'host OS'; de onderste laag die ook de virtualisatie software, de 'hypervisor' bevat, en 'guest OS'; 1 voor iedere VM. Iedere VM heeft dus een eigen OS dat zelf ook processorcycli, geheugen en opslagcapaciteit nodig heeft. In een zwaar gevirtualiseerde omgeving kan het voorkomen dat het Windows OS tientallen keren is geïnstalleerd op 1 'host OS'.

Een veel 'lichtere' vorm van virtualisatie wordt gerealiseerd door niet met virtuele machines maar met 'containers' te werken. Deze lichtgewicht virtualisatie wordt geleverd door het operating systeem (Unix/Linux/Windows) en isoleert applicaties zoals ook VM's dat doen maar - anders dan met VM's - delen de containers een enkel operating systeem. Containerisatie van applicaties is te realiseren door de applicatie in zijn geheel in een container te plaatsen. In de regel wordt echter een applicatie voor een dergelijke stap juist opgedeeld in meerdere containers. Het grote voordeel hiervan is dat verschillende onderdelen van een system, onafhankelijk van elkaar kunnen opschalen omdat ze in aparte containers zitten. Daardoor draait potentieel op de servers alleen wat er voor de service op dat moment nodig is. Het concept van deze aanpak, het los opschalen van onderdelen van een

applicatie, wordt nog steeds verder gedreven, zie hiervoor de uitleg rondom ‘serverless’ computing onderaan deze paragraaf.

Container virtualisatie bestaat al tientallen jaren. Met de komst van container management omgevingen, zoals ‘Kubernetes’ en ‘Docker swarm’, hebben containers enorm aan populariteit gewonnen. Het is van belang, uit het oogpunt van energie-efficiëntie, dat containers veel minder capaciteit vragen van de onderliggende fysieke machine. Er kunnen dus ook veel meer containers dan VM’s op een host worden geïnstalleerd. Uiteraard zijn er verschillen tussen VM’s en containers, in de mate van applicatie isolatie. Er is ook verschil in de functionaliteit die geboden wordt door een hypervisor en een container engine (zie figuur 5). De meest populaire container engine op dit moment is ‘Docker’. Mits er voldoende kennis is bij de ICT-beheersorganisatie, levert de inzet van containers in plaats van VM’s een aanzienlijke efficiëntie winst.

Na de brede acceptatie van containers door de markt is momenteel een derde vorm van virtualisatie sterk in opkomst; ‘serverless computing’. De term ‘serverless’ is in zoverre misleidend dat er natuurlijk nog steeds een server nodig blijft om het rekenwerk te verzetten, maar de term verwijst naar de mate waarin applicatieontwikkelaars nog met deze hardware en diens eigenschappen worden geconfronteerd. De drijfveren achter deze ontwikkeling zitten dan ook in de applicatieontwikkeling. In serverless computing worden geen volledige applicaties meer gezien, maar verzamelingen van functies (microservices). Deze functies kunnen los van elkaar ontwikkeld worden en, belangrijk voor de energie-efficiëntie, worden alleen aangeroepen indien nodig. De functies verbruiken dus nauwelijks capaciteit wanneer zij inactief zijn.



figuur 5 : verschillen tussen VM, Container en serverless

Bron: <https://www.electronicdesign.com/technologies/embedded-revolution/article/21805536/vm-containers-and-serverless-programming-for-embedded-developers> (onder) en <https://allaboutdynamic.com/2020/05/30/azure-fundamentals-virtual-machines-vs-containers-vs-serverless-computing/>

In de regel bouwen gewone bedrijven geen serverless infrastructuur, 'serverless' wordt aangeboden door grote Cloud providers zoals Azure, AWS Lambda en Google Cloud (<https://www.zdnet.com/article/enterprise-serverless-computing-providers-comparing-the-top-contenders/>).

Als eerder aangegeven, de 'onderlaag' van de ICT-infrastructuur bestaat nog steeds uit een aantal fysieke machines, het capaciteitsgebruik op deze machines alsook het energiegebruik van deze machines kan worden gemeten en geregistreerd. De mogelijkheden van power management op deze hardware platformen moeten ongeacht de vorm en mate van virtualisatie worden benut.

Het energiegebruik van de ICT-infrastructuur wordt in de markt aangeduid met 'ICT-energie (E_{ict})'. Deze energie is volledig elektrisch en wordt binnen de muren van het datacentrum geheel omgezet in warmte.

1.1.3 Virtuele netwerken en dataopslag

Niet alleen de eerste 'basisfunctie' *dataverwerking* wordt geraakt door virtualisatie, ook de tweede *datatransport* en derde *dataopslag* kennen een steeds verder oprukkende mate van abstractie.

Voor zowel netwerkverkeer als opslag gelden vergelijkbare invloeden op efficiëntie. Afstanden waarover data getransporteerd moeten worden en de mate waarin dezelfde data gemultipliceerd is opgeslagen, gaan hand in hand. Een wellicht sprekend voorbeeld hiervoor is de lijst met de meest bekeken YouTube video's'.

https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_most-viewed_YouTube_videos#:~:text=%22Baby%20Shark%20Dance%22%20by%20Pinkfong,views%20as%20of%20November%202020.

Top 30 most-viewed YouTube videos^{[26][27]}

| No. ↕ | Video name ↕ | Uploader / artist ↕ | Views (billions) ↕ | Upload date ↕ | Note |
|-------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------|------------------|------|
| 1. | "Baby Shark Dance" ^[28] | Pinkfong Kids' Songs & Stories | 7.24 | June 17, 2016 | [B] |
| 2. | "Despacito" ^[30] | Luis Fonsi featuring Daddy Yankee | 7.07 | January 12, 2017 | [C] |
| 3. | "Shape of You" ^[31] | Ed Sheeran | 5.07 | January 30, 2017 | [D] |
| 4. | "See You Again" ^[32] | Wiz Khalifa featuring Charlie Puth | 4.83 | April 6, 2015 | [E] |

figuur 6 : meest bekeken YouTube filmpjes

Als een filmpje 7 miljard keer is bekeken wil dit zeggen dat identieke data 7 miljard maal over onderliggende netwerken is getransporteerd. YouTube heeft, om snelle responstijden te kunnen leveren en dit verkeer over lange afstanden te voorkomen, een groot aantal kopieën van deze data binnen ieder van haar locaties opgeslagen. Voor een bedrijf als YouTube is een dergelijke optimalisatie onderdeel van het dagelijks functioneren. Hoewel dit waarschijnlijk wordt gedreven door de noodzaak van snelle responstijden, heeft dergelijke optimalisatie een grote impact op het energieverbruik van de gehele infrastructuur, door het voorkomen van veelvuldig langeafstand transport.

Op veel kleinere schaal kan ook gedetecteerd worden dat communicatie tussen bepaalde applicaties vaak voorkomt. Het op basis van bekende relaties plaatsten en verplaatsen van dergelijke applicatie clusters is dan ook goed voor de gebruikservaring en de efficiëntie. In een goed ontworpen infrastructuur vindt het merendeel van de communicatie plaats, in volgorde van nabijheid, binnen een fysieke machine (tussen VM's, containers ed.), binnen een rack (tussen fysieke machines onderling en de dataopslagsystemen in dat rack), tussen nabijgelegen racks en binnen het datacenter.

De mogelijkheden voor de opbouw van de noodzakelijke flexibele netwerken wordt gegeven door netwerk virtualisatie dat de afgelopen jaren tot volle wasdom is gekomen.

De (ver)plaatsing van applicaties binnen een infrastructuur, op basis van systeem belasting en communicatie relaties, wordt hierdoor steeds complexer en vereist toegevoegde ondersteuning van algoritmes. Binnen de wetenschappelijk wereld wordt hiernaar al geruime tijd onderzoek gedaan, zie hiervoor als voorbeeld:

Safoon Azizi et.al.; An energy-efficient algorithm for virtual machine placement optimization in cloud data centers *Cluster Computing* volume 23, (March 2020) pages 3421–3434.

Ook in de derde basisfunctie *dataopslag* heeft veel ontwikkeling plaatsgevonden. Op fysiek gebied is er de ontwikkeling naar Solid State Drives (SSD), dataopslag media welke geen bewegende onderdelen bevatten en welke betere reactietijden geven dan de mechanische (roterende) harde schijven (HDD). De op hoge snelheid roterende (15.000 RPM) schijven worden als eerste vervangen door SSD. Een nog snellere opslag variant is momenteel in ontwikkeling, het zgn. 'persistent memory' (PMEM) (zie Intel). Het persistent memory is een vorm

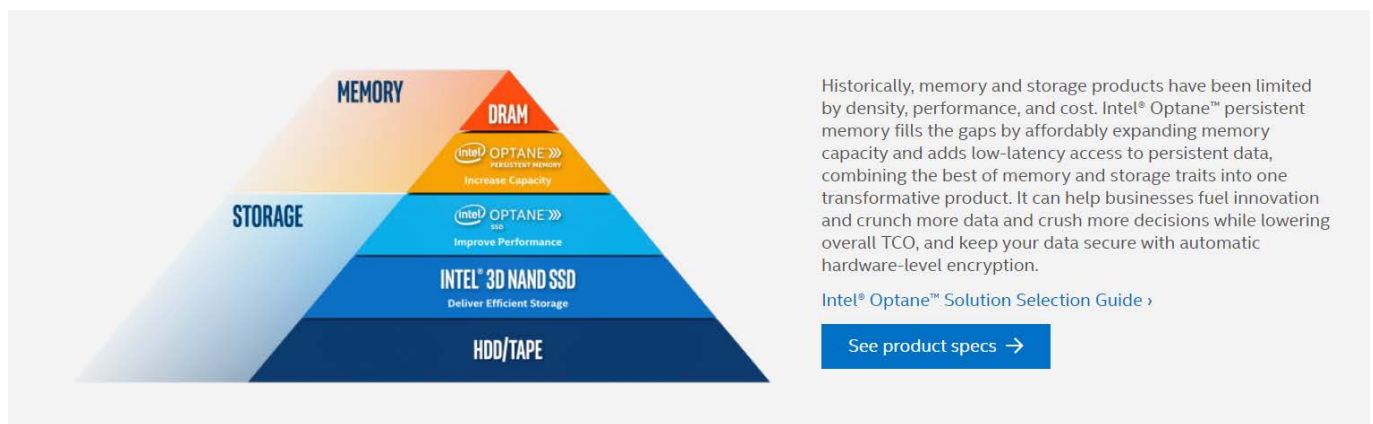
van RAM die persistent is, c.q. de data niet verliest als de spanning op de systemen wegvalt. Vorm en adreseerbaarheid is identiek aan de huidige RAM-modules in computers maar er worden veel hogere capaciteiten geboden, tot 256 GB per module (i.p.v. 64 GB RAM modules).

Het persistent memory is minder snel dan de volatiele RAM maar wel weer sneller dan het 'flash memory' die nu in SSD gebruikt wordt. De nieuwe chips bieden de mogelijkheid om gebruikt te worden als standaard geheugen of voor dataopslag. Het gebruik als gewoon geheugen zou de verdere consolidatie van virtuele omgevingen mogelijk maken, deze wordt nu vaak beperkt door geheugencapaciteit en niet zozeer door de processor capaciteit.

Het is waarschijnlijk dat de energie-intensieve 15.000 RPM en ook de 10.000 RPM HDD's geheel verdrongen zullen worden door de SSD en dat de opslag hiërarchie wordt:

RAM - PMEM – NVRAM (SSD) - 7200 rpm HDD (high-capacity drive).

In het kader van energie-efficiëntie is het vervangen van de 3,5' 15.000 RPM en de 2,5' 10.000 RPM door SSD een aanbeveling. De hoge capaciteit 7200 RPM SATA HDDs zullen prijstechnisch nog lange tijd economischer blijven dan SSD. <https://blocksandfiles.com/2020/05/15/enterprise-ssds-are-ten-x-cost-of-nearline-disk-drives/>



figuur 7 : geheugen hiërarchie

(bron: <https://www.intel.com>)

De komst van 5G netwerken in combinatie met het 'Internet of Things' (IoT) maakt in de nabije toekomst nog een additioneel onderscheid noodzakelijk voor zowel datatransport, dataverwerking als dataopslag. Dit onderscheid zal zijn op basis van de locatie-relevantie van datacreatie en datagebruik. Deze locatie-relevantie resulteert in de opkomst van decentrale datacentra (edge/ fog computing). In een dergelijke structuur wordt een meerderheid van data en dataverwerking lokaal verwerkt. In fysiek opzicht resulteert deze trend in een toename van zeer kleine (micro datacentra). De plaatsing van dergelijke microDC's is een uitdaging maar biedt ook kansen voor verbinding met andere energiesystemen. Een nieuw onderzoek naar de vraag of 'energie naar de bits of bits naar de energie?', zou inzicht moeten bieden in dergelijke plaatsingsvraagstukken.

1.2 SCHEMATISCHE OPBOUW DATACENTER FACILITEITEN

Zoals in de vorige paragraaf is weergegeven, bestaat de onderste laag van de ICT-infrastructuur uit fysieke apparaten. Deze apparatuur verbruikt elektrische energie die in zijn geheel wordt omgezet in warmte. Het doel van een datacentrum is om een veilige behuizing te zijn voor (vaak grote hoeveelheden) ICT- apparatuur. De basisdiensten die het datacentrum aan de eigenaren van de ICT-apparatuur aanbiedt, zijn:

- connectiviteit met de wereldwijde datanetwerken (internet)
- ruimte, in de regel in 19 inch brede kasten (racks)
- elektrische energievoorziening, in de regel voorzien van noodstroom installaties (UPS en generatoren)
- klimaatbeheersing, koeling
- fysieke beveiliging
- brandbeveiliging, etc.

Voor het energetisch aspect van een datacentrum zijn de noodstroomvoorzieningen en de klimaatbeheersing leidend.

1.2.1 Schematische opbouw stroomvoorziening

De meest simpele methode om ICT-apparatuur van elektrische energie te voorzien is door deze direct op het publieke elektriciteitsnet aan te sluiten. Deze methode wordt veelal gebruikt voor de ICT thuis, maar ook in zeer kleine en minder kritische ICT-omgevingen. Als een ICT-omgeving bijvoorbeeld alleen wordt gebruikt om diensten te leveren in de directe omgeving, kantoorautomatisering of machine aansturing, dan is zekering van de stroomvoorziening niet noodzakelijk.

Voor grote datacentra, waarvan de gebruikers mogelijk op grote afstand zitten, is een noodstroomvoorziening vrijwel altijd noodzakelijk. Naarmate de wenselijke beschikbaarheid van de ICT-dienst stijgt zullen ook de noodvoorzieningen worden uitgebreid.

Vaak worden de voorzieningen uitgedrukt in het aantal elementen dat strikt noodzakelijk is (N). Neem als voorbeeld een noodstroomaggregaat (generator). Hiervan is er tenminste één noodzakelijk aanwezig, met voldoende vermogen om het piekvermogen van het datacentrum te kunnen leveren. Een veel gebruikte methode om de beschikbaarheid te duiden is het datacenter 'Tier level' van het Uptime Institute 'Datacenter Site Infrastructure Tier Standard: Topology'. <https://uptimeinstitute.com/resources/asset/tier-standard-topology>.

A Tier I basic data center has non-redundant capacity components and **a single non-redundant distribution path serving the critical environment**. Tier I infrastructure has a dedicated space for IT systems; a UPS; dedicated cooling equipment; and on-site power production (e.g. engine generator) to protect IT functions from extended power outages.

A Tier II data center has all aspects of Tier I with redundant capacity components and a single non-redundant distribution path serving the critical environment.

A Tier III, Concurrently Maintainable Site Infrastructure has all aspects of a Tier II and has redundant capacity components and multiple independent distribution paths serving the critical environment. For the electrical power backbone and mechanical distribution path, only one distribution path is required to serve the critical environment at any time. The electrical power backbone is defined as the electrical power distribution path from the output of the on-site power production system (e.g., engine generator) to the input of the IT UPS and the power distribution path that serves the critical mechanical equipment. The mechanical distribution path is the distribution path for moving heat from the critical space to the outdoor environment.

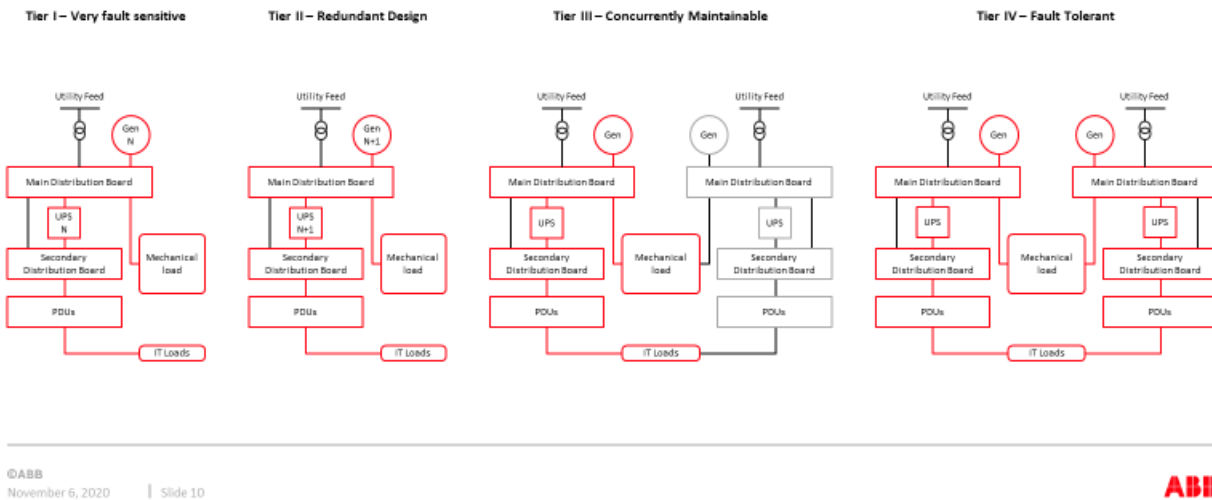
A Tier IV rated data center shall comply with the following requirements: Redundant Capacity components – meaning that there is need for redundancy (backup) of any equipment of the cooling system including and not limited to components like: the selection of number of equipment that will serve the plant shall be so that 'N' capacity is providing cooling to the IT-space after any infrastructure failure. This is what we call 'N' units available after any failure.

Multiple independent distribution paths – meaning that the distribution networks shall be designed in a way that the transferred medium (energy, water, fuel, refrigerant) is able to reach any system unit from two paths. The two distribution paths shall be independent and always active, meaning that simultaneously and automatically will be ready and available to serve the critical environment.

In een korte uitleg, de hoogst beschikbare datacentra hebben energie en koeling zo opgebouwd dat alle componenten gedurende normale omstandigheden actief zijn en dat in geval van een storing nog altijd de volledige capaciteit beschikbaar blijft. Om rekening te houden met onderhoud worden dergelijke omgevingen ook wel als 2(N+1) aangeduid.

Continuous Operation

Standards-Examples



figuur 8 : Stroomvoorziening in Tier X datacentrum

Bron:

<https://library.e.abb.com/public/39cbe5966ea34128a872c14f826cd5c8/Data%20Center%20Sales%20Presentation%20v2.3.ppt>

X

De stroomvoorziening in een datacentrum is dus afhankelijk van de beoogde beschikbaarheid van het datacentrum. Voor hoge beschikbaarheid zijn alle componenten meervoudig uitgevoerd en lopen er tenminste 2 actieve paden naar alle ICT-racks. Door deze redundantie worden geen van de actieve componenten in normaal bedrijf op vollast gebruikt. Efficiëntie in dergelijke omgevingen moet dan ook gericht zijn op deze deellast (< 50% belasting).

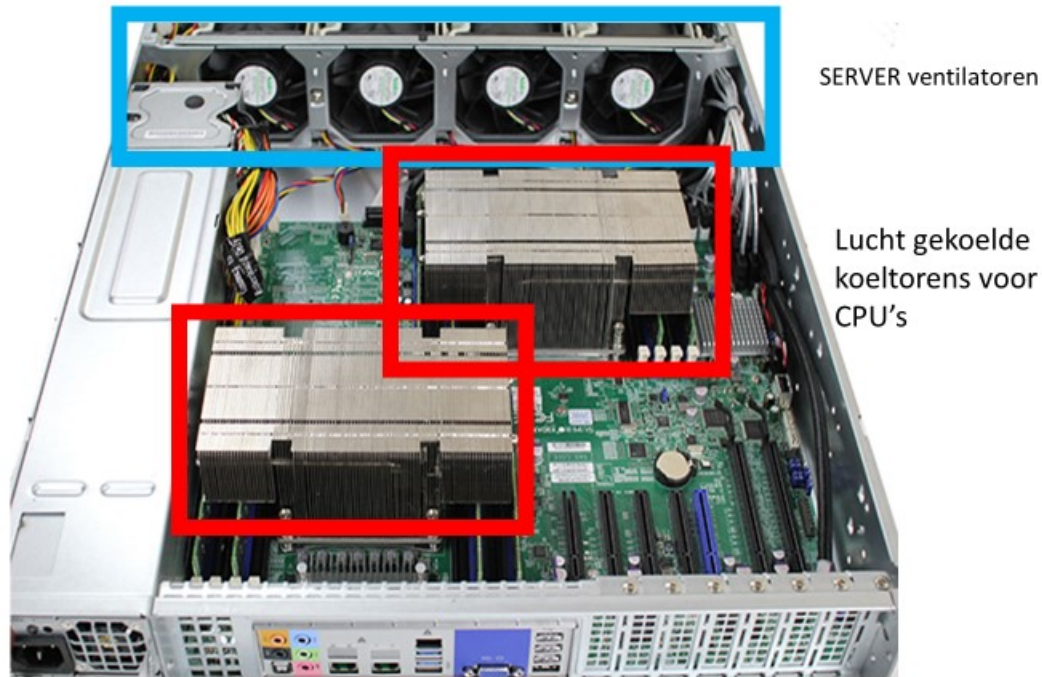
1.2.2 Conventionele luchtkoeling van ICT

Na het energieverbruik van de ICT-omgeving is de klimaatbeheersing in de regel de grootste component van het energiegebruik van een datacenter. De klimaatbeheersing behelst koeling en eventueel luchtvochtigheid beheersing. Verwarming is in een datacentrum nauwelijks van belang vanwege de continue warmteafgifte van de aanwezige ICT-apparatuur.

Koeling kan en wordt op veel manieren gedaan. Op het moment van schrijven (2020) is het overgrote deel van alle ICT-koeling nog steeds gebaseerd op luchtkoeling, een klein deel is vloeistof gekoeld.

De methode waarop de warmte uit het datacentrum wordt verwijderd wordt in een aparte paragraaf besproken, de volgende paragrafen behandelen in de eerste plaats de methoden van koeling van de ICT-apparatuur.

Veruit het grootste deel van ICT-apparatuur wordt gekoeld met lucht. De ICT-apparatuur is voorzien van ventilatoren die geconditioneerde lucht aanzuigen en deze lucht wordt aan de achterzijde van de apparatuur uitgeblazen. Op deze wijze wordt de door de ICT-apparatuur gegenereerde warmte uit het apparaat naar de datacenter ruimte verplaatst.

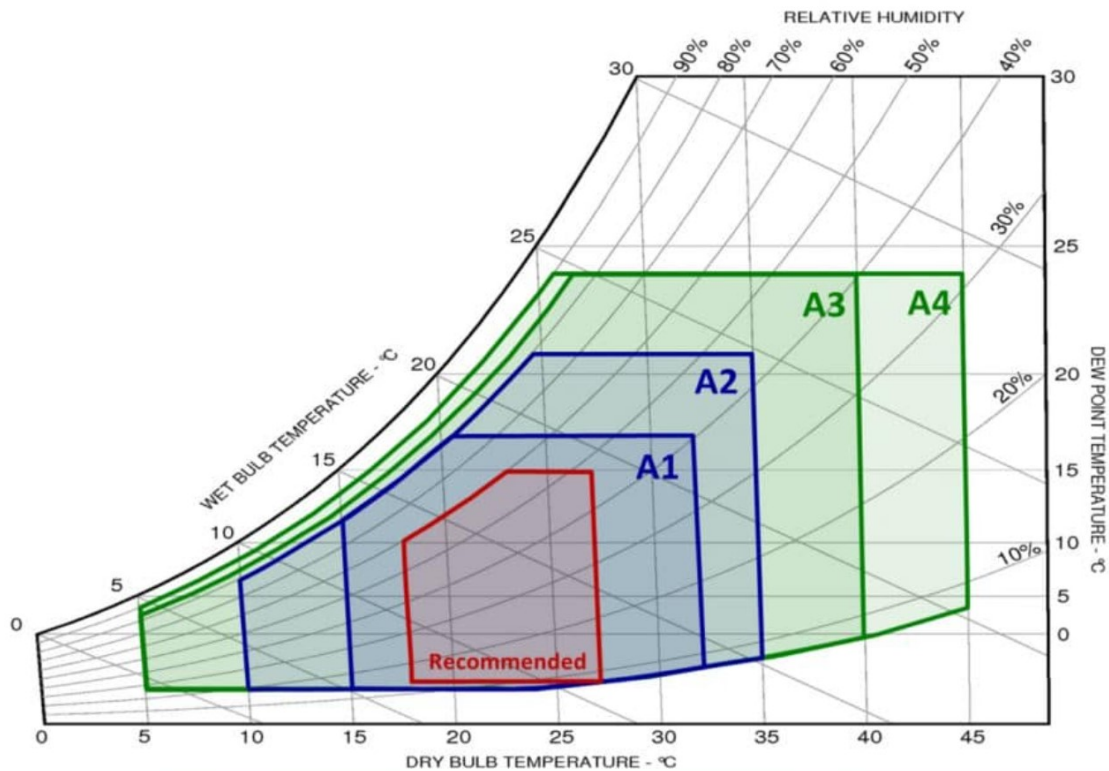


figuur 9 : standaard luchtgekoelde server

Vanwege de hoge warmtelast van de CPU's zijn koeltorens fors, de luchtstroom door de server is navenant groot en hiervoor is het door de ventilatoren opgenomen vermogen hoog. Als grove vuistregel kan worden gesteld dat tot 25% van de door ICT-apparatuur opgenomen elektrische energie wordt gebruikt voor de aandrijving van deze ventilatoren.

Een belangrijke parameter, bepalend voor de energie die in de klimaatbeheersing van het datacentrum wordt gebruikt, is de temperatuur van de aangezogen lucht. Hogere temperaturen zijn gemakkelijker met duurzame methoden te onderhouden (b.v. door vrije koeling). Een tweede parameter is de temperatuursprong over de ICT-apparatuur. Een hoge temperatuursprong wordt verkregen door relatief weinig lucht door de apparatuur heen te sturen. Dit is niet alleen efficiënter voor het ICT-apparaat (minder verbruik in de ventilatoren) maar een hoge uitblaastemperatuur maakt ook de ruimtekoeling efficiënter en vergroot de mogelijkheden voor warmte hergebruik. Beide parameters worden bepaald door de fabrikant van de ICT-apparatuur en kunnen mogelijk als inkoop criterium worden gebruikt.

Voor de aanzuigtemperatuur worden brede grenzen aangegeven. Deze zijn gebaseerd op publicaties van het ASHRAE, The American Society of Heating, Refrigeration and Airconditioning Engineers (<https://www.ashrae.org/>). Met name de Technical committee 9.9 ASHRAE, 2015. Thermal guidelines for Data Processing Environments, 4th edition. Atlanta: ASHRAE. In dit document worden luchtvochtigheidsgrenzen en temperatuur grenzen gegeven die worden aanbevolen voor ICT-apparatuur.



figuur 10 : aanbevolen temperatuur en vochtigheid volgens ASHRAE

(bron: <https://www.electronics-cooling.com/2019/09/ashrae-technical-committee-9-9-mission-critical-facilities-data-centers-technology-spaces-and-electronic-equipment/>).

Het in figuur 10 getekende rode gebied bestrijkt de aanbevolen temperatuur voor in werking zijnde ICT-apparatuur. De blauwe en groene gebieden illustreren de toegestane temperatuur voor apparatuur ingedeeld in de apparaat klasse. Moderne servers en storage apparatuur zijn in de regel klasse 2 en hebben dus een maximale aanzuig temperatuur van 35 graad Celsius en een aanbevolen temperatuur van ≤ 27 Celsius.

In het bepalen van de hoogte van de aanzuigtemperatuur is van belang dat de ICT-apparatuur op deze temperatuur kan reageren door de aangezogen luchthoeveelheid te variëren. Bij hoge lucht temperaturen zullen de ventilatoren in de ICT-apparatuur sneller draaien en daardoor meer energie gebruiken. Bij extreem hoge aanzuigtemperatuur wordt dus het energieverbruik van de ICT-apparatuur hoger, hetgeen resulteert in een hoger totaal energieverbruik maar, onder de huidige rekenregels, in een lagere PUE.

Bij het bereiken en handhaven van hoge aanzuigtemperaturen is scheiding van luchtaanvoer en luchtafvoer en afstemming van luchtvaart en -aanbod cruciaal. Strikte scheiding van de beide luchtstromen heeft invloed op twee onwenselijke luchtstromen die in een datacentrum kunnen voorkomen;

1. Recirculatie: bij recirculatie mengt zeer warme afvoerlucht zich met de aanzuiglucht. Lokaal kunnen daardoor ICT-apparaten oververhit raken. Om de impact van recirculatie te verlagen wordt in de regel de aanzuigtemperatuur verlaagt. Immers, bij vermenging zal in dit geval geen oververhitting plaatsvinden. Beter is het om de recirculatie zelf tegen te gaan. Indien recirculatie door fysieke lichtscheiding wordt voorkomen kan met een hogere (en dus efficiëntere) aanzuigtemperatuur gewerkt worden.
2. Bypass: bij bypass wordt koele aanvoer lucht niet volledig door de ICT-apparatuur gebruikt. Het teveel aan aanvoerlucht mengt met de afvoerlucht en verlaagt daarmee de temperatuur van deze afvoerlucht. Hierdoor wordt zowel de efficiëntie van de koeling nadelig beïnvloed als ook het energieverbruik van de ventilatoren in de koeling. Er wordt namelijk meer lucht dan noodzakelijk rond gepompt.

Ter minimalisatie van beide ongewenste luchtstromen is het van belang dat de wenselijke lucht aanvoer afgestemd wordt op de actuele vraag.

1.2.3 Vloeistofkoeling met koelplaten

Met de toename van de warmtelast van de CPU is een koeltechniek van ICT-apparatuur uit de vorige eeuw opnieuw in zwang geraakt. Indirecte vloeistofkoeling door middel van koelplaten. Deze koelplaten vervangen de luchtgekoelde koeltorens in (bijvoorbeeld) een server. Met deze techniek wordt het grootste deel van de gegenereerde warmte direct met het koelwater afgevoerd, de resterende warmte van de overige elektronica in de server wordt nog steeds met lucht afgevoerd.

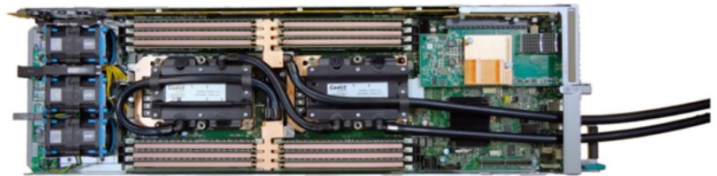
Warm water cold plate cooling



Our reference design cold plate has been engineered to minimise failure points whilst being simple and quick to install into all types of server configurations. The one piece 'gasketless' construction combined with anti-clogging internal structure provides inherent resilience and maintenance free operation. The 360 degree rotational inlet and outlet nozzles allow pipe work entry and connection to other cold plates in series or parallel for versatile incorporation in place of the inefficient air cooled heatsinks.

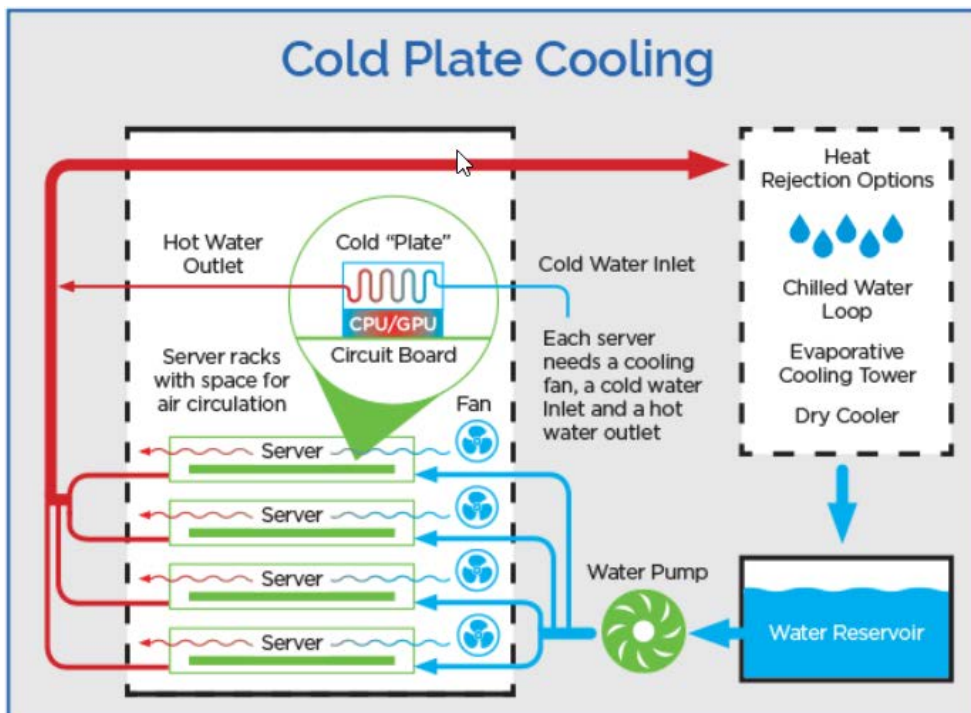
The design fits within the same envelope of a standard 1U heatsink. Thermal and hydraulic performance has been perfectly optimised to minimise the power needed to circulate coolant through the device whilst transferring the maximum amount of heat from the chip to coolant, keeping thermal resistance to a minimum.

What Does Direct Contact Liquid Look Like?



figuur 11 : watergekoelde koelplaten

Voor deze vorm van koeling is, naast de bestaande luchtkoeling, in het datacentrum ook een koelwatercircuit benodigd dat tot aan de racks rijkt. Het aanleggen van dergelijke circuits is kostbaar en stuit op veel weerstand vanwege de angst voor lekkages. Deze angst is slechts gedeeltelijk terecht; moderne varianten van dergelijke koelcircuits werken met automatische, lekvrije aansluitingen en een negatieve vloeistofdruk. Negatieve vloeistofdruk wil zeggen dat de vloeistof door het circuit wordt gezogen, niet geduwd. Bij een leidingbreuk zal dus geen vloeistof (water) uitstromen, maar lucht in de leiding worden gezogen. Het voordeel van deze vorm van koeling is dat de temperatuur van het noodzakelijke koelwater hoog mag zijn. De 'koude' kant van dit koelwater mag wel 30 grad Celsius zijn, de warme zijde zal dan richting 40 grad Celsius worden opgewarmd. Hergebruik van warmte is met deze vorm van koeling dus makkelijker en ook vrije koeling kan vrijwel 100% van de tijd in het Nederlands klimaat.



figuur 12 : schema voor koeling met koelplaten

Het gebruik van directe chiplevel koeling zoals de techniek ook wordt genoemd, brengt naast efficiëntie ook ruimte voordelen. Zoals te zien in figuur 12 (rechts), waarin een open compute server wordt getoond met waterkoeling, ontbreken grote koeltorens en kunnen meer servers per rack worden geplaatst.

Koelplaten komen het best tot hun recht in situaties met hoge lokale warmte last, de techniek is goed in te passen in bestaande datacentra omdat luchtkoeling een absolute noodzaak blijft.

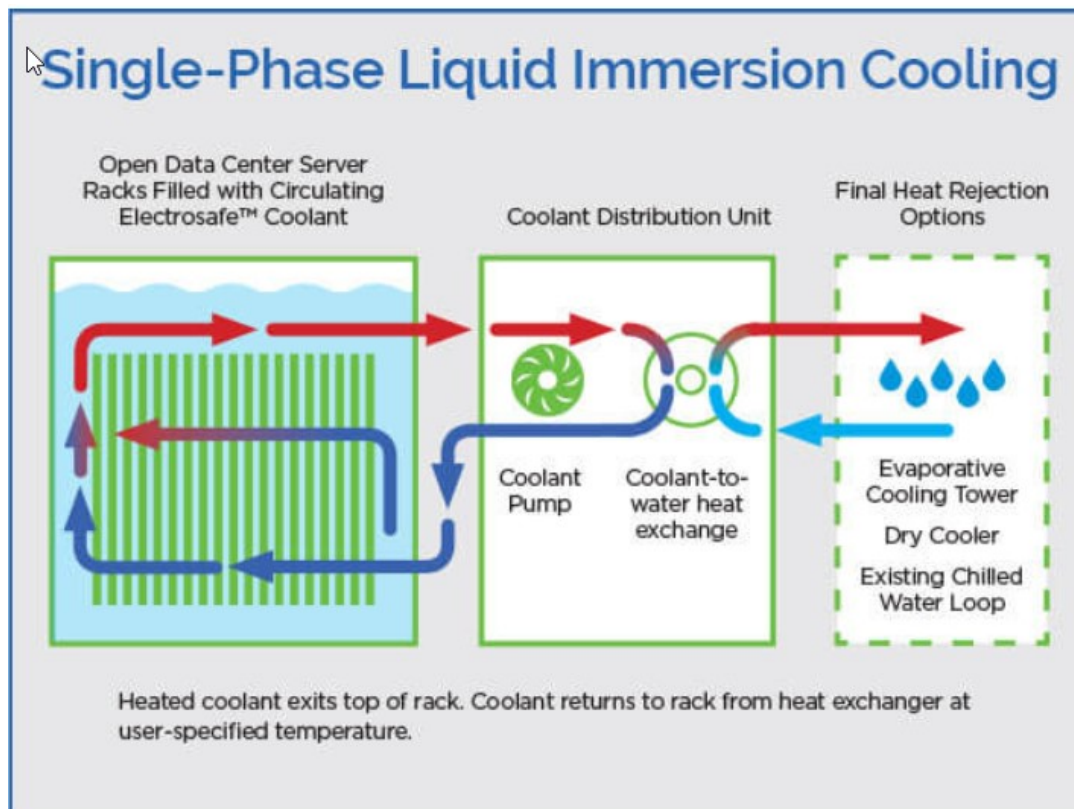
1.2.4 Immersie koeling

De ultieme vorm van vloeistofkoeling wordt gerealiseerd door apparatuur volledig in vloeistof onder te dompelen. In deze vorm zijn grote baden met dielectrische koelvloeistof (olie) gevuld. Deze vloeistoffen zijn niet elektrisch geleidend maar nemen wel warmte op.

Er bestaan twee hoofdvormen, namelijk twee-fase en enkel-fase oplossingen.

- De twee-fase oplossing bestaat uit een vloeistof met een kookpunt rond de 60 graden. De ICT-apparatuur brengt de vloeistof aan de kook en wordt hierdoor zelf niet warmer dan het kookpunt. De damp van de vloeistof wordt afgevangen en op een watergekoelde warmtewisselaar gecondenseerd. Het condens loopt terug het bassin in en de cyclus begint opnieuw. Hoewel veelbelovend wordt deze techniek zelden gebruikt. Een groot probleem zit in dampdichtheid van het systeem. Ontsnapte damp condenseert op alle oppervlakken in het datacentrum, vloeren, muren en plafonds. De gebruikte vloeistoffen zijn bovendien kostbaar en moeten regelmatig worden aangevuld;
- In de enkel-fase oplossing wordt een olie met een hoog kookpunt gebruikt. De olie neemt warmte van de ICT-apparatuur op en wordt weer afgekoeld door een watergekoelde warmtewisselaar die in het systeem is opgenomen. Afhankelijk van leverancier wordt de koelvloeistof (olie) door de wisselaar gepompt of door natuurlijke convectie over de warmtewisselaar bewogen.

De gebruikte olie is in de meeste gevallen niet giftig en biologisch afbreekbaar. Het feit dat deze olie niet wordt verdampt maakt ook langdurig gebruik van de olie mogelijk zonder de noodzaak van bijvullen of verversen.



figuur 13 : voorbeeld immersie koeling (bron GRCcooling.com)

In deze vorm van koeling wordt alle warmte van de elektronica direct in vloeistof opgenomen. Het ontbreken van luchtkoeling betekent ook dat dergelijke servers geen ventilatoren nodig hebben hetgeen op zichzelf al een zeer forse energiebesparing oplevert. De temperatuur van het benodigde koelwater voor afvoer van de warmte is hoog,

<40 °C in, tot boven 50 °C uit. Deze temperaturen nodigen uit tot warmte hergebruik zonder, of met zeer beperkt, gebruik van warmtepompen. Als er geen warmte hergebruikt kan worden is vrije koeling bij dergelijke watertemperaturen ook mogelijk gedurende de warmste zomermaanden in heel Europa en zeer zeker in Nederland.

Energy Efficiency

Metric

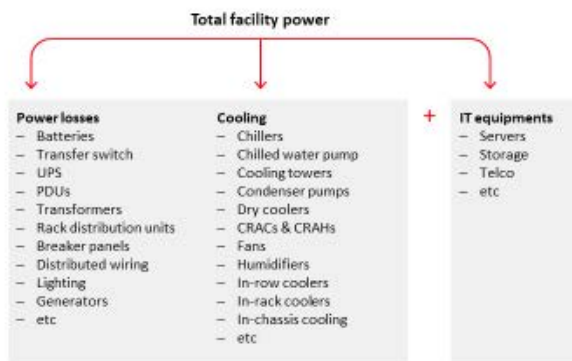
PUE (Power Usage Effectiveness) is defined as follow

$$PUE = \frac{\text{total facility energy}}{\text{IT energy}}$$

It measures how efficiently the power is delivered to the IT equipment

The PUE provides a way to:

- improve a data center's operational efficiency
- Compare a datacenter with competitive ones



©ABB November 6, 2020 | Slide 36 Source: PUE: A Comprehensive Examination of the Metric by ASHRAE and The Green Grid



<https://library.e.abb.com/public/39cbe5966ea34128a872c14f826cd5c8/Data%20Center%20Sales%20Presentation%20v2.3.ppt>

1.3 AFVOER VAN WARMTE UIT HET DATACENTRUM.

Paragraaf 1.2 beschrijft de mogelijkheden voor het koelen van ICT-apparatuur, echter moet deze warmte die nog steeds in het datacentrum aanwezig is ook worden afgevoerd.

1.3.1 Directe luchtkoeling

De meest simpele methode voor koeling wordt gebruikt door zogenaamde hyperscalers (Facebook/Google e.d.) met datacentra in Scandinavië. De ICT-apparatuur is in dit geval luchtgekoeld en de benodigde koellucht wordt direct van buiten aangezogen en eventueel gefilterd, de datazaal ingeblazen. De warme lucht wordt via aparte luchtkanalen direct terug de atmosfeer ingeblazen. De actieve elementen zijn ventilatoren, de luchtweerstand zijn laag en de resulterende PUE van deze datacentra eveneens laag. Facebook rapporteert dit op hun website: <https://www.facebook.com/LuleaDataCenter/app/115276998849912/>. Een PUE 1,11 op basis van een jaar.

Hiervoor wordt in de zomer water gebruikt; bij hoge buitenlucht temperaturen wordt water verneveld in de aanzuiglucht. De verdamping van dit water koelt de lucht naar de wenselijke temperatuur (adiabatische koeling). In situaties waarin ook de adiabatische koeling tekortschiet wordt met behulp van mechanische koeling bijgekoeld.

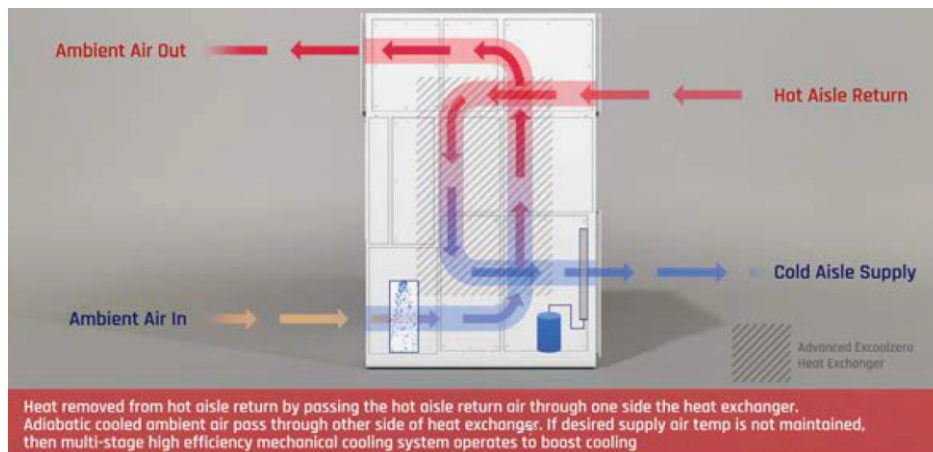
Hoewel dit een buitengewoon efficiënte aanpak is, is er ook een nadeel. Doordat de afgevoerde warmte een relatief lage temperatuur heeft en door lucht wordt gedragen, wordt het enorm moeilijk om deze warmte terug te winnen voor hergebruik. Een ander nadeel is dat dergelijke systemen gevoelig zijn voor luchtvervuiling. In Nederland staan zeer veel datacentra dicht bij zee en bevat de buitenlucht ook zouten in de vorm van fijnstof. Directe luchtkoeling resulteert in dergelijke gevallen in corrosie in zowel de ICT-apparatuur als ook in de elektrische installaties.



figuur 14 : buitenlicht aanzuiging datacenter Facebook Lulea zweden

1.3.2 Indirecte luchtkoeling

Een methode om de nadelen van directe luchtkoeling te voorkomen is het gebruik van indirecte luchtkoeling. In deze vorm wordt de lucht binnen het datacenter gecirculeerd door een lucht/lucht warmtewisselaar, in bijzondere gevallen een tegenstroom maar bij de meeste leveranciers een kruisstroom wisselaar.



figuur 15 : indirecte luchtkoeling (bron: Excool)

Systemen als deze worden door veel fabrikanten geleverd (Huawei, Munters, Excool) en werken in de basis allemaal op dezelfde wijze. De koellucht en datacenterlucht wisselen warmte uit over een kruiswisselaar. Indien noodzakelijk wordt adiabatische koeling toegepast in de buitenluchtstroom en additionele mechanische (directe expansie) koeling in het datacenter.

In het Nederlandse klimaat kan vrijwel altijd zonder DX-koeling worden gewerkt, mits de koude gang temperatuur in het datacenter aan de hoge kant van de ASHRAE aanbevolen grenzen wordt gewerkt (27 Celsius voor de koude gangen).

Een voorbeeld van een eigen innovatieve ontwikkeling van een dergelijk concept is het NorthC datacenter Delft (voorheen The Datacenter Group). Dit datacenter rapporteert een PUE van 1.1.

1.3.3 Indirecte waterkoeling

De meest gebruikte methode voor het afvoeren van warmte uit het datacentrum is de overstap naar water, als de drager van deze warmte. Hiervoor worden in de datacenter ruimten Computer Room Air Handlers (CRAH) geplaatst. Een CRAH heeft eigen ventilatoren en leidt warme lucht over een watergekoelde warmtewisselaar en blaast deze gekoelde lucht terug het datacentrum in.

Recente ontwikkelingen in deze machines zijn het gebruik van Microchannel warmtewisselaars. Deze warmtewisselaars worden gemaakt van geëxtrudeerde aluminium platen waarin kleine kanalen aanwezig zijn. Voordelen van deze nieuwe warmtewisselaar zijn minder materiaal gebruik en een lagere luchtweerstand. Met name de lage luchtweerstand, vergeleken met traditionele 'finned tube' wisselaars, levert energiewinst in de ventilatoren.

Cruciaal voor de werking van waterkoeling is de productie van gekoeld water. Gebruikelijk zijn zogenaamde 'chillers', frequent gebaseerd op directe expansie koeling met watergekoelde condensoren, gecombineerd met 'economization', d.w.z. technieken om volledige of gedeeltelijke vrije koeling toe te kunnen passen.

Nadeel van deze techniek is de beperkte efficiëntie. Omdat water een tussenstap is in het lozen van de warmte (voornamelijk in de atmosfeer) en iedere tussenstap met een temperatuursprong gepaard gaat, is er op deze wijze minder vrije koeling mogelijk.

Voordelen zijn:

- Transport van warmte/koeling is veel gemakkelijker met water dan met lucht;
- Opslag/buffers van warmte/koude is gemakkelijker te realiseren;
- Het gebruik van CRAH-eenheden betekent dat er een watercircuit is aangelegd. Deze aanwezigheid maakt het laagdrempelig om ook vloeistofkoeling toe te passen;
- De watergekoelde condensor levert koelwater met een relatief hoge temperatuur. Dit opent mogelijkheden voor warmte hergebruik.

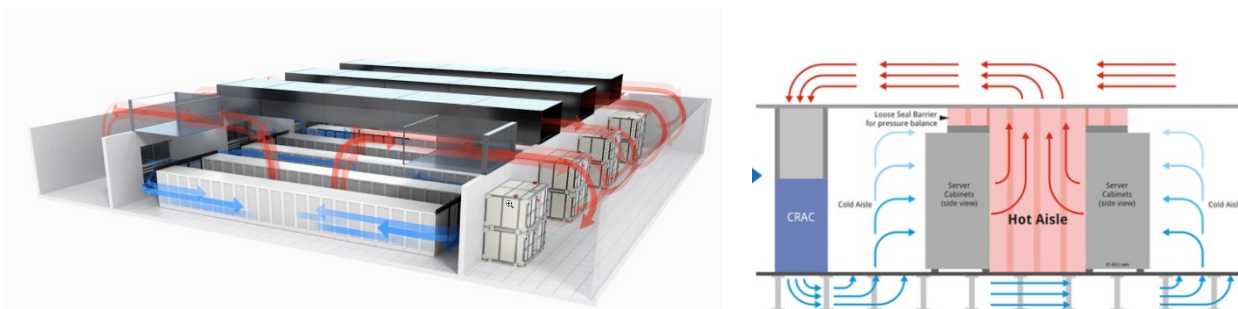
1.4 LUCHTSCHIEDING EN LUCHTDISTRIBUTIE IN HET DATACENTRUM.

De scheiding van koude (aanvoer) en warme (afvoer) lucht in het datacentrum is een absolute noodzakelijkheid wanneer gebruik wordt gemaakt van geheel of gedeeltelijke luchtgekoelde ICT. De redenen hiervoor zijn simpel:

- Correcte luchtscheiding vergroot de temperatuurverschillen tussen aanvoer en retour hetgeen de efficiëntie van koeling ten goede komt;
- Correcte luchtscheiding vermindert het benodigde volume lucht aan- en afvoer. Er is dus minder ventilatie vermogen noodzakelijk.

Luchtscheiding wordt bewerkstelligd door het afsluiten van alle luchtwegen behalve die door de ICT-apparatuur lopen. Blindplaten, kabel manchetten, en aparte luchtkanalen (plenum) voor aan- en afvoer.

Luchtdistributie is ook een punt van aandacht. Naarmate de afstanden voor luchttransport groter zijn en/of de kanalen voor het transport nauwer, moeten ventilatoren meer werk verzetten. Om deze reden schakelen grote datacentra steeds vaker naar fanwall constructies in plaats van verhoogde vloer constructies met zogenaamde 'downflow units'.



figuur 16 : links fanwall, rechts downflow

Bron: <https://www.stulz.de/en/products/detail/indoor-ahu/> en <https://cool-shield.com/aisle-containment/>

Het gebruik van fanwalls voor luchtkoeling maakt de verhoogde vloer overbodig. De luchtweerstand in het luchttransport worden lager en daarmee de koeling efficiënter.

1.5 WARMTE HERGEBRUIK, ADSORPTIE EN ABSORPTIE KOELMACHINES.

Ondanks efficiëntieverbeteringen van de ICT en de koelsystemen blijft warmte het afvalproduct van een datacentrum.

In Nederland is er een groot potentieel voor het hergebruik van dit afvalproduct. Echter de kwaliteit (de temperatuur), de drager (lucht/vloeistof) en de afstand (geografisch en temporeel) tussen vraag en aanbod zijn voor dit hergebruik van groot belang.

Veel koelmethoden:

- koudwater gedreven luchtbehandeling (Chilled Water Air Handlers, CW-CRAH);
- lucht gekoelde precisie koeling (Computer Room Air Handlers, CRAC);
- Indirecte vrije luchtkoeling (air to air heat exchangers);
- Directe vrije luchtkoeling;
- Lucht gekoelde koudwater generatoren (air cooled Chillers),

leveren een zeer lage-temperatuur afvalwarmte, die met uitzondering van het retour water uit de CRAH, door lucht wordt gedragen. Met gebruik van warmtepompen kan deze warmte nog worden opgewaardeerd maar de noodzakelijke investeringen zijn hiervoor groot en het rendement is laag.

Directe en indirecte vloeistofkoelingen zijn voor het hergebruik van warmte veel geschikter.

Met indirecte vloeistofkoeling worden in dit geval alle compressie (directe expansie) gedreven koelmethoden bedoeld, waarvan de condensor water gekoeld is:

- Watergekoelde chillers;
- Watergekoelde CRAC,

en het condensorkoelwater rond 40 graden Celsius (condensor temperatuur) is. Dit water is zeer toepasbaar voor hergebruik.

Met 'directe vloeistofkoeling' worden koeltechnieken bedoeld waarbij ICT-apparatuur direct vloeistof gekoeld wordt:

- Koelplaten op de chips (Direct Chip Level Cooling – DCLC);
- Immersie koeling.

Binnen deze koeltechnieken zullen in de regel 1 of meerdere vloeistof-naar-vloeistof warmte uitwisselingen worden gebruikt maar ondanks deze tussenstappen is het resulterende koelwater van behoorlijk hoge temperatuur, tot meer dan 50 graden Celsius. Ook in het gunstige geval van een water gedragen warmte op 50 graden Celsius blijven er issues met de timing van de warmtevraag. Hoewel de warmte niet van een niveau is waarmee industriële processen kunnen worden voorzien, is de warmte wel enigszins passend voor gebouw (woning) verwarming.

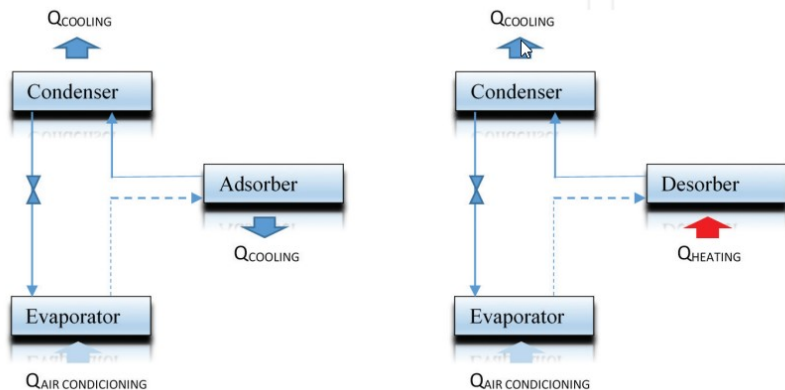
Een tweetal overwegingen hierbij:

1. Een datacentrum produceert de warmte 24 uur per dag, 365 dagen in het jaar. De vraag naar warmte voor gebouwverwarming is lang niet zo constant (zomers is er geen warmte vraag).
2. De efficiëntie maatregelen die door datacentra genomen zijn, bestaan voor een zeer groot deel uit de toepassing van vrije koeling. Als het buiten koud is wordt, op verschillende methoden, deze kou gebruikt voor de datacentrumkoeling. De compressie koeling is op deze momenten uitgeschakeld.

Met andere woorden, gedurende de periode van grote warmtevraag is het aanbod van warmte van het datacentrum laag, wanneer de vraag (gedurende de zomer) laag is, is het aanbod (100% compressie koeling) het grootst.

De vrije koeling problematiek is in het geval van directe vloeistof koeling vrijwel afwezig. Het afwezig zijn van een warmtevraag is ook bij deze techniek een probleem.

In paragraaf 1.5.1 wordt ingegaan op warmte opslagmethoden. Echter het aanbod van een warmwater stroom van 50 graden Celsius maakt het gebruik van adsorptie koeling mogelijk. De genoemde 50 graden is aan de ondergrens van de werkt temperatuur van adsorptie koeling, maar is mogelijk.



| | Absorptie systeem | Adsorptie systeem |
|----------------------------|---|-----------------------------|
| Generator temperatuur °C | 85-180 | 50-100 |
| Coëfficiënt of performance | 0,6-1,1 | 0,4-0,6 |
| Werkstof (vloeibaar/vast) | H ₂ O- LiBr or NH ₃ -H ₂ O | H ₂ O silica gel |

Door de adsorptie machine te gebruiken is het mogelijk om de datacenter warmte in de zomer in te zetten voor een deel van de lucht koeling die, ondanks de inzet van directe vloeistof koeling, in ieder datacenter nodig blijft.

1.5.1 Thermische energieopslag

Thermische energieopslag (Thermal Energy Storage, afgekort: TES), warmte en/of koude, kan een bijdrage leveren aan de efficiënte klimaatbeheersing in een datacenter en/of het hergebruik van warmte. De opslagcapaciteit die gerealiseerd kan worden en het medium dat wordt gebruikt bepalen de toepasbaarheid. De opslagcapaciteit moet worden bekeken ten opzichte van de warmteproductie van het datacenter.

Uren

- Een kleine opslagcapaciteit geeft een datacenter extra zekerheid met een relatief kleine investering. Ervan uitgaande dat de koeling van een datacenter ook gegarandeerd moet worden in geval van onderhoud of storing, worden koelmachines veelal redundant uitgevoerd. De mate van redundantie kan worden verlaagd als een realistische oplossingstijd met koudeopslag kan worden overbrugd. Een dergelijk gebruik kan het aantal benodigde koelmachines verlagen.
- Een kleine opslag geeft de mogelijkheid voor 'peak shaving'. Koelmachines verbruiken meer energie naarmate de buitenlucht temperatuur oploopt. Door in de koele uren van de dag additioneel te koelen en deze koude op te slaan, kan het gebruik tijdens de warmste uren van de dag worden vermeden. De totale energiebehoefte voor koeling wordt hierdoor verlaagd.

Dagen tot weken

Naast de opties die door een kleine TES worden gegeven, biedt een middelgrote opslag nog extra mogelijkheden.

- Een middelgrote opslag geeft de mogelijkheid op de volledige zekerheidsstelling van het koelsysteem te bieden. Ook bij langdurige storingen. Niet alleen wordt hierdoor de benodigde hoeveelheid koelmachines verlaagd, ook de noodstroom generatoren kunnen kleiner worden uitgevoerd omdat deze geen compressoren hoeven te voeden, alleen de ventilatie en waterpompen in het koelsysteem.

Maanden/jaar

Langdurige, hoge opslagcapaciteit geeft, bovenop bovenstaande mogelijkheden:

- Volledig zonder compressie oftewel 'vrij' koelen. Naast het gebruik van de lage temperatuur buitenlucht voor vrije koeling in de winter, kan de koudeopslag kan in de wintermaanden geladen worden door gebruik te maken van vrije koeling. In de zomer kan deze opgeslagen kou worden ingezet voor de datacenter koeling;
- In een dubbel-bron systeem kan de opgeslagen warmte in de winter voor gebouw verwarming worden gebruikt door derden. Dit gebruik laadt de koudeopslag die door het datacenter in de zomer gebruikt wordt;
- Bij een hoge warmtevraag in de winter kan de restwarmte uit het datacenter ook direct naar de gebruikers. Deze route komt dan in de plaats van de vrije koeling die het datacenter normaliter in de winter gebruikt.

Thermische opslag is echter een oplossing die ruimte vraagt. Om een idee te geven wat een groot datacenter aan thermische opslag nodig heeft worden hieronder een aantal voorbeelden neergezet.

1. Opslag in water

Water belast het milieu niet, is goed beschikbaar en goedkoop, echter is de energieopslag beperkt.

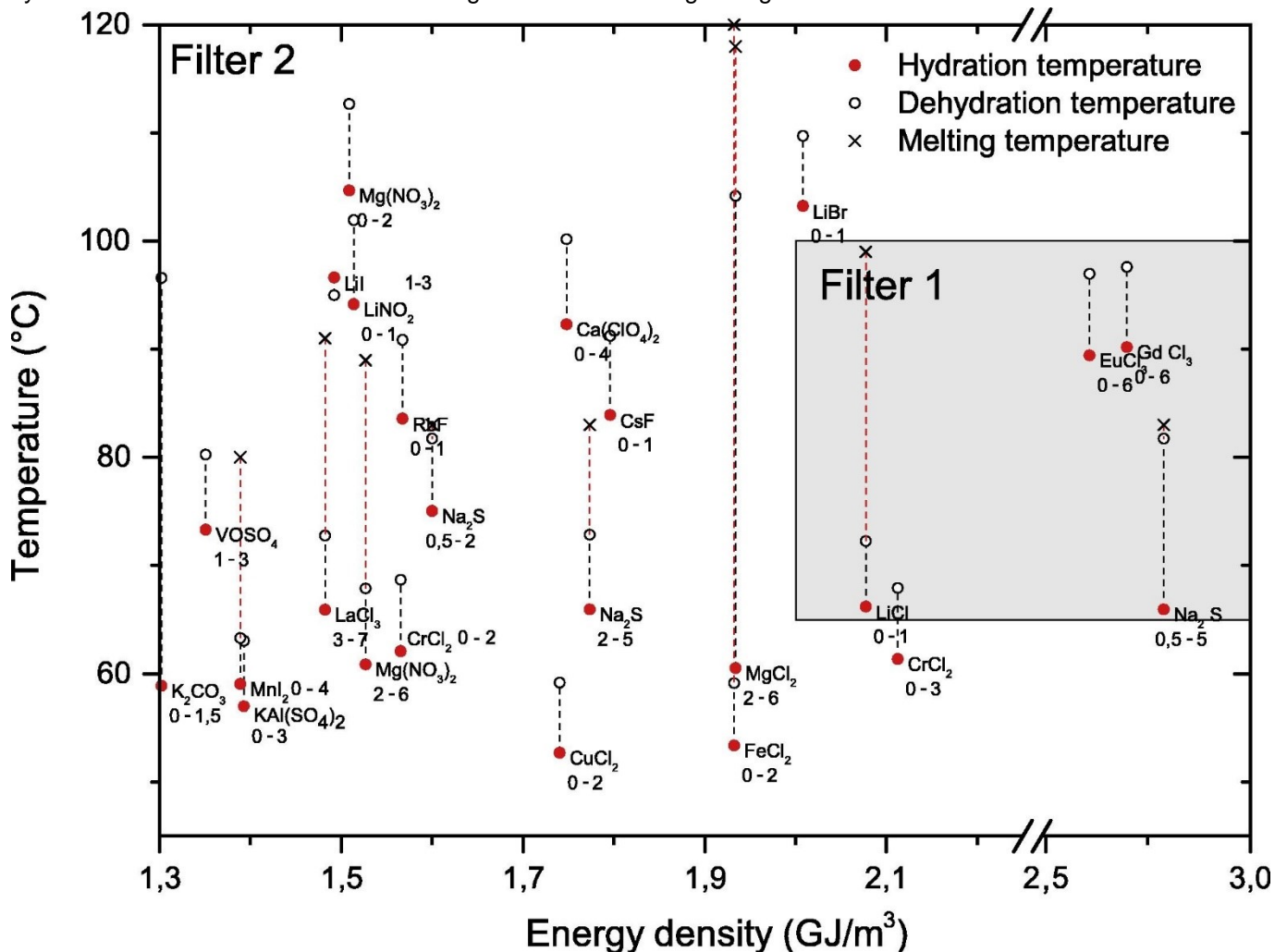
- 1,17 kWh/m³ °C uitgaande van een temperatuurverschil van 10 °C tussen aanvoer en retour van het koelwater, bevat een kubieke meter water dus 11,7 kWh thermische energie.
- Een (middel)groot datacenter met een ICT verbruik van 1 MW heeft per uur dan 85,5 m³ koud water nodig.

Het is duidelijk dat voor een langdurige opslag de hoeveelheid water te groot wordt voor het bouwen van bovengrondse opslagtanks. Hetzelfde datacenter heeft voor 6 maanden 375.000 m³ water nodig. Dergelijke opslag bestaat in de vorm van aquifers, maar aanleg bovengronds is niet haalbaar.

2. Zout hydraten

Zout hydraten kunnen op twee manieren gebruikt worden voor de opslag van warmte dan wel koude.

In de eerste plaats is er de mogelijkheid voor het bevochtigen en drogen van zouten. Dergelijke hydratatie reacties geven warmte af bij het toevoegen van water, dan wel absorberen warmte voor het drogen. Proeven met dergelijke systemen door TUE en TNO hebben een groot aantal zouten gecategoriseerd:



BRON: A review of salt hydrates for seasonal heat storage in domestic applications P.A.J. Donkers (a) , L.C. Sögütöglu (a) , H.P. Huinink (a) , H.R. Fischer (b) , O.C.G. Adan (a,b).

- a) Technical University Eindhoven, Den Dolech 2, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands
 b) TNO, De Rondom 1, 5612 AP Eindhoven, The Netherlands

De energiedichtheid van $1,8 \text{ GJ/m}^3$ komt overeen met 500 kWh/m^3 . Het volume zout is dus veel lager dan dat dezelfde opslag met water zou kosten.

De temperaturen die in (de)hydratatie reacties voorkomen zijn voor het datacentrum niet erg praktisch maar in bijzondere gevallen zou deze methode gebruikt kunnen worden om de warmte uit de heteluchtstroom van datacentra op te slaan.

Er bestaat naast de (de)hydratatie nog een fenomeen in gehydrateerd zout, dat bruikbaar is voor thermische opslag; fase veranderingen. Zouten met een bepaalde hoeveelheid water 'smelten' in zeer bruikbare temperatuur gebieden. Commercieel zijn mengsels met smelt temperaturen tussen de 8 en $46 \text{ }^\circ\text{C}$ voorverpakt verkrijgbaar. Deze mengsels zijn vaak gebaseerd op CaCl_2 , een goedkoop en weinig milieubelastend zout. Het zout is in de wereld veel gebruikt als stroozout.

| Name | Solid Density (g/cm^3) | Energy Storage Density (kWh/m^3) |
|--|--------------------------------------|--|
| Salt Hydrates | | |
| Lithium Chlorate Trihydrate | 1.72 | 120.88 |
| Dipotassium Hydrogen Phosphate Hexahydrate | 1.75 | 52.82 ± 0.32 |
| Potassium Fluoride Tetrahydrate | 1.437 | 90.21 ± 10.16 |
| Manganese Nitrate Hexahydrate | 1.8 | 64.96 |
| Calcium Chloride Hexahydrate | 1.710 | 77.40 ± 10.90 |
| Sodium Sulfate Decahydrate | 1.485 | 101.75 ± 3.16 |
| Disodium Phosphate Dodecahydrate | 1.520 | 118.22 ± 0.42 |
| Zinc Nitrate Hexahydrate | 2.065 | 80.59 ± 3.73 |
| Iron (III) Chloride Hexahydrate | 1.82 | 104.18 ± 10.04 |
| Calcium Chloride Tetrahydrate | 1.5666 | 43.34 |
| Calcium Nitrate Tetrahydrate | 1.896 | 73.73 ± 1.05 |
| Sodium Thiosulfate Pentahydrate | 1.73 | 97.55 ± 2.88 |
| Sodium Acetate Trihydrate | 1.45 | 101.57 ± 14.84 |

Bron: Review of Inorganic Salt Hydrates with Phase Change Temperature in Range of 5°C to 60°C and Material Cost Comparison with Common Waxes

Jason HIRSCHHEY, Kyle R. GLUESENKAMP, Anne MALLOW, Samuel GRAHAM
 Georgia Institute of Technology, GWW School of Mechanical Engineering
 Atlanta, GA, USA

Het gebruik van deze PCM's wordt in meerdere kleine datacentra in Nederland toegepast om vrije luchtkoeling toe te kunnen passen. De PCM wordt 's nachts bevroren (met buitenlucht) en overdag gesmolten om koude lucht te produceren. De toepassing in een lucht/lucht koeling is alleen geschikt voor kleine (edge) datacentra, maar door de PCM's (in gesloten plastic omhulling) op te nemen in koelwater buffertanks kan in een water gebaseerd koelsysteem (lucht/water en vloeistof/water) extra opslagcapaciteit worden gemaakt. De thermische opslagcapaciteit van $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ is rond de 80 kWh/m^3 .

1.6 OVERZICHT 'NIEUWE' TECHNOLOGIE.

Bovenstaande beschrijvingen van een datacentrum en de daarin voorkomende technologieën geeft inzicht. Om de link met de EML te kunnen leggen wordt in deze paragraaf een korte samenvatting gegeven van de voor de energiehuishouding belangwekkende technologieën die passend zijn voor de eerstvolgende EML-publicatie. De benoemde technologieën hebben om deze reden allen een 'technology readiness level' van lvi 6 of hoger, zoals gedefinieerd door de Europese Commissie:

- TRL 6 – technology demonstrated in relevant environment (industrially relevant environment in the case of key enabling technologies);
- TRL 7 – system prototype demonstration in operational environment;
- TRL 8 – system complete and qualified;

- TRL 9 – actual system proven in operational environment (competitive manufacturing in the case of key enabling technologies; or in space).

https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl_en.pdf

| Doel | Maatregel | Beschrijving | Investering (j/n) | Impact | TRL |
|---------|------------------------------|---|--|---|-----|
| Servers | Workload management | Het onbenut laten van verwerkingscapaciteit leidt tot de aanschaf van meer servers dan noodzakelijk. Ook kost onbenutte capaciteit energie. Door in eerste instantie te registreren wat de capaciteit behoefte is en op basis van die behoefte het werk op servers te plaatsen kan zeer veel energie bespaard worden. | Ja, Software voor meten en beheren van server capaciteit (belasting en energie vraag) logicmonitor/ prtg/ etc. Indien afwezig, software voor virtualisatie VMWare/Microsoft/Redhat/ etc. | In de praktijk komen veel servers voor met zeer lage (piek) belasting, als dergelijke servers gevirtualiseerd worden en op een gedeeld platform gedraaid kunnen tientallen % energie bespaard worden. | 9 |
| Servers | Virtualisatie optimalisatie | Het aantal niet gevirtualiseerde servers is een minderheid aan het worden, echter wordt de meerderheid van het werk nu nog op 'virtuele machines' uitgerold. Container technologie en Serverless technologie zijn veel efficiënter. | Ja, container platforms en/of serverless contracten. Voor serverless ook applicatiesoftware vernieuwing. Popular Container Providers <ul style="list-style-type: none"> • Linux Containers <ul style="list-style-type: none"> • LXC • LXD • CGManager • Docker • Windows Server Containers Serverless providers: <ul style="list-style-type: none"> • AWS Lambda • Microsoft Azure • Google Cloud | Containers en serverless missen de toevoeging van een compleet OS in de gevirtualiseerde omgeving. Door hergebruik van containers kan de hoeveelheid virtuele omgevingen per fysieke host met een orde grootte omhoog | 9 |
| Servers | Power management | Ongeacht de inzet van de fysieke server (al dan niet als virtualisatie platform), onbenutte CPU cycles zullen er altijd zijn. Door power management in te stellen op 'balanced' dan wel 'power save' wordt het energieverbruik gedurende deze werkloze perioden beperkt. | Ja, software voor meten en vastleggen van de server belasting en het momentane energieverbruik. Ja, investeren in servers met een hoog dynamisch bereik, d.w.z. een in verhouding tot actief energieverbruik, laag idle energieverbruik. | De LEAP Pilot heeft laten zien dat 10 tot 20% van het energieverbruik kan worden bespaard door het gebruik van de 'balanced' en de 'power save' modus. | 9 |
| Netwerk | Intern netwerk optimalisatie | Het aantal netwerkapparaten dat tussen zender en ontvanger staan kan worden beperkt door functionele elementen van een dienst bij elkaar te houden. | Ja, netwerkanalyse tools. | Door het bij elkaar houden van (virtuele) machines wordt het aantal benodigde netwerk poorten/bekabeling/actieve netwerkcomponenten geminimaliseerd. Op deze wijze wordt zowel energie als materiaal uitgespaard. | 6 |

| | | | | | |
|----------------------------|---|---|---|---|--------------------------------|
| Opslag | SSD en persistent memory | Opslag omgevingen waarin voor snelle respons tijden harde schijven met hoge toerentallen en lage opslagcapaciteit voorkomen kunnen worden geoptimaliseerd door het gebruik van nieuwe technologie. | Ja, nieuwe hardware moet worden aangeschaft. Het is niet waarschijnlijk dat dit onder de noemer 'zelfstandig moment' kan, echter wel bij een 'natuurlijk moment' Zie o.a. Samsung, Intel Optane, Kingston, Western Digital, Toshiba. | 15.000 RPM disks verbruiken orde grote 10-20 Watt SSD onder de 5 Watt met meer capaciteit en snellere responstijden. Modernisatie van opslagsystemen brengt energie-efficiëntie en hogere IT-prestaties. | SSD: 9 persistent memory: 7 |
| Noodstr oomvo orzienin gen | Modulaire UPS | Modulaire UPS systemen kunnen veel beter aangepast worden aan de daadwerkelijke vermogens en energievraag van het datacenter. | Ja, nieuwe UPS systemen Schneider Electric Eaton Corporation Inc Vertiv Group Corp Huawei Riello K-star Toshiba UPS Systems Piller Delta | Door redundantie en oversizing is de daadwerkelijke belasting van UPS systemen vaak laag (<30%). In deze lage belastingen zijn UPS systemen beduidend minder efficiënt. De efficiëntie kan bij hogere belasting meerdere procentpunten beter zijn. | 9 |
| klimaat beheer sing | Volledige ASHRAE toelaatbare temperatuur range benutten | De aanbevolen temperatuur aan de aanzuigzijde is volgens ASHRAE tussen 18 en 27. Toegestaan is tussen 15 en 35 Celsius. Door in de zomer hogere datacenter temperaturen te hanteren kan het hele jaar zonder compressie koeling gekoeld worden. | Ja, wijzigingen in de klimaatbeheersing, evt. toevoeging van adiabatische koeling. Zie bv indirecte luchtkoelers met verdamping koeling van Munters, Huawei, Excool. | Door maximaal gebruik te maken van de hele ASHRAE-temperatuur range kan niet alleen het gebruik maar ook de investering in compressie koeling geheel of gedeeltelijk worden vermeden. Dit bespaart niet alleen energie maar verlaagt ook het piek vermogen van het datacentrum. | 9 |
| klimaat beheer sing | Koudeopslag , CTES = cold thermal energy storage | Naast bekende methoden met water (aquifers) is phase change material (PCM) een effectieve methode om koude op te slaan. | Ja, aanschaf PCM-datacenter koeling. Zie bv https://duraflow.nl/datacenter-koeling/ https://www.orangeclimate.com/ https://tizzin.com/nl/pcm-koeling/ http://www.tizzon.com/ | Met PCM kan kou op bruikbare temperatuur (rondom 20 C) worden opgeslagen. Deze opgeslagen thermische energie kan perioden overbruggen waarvoor anders compressie koeling moet worden ingezet (time shifting). | 9 |
| ICT Koeling | Inzet van vloeistof koeling | Bij hoge vermogens van een ICT-apparaat, dan wel hoge vermogensdichtheid van het gehele rack is directe vloeistofkoeling een efficiënte oplossing. | Ja, investering in DCLC en/of immersie koeling (alleen bij natuurlijk moment). https://www.asperitas.com/company/about-asperitas-immersion-cooling-specialists/ ook Submer, GRC | De impact van directe vloeistofkoeling is groot, niet alleen vanwege de koel efficiëntie, maar ook omdat ICT-energie wordt bespaard, de ventilatoren in de servers zijn weg of draaien veel langzamer. | 9 |

Naast technieken die besparingen opleveren binnen de instelling (het datacentrum) zijn er kansen om energie te besparen buiten de grenzen van het datacentrum. Het hergebruik van warmte voor verwarming van gebouwen is hiervan een voorbeeld.

| Doel | Maatregel | Beschrijving | Investering (j/n) | Impact | TRL |
|----------------------------|---|---|--|---|-----|
| Warmte hergebruik | Micro datacentra bij warmtevraag. | Met de opkomst van 5G wordt de behoefte aan veel, kleine datacentra groter. Door deze kleine locaties te plaatsen bij een warmte vraag (in appartementengebouwen e.d.) kan deze warmte effectief gebruikt worden. | Ja, nieuwbouw van Edge datacentra. | De komst van veel kleine locaties is onvermijdelijk. Door verstandige locaties keuzes kan een deel van de resulterende afvalwarmte gebruikt worden. https://www.leaf.cloud/truly_green | 7 |
| Electrische netwerk balans | Electrische energie buffering voor gebruik buiten het DC (UPS fast frequency response). | Datacentra zijn in de regel voorzien van grote UPS systemen met hoge capaciteit batterijen. Deze energie wordt zelden aangesproken. Door een klein deel van de capaciteit aan het net ter beschikking te stellen kunnen pieken en dalen worden afgevlakt. | Ja, aanpassingen aan UPS. | Door bij overproductie extra energie uit het net te nemen kunnen bv windmolens blijven draaien die anders zouden worden afgeschakeld. De opgeslagen energie kan bij piekbelasting worden teruggevoerd waardoor gasgeneratoren die nu hiervoor worden ingezet uit kunnen blijven. Door het prijsverschil van energie in piek en daluren kan dit ook als verdienmodel fungeren. https://www.eaton.com/us/en-us/company/news-insights/news-releases/2018/UPSasR-pilot-Norway.html https://giga-storage.com/de-rhino-batterij/ | 8 |
| Electrische netwerk balans | Load shedding / Demand response. | In pieksituaties die elektriciteitsvoorziening bedreigen kan een E-producent grote verbruikers vragen om af te schakelen. Een datacenter zou op haar noodstroomvoorziening kunnen terugvallen. | Nee, dit kan contractueel geregeld worden. | Door korte tijd op UPS of generatoren te draaien kan het datacentrum een bijdrage leveren aan de totale netwerk balans. Bij voldoende mogelijkheden voor load shedding kunnen uitbreidingen van productie en transportnetwerken worden vermeden. | 8 |

2 BESTAANDE EML

Gegeven de beschrijvingen in hoofdstuk 1 is het startpunt voor het in de opdracht gevraagde overzicht de bestaande Erkende Maatregelenlijsten (EML) voor zowel de kantoren als die voor datacenters.

Uit de erkende maatregelenlijst voor commerciële datacenters bedrijfstak 06 (tabel 6 van de betreffende EML) vallen de maatregelen GA t/m GD en ook FA buiten de scope van dit document.

| Bestaande maatregel nummer | omschrijving | Behouden (j/n) | Aanpassen (j/n) |
|----------------------------|---|----------------|---|
| FB1 | Pomp met toerenregeling toepassen | Ja | Nee |
| FC1 | Pas energiezuinig printen en/of kopiëren op de werkplek toe. | Ja | Nee |
| FD1 | Inzet van servers in serverruimte afstemmen op de vraag. | Ja | Ja, het genoemde gebruik van powermanagement is een beheersmaatregel, hier past 'workload management' beter. (1) |
| FD2 | Volledig gescheiden koude- en warme gangen toepassen (compartimenteren). | Ja | Ja, de minimale omgeving waar dit zinvol is bevat meerdere racks. Een minimum van 20kW is realistischer dan de genoemde 5 kW. (2) |
| FD3 | Met hogere koeltemperatuur werken door menging van warme en koude lucht bij ongebruikte posities in racks te voorkomen. | Ja | Ja, ook lucht lekken bij kabeldoorvoeren moeten worden beperkt door het gebruik van borstels, rubber dichting of manchetten. De verhoging van de koeltemperatuur is een separate beheersmaatregel waarvoor FD2 en FD3 behulpzaam zijn. (3) |
| FD4 | Toerental van ventilatoren in zaalkoelers (CRAH's) beperken. | Ja | Ja, het betreft niet zo zeer beperken, maar het afstemmen van de ventilatoren op de benodigde luchtvolumes. Dit dient sensor gestuurd (automatisch) te gebeuren omdat het eerdergenoemde power management lijdt tot een dynamisch ICT-energiegebruik en dus een dynamische vraag naar koeling. De maatregel beperkt zich niet tot de zaalkoelers maar geldt voor alle in koelinstallaties gebruikte ventilatoren. (4) |
| FD5 | Energiezuinige koelinstallatie voor koeling serverruimten toepassen. | Ja | Ja, in de eerste plaats is de CRAC een koeler met compressie. De genoemde splitsing is dus onnodig. Ook betreft de maatregel het vervangen van compressie koeling met compressie koeling en is de omschrijving daarvoor niet passend. (5) |
| FD6 | Hogere koeltemperaturen realiseren om efficiëntie van compressiekoelinstallatie te verhogen en om meer gebruik te maken van vrije koeling (beneden 12/13°C buiten- luchttemperatuur). | Ja | Ja, de investering is nodig om vrijekoeling mogelijk te maken, het verhogen van de temperatuur is een beheersmaatregel waardoor een grotere periode vrije koeling mogelijk en compressie koeling efficiënter is. (6) De genoemde temperatuur (13 graden Celsius) zou omhoog kunnen naar bv 18 Celsius. |
| FD7 | Vrije koeling toepassen om bedrijfstijd van compressiekoelinstallatie te beperken. | Ja | Ja, kolom c, niet alleen 'kunststof' kruiswisselaars, maar alle lucht/lucht warmtewisselaars, ook metaal en ook tegenstroom Kolom d, in openkoelssystemen wordt directe adiabatische koeling toegepast. (6) |
| FD8 | Vrije koeling in serverruimten toepassen om bedrijfstijd van koelinstallatie te beperken. | Nee | Het is onduidelijk hoe dit zich onderscheid van FD7. |
| FE1 | Energiezuinige uninterrupted system (UPS) toepassen. | Ja | Ja, het betreft de energiezuinigheid bij de reële belasting. Het vermijden van veel te grote systemen is hier van groot belang (modulaire UPS) |
| FF1 | Energiezuinige motoren toepassen | Ja | Nee |

Uit de erkende maatregelenlijst voor kantoren bedrijfstak 04 (tabel 4 van de betreffende EML) vallen de maatregelen GA t/m GE en ook FA t/m FE buiten de scope van dit document). De overige maatregelen zijn verder identiek aan de maatregelen voor commerciële datacenters.

| Bestaande maatregel nummer | omschrijving | Behouden (j/n) | | Aanpassen (j/n) |
|----------------------------|--|----------------|-----|-----------------|
| | | Ja | Nee | |
| FG1 | Inzet van fysieke servers in serverruimten beperken. | Ja | Nee | |

1. Het genoemde afstemmen van server capaciteit op de vraag vereist continue aandacht en/of automatisering. Op dit moment is in de meeste gevallen de afstemming op de mogelijke piekbelasting niet de actuele vraag. De actuele vraag kan over tijd (uren) sterk variëren. De vervanging van deze maatregel wordt gegeven door drie op een volgende maatregelen: Virtualisatie/consolidatie, workload management en power management.
2. Het creëren van koude gangen impliceert de aanwezigheid van een 'gang' dus meerdere racks. Het is realistisch dat de maatregel dus pas gelden als er tenminste 20 kW aan elektrisch vermogen staat opgesteld.
3. Het voorkomen van recirculatie van warme lucht is rand voorwaardelijk aan het verhogen van de temperatuur van de aangevoerde koellucht tot waarden in de buurt van de 27 Celsius. De verhoging tot die hoogte zelf is een beheersmaatregel.
4. De ventilatoren in de server (ICT) apparatuur is ook toerental gestuurd. Bij detectie van hoge temperatuur in de server, veroorzaakt door warme koellucht of door zware processorbelasting (werkdruk) gaan de ventilatoren harder draaien. De grotere vraag naar lucht moet worden beantwoord met een grotere aanvoer. Het is voor de totale luchtbalans dus noodzakelijk dat de ventilatoren in de koelmachines door sensoren (druk/temperatuur) worden gestuurd om precies de gewenste luchthoeveelheid aan te leveren.
5. FD5 richt zich op een vervanging van niet efficiënte door wel efficiënte compressie koeling.
6. De maatregelen FD6 FD7 FD8 zijn allen gericht op het gebruik van vrije, d.w.z. compressie loze koeling. De gevraagde investeringen zijn voor koelsystemen die deze mogelijkheden bieden.

De oplossingen zijn afhankelijk van de basis koelsystemen en zijn talrijk. Het verhogen van de aanvoerlucht temperatuur vergroot de tijdsperiode waarin deze vrije koeling kan worden toegepast. Zie ook de voorgestelde maatregel omtrent koudeopslag.

3 EUROPESE CODE OF CONDUCT

De Europese Commissie onderhoudt sinds 2008 een Code of Conduct (CoC) bij met 'best practices' voor datacentra. Zowel datacentra als ook hun klanten, leveranciers en adviseurs kunnen zich vrijwillig bij deze CoC aansluiten waarmee zij zich committeren aan het invoeren van de best practices. De lijst is in 2020 bijgewerkt en de laatste versie op het moment van schrijven (November 2020) is 11.1.0.

De CoC onderscheidt verschillende verantwoordelijkheden en functionaliteiten in het datacentrum. Een groot aantal van de aanbevelingen (best practices) lenen zich voor benoeming in 'duurzaam beheer' een aantal kunnen een toevoeging zijn op de EML's. De aanbevelingen komen met een kleurcodering waarbij de niet gekleurde aanbevelingen als optioneel worden gezien en de overige verwacht worden te worden toegepast.

| Category | Description |
|-----------------------|---|
| Entire Data Centre | Expected to be applied to all existing IT, Mechanical and Electrical equipment within the data centre |
| New Software | Expected during any new software install or upgrade |
| New IT Equipment | Expected for new or replacement IT equipment |
| New build or retrofit | Expected for any data centre built or undergoing a significant refit of the M&E equipment from 2011 onwards |
| Optional Practices | Practices without a background colour are optional for Participants |

De verantwoordelijkheid voor de toepassing van de genoemde maatregelen is gealloceerd aan de rol van de participant. De CoC onderscheidt ook 3 functies binnen het datacentrum:

- Elektrisch, omvat alles rondom elektriciteit distributie en noodstroomvoorzieningen;
- Mechanisch, omvat alle koeling en ventilatie elementen;
- IT, omvat alle ICT-apparatuur inclusief de racks.

| | Operator | Colo provider | Colo customer | MSP in Colo | MSP |
|-----------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Physical building | Implement | Implement | Endorse | Endorse | Implement |
| Mechanical & electrical plant | Implement | Implement | Endorse | Endorse | Implement |
| Data floor and air flow | Implement | Implement & Endorse | Implement & Endorse | Implement | Implement |
| Cabinets and cabinet air flow | Implement | Implement & Endorse | Implement & Endorse | Implement | Implement |
| IT equipment | Implement | Endorse | Implement | Implement | Implement |
| Operating System & Virtualisation | Implement | Endorse | Implement | Implement | Implement |
| Software | Implement | Endorse | Implement | Implement & Endorse | Implement & Endorse |
| Business Practices | Implement | Endorse | Implement | Endorse | Endorse |

Voor commerciële datacentra geldt de rol van 'Colo provider'. De bedrijven die apparatuur in een commercieel datacentrum plaatsen zijn 'colo customers'. Voor de datacentra van (grote) bedrijven geldt de rol van 'Operator'. Deze splitsing is in de Nederlandse milieuwetgeving niet zo eenduidig te maken, maar de rolverdeling is wel degelijk aanwezig in de datacentra in Nederland.

In de volgende paragrafen worden de aanbevelingen met relevantie voor de EMLs uitgelicht, gegroepeerd zoals ook in de 'best practice guidelines' van de CoC.

3.1 DATA CENTRE UTILISATION, MANAGEMENT AND PLANNING

De eerste groep aanbevelingen betreffen het gebruik en beheer van het datacentrum. Deze groep is toewijsbaar aan 'duurzaam beheer'. Daar waar het mogelijk een maatregel is, wordt dit apart aangegeven.

| Nr. | Omschrijving | Beschrijving |
|--------|---|--|
| 3.1.1 | Group involvement | Een belangrijk punt is dat het datacenter beheer in overleg gaat met de verschillende expertise groepen (elektrisch, mechanisch, IT). Een voorbeeld is de temperatuur instelling van de koeling. Aanpassingen kunnen alleen in overleg met alle partijen. |
| 3.2.1 | Unused capacity | Inventariseer apparatuur en het capaciteitsgebruik daarvan, gebruik vrije capaciteit eerst, voordat nieuwe apparatuur wordt aangeschaft. |
| 3.2.2 | M&E operating range [maatregel] | Bij nieuwbouw of vervanging kies apparatuur die niet zelf gekoeld hoeft te worden. Uitzondering zijn batterijen in UPS systemen. Het plaatsen van batterijen in een aparte ruimte staat het toe deze op een lagere temperatuur te bewaren dan in de rest van het datacentrum wordt gehanteerd. (zie voorstel maatregel 6) |
| 3.2.5 | Milieumanagement | Bv ISO 14001 |
| 3.2.6 | Energiemanagement | Bv ISO 50001 |
| 3.2.7 | Asset management | Bv ISO 55000 |
| 3.2.8 | Duurzame energie | De CoC moedigt het gebruik van duurzame energie aan en geeft metrieken om het duurzame deel te rapporteren. |
| 3.2.12 | Luchtkwaliteit | The ASHRAE white paper '2011 Gaseous and Particulate Contamination Guidelines for Data Centers' recommends that data centre air quality is monitored and cleaned according to ISO 14644-8 Class 8. This can be achieved by routine technical cleaning and simple filtration. Zeer fijne filters en vervuilde filters veroorzaken hoge luchtweerstand. Passende filtering moet worden gekozen en filterkwaliteit moet worden gemonitord om excessief energieverbruik in ventilatoren te voorkomen. |
| 3.2.13 | Datacentrum als 'technische ruimte' (bouwbesluit) | Het aanduiden van het datacentrum (m.u.v. kantoren) als 'technische ruimte' geeft aan dat het binnenklimaat wordt gehandhaafd voor apparaten, niet menselijk comfort. Temperaturen en geluidniveaus binnen het datacentrum zijn niet geschikt voor langdurig verblijf. |

3.2 RESILIENCE LEVEL AND PROVISIONING

Alleen toepasbaar bij nieuwbouw zijn afwegingen om het beschikbaarheidsniveau niet hoger te maken dan strikt noodzakelijk. In de lijst van maatregelen zijn er twee die lijken op de maatregelen rondom toerenregeling in pompen en ventilatoren en ook de UPS efficiëntie:

| Nr. | Omschrijving | Beschrijving |
|-------|----------------------|--|
| 3.3.3 | Schaalbare bouw | Veel datacentra kampen met onderbezetting als gevolg van het feit dat de volledige capaciteit in 1 maal wordt opgebouwd. Door het gebruik van modulaire componenten kan een datacentrum capaciteit uitbreiden met de laatste generatie van de betreffende apparatuur. Grootschalige en energie inefficiënte onderbezetting wordt zo voorkomen. |
| 3.3.4 | Deellast efficiëntie | Het datacenter moet zijn ontworpen om efficiënt met deellast om te gaan, c.q. efficiëntie te behouden bij wisselende belasting. Deze aanbeveling noemt het gebruik van toerental regeling in pompen, ventilatoren en compressors. |

3.3 SELECTION AND DEPLOYMENT OF NEW IT EQUIPMENT

Alleen toepasbaar bij aanschaf van nieuwe ICT-apparatuur. De aanschaf van nieuwe ICT-apparatuur heeft grote invloed op de capaciteiten van het datacentrum.

| Nr. | Omschrijving | Beschrijving |
|-----------------------|---|---|
| 4.1.1 | ICT-efficiëntie | Selecteer IT-apparatuur met de best mogelijke prestaties per Watt, niet alleen in piekprestaties maar ook bij normaal belasting. Zet hiervoor benchmarks zoals de SPECpower benchmark in. |
| 4.1.2 t/m 4.1.7 | ICT-apparatuur passend in de datacentrum omgeving | Aanbevelingen 4.1.2 t/m 4.1.7 beschrijven dat de aangeschafte ICT-apparatuur moet passen bij de koeling- en energievoorziening van het datacentrum. <ul style="list-style-type: none"> - De richting van de luchtstroom door de apparatuur moet passen. Dit is meestal voor naar achter. - Preferent dient de ICT-apparatuur ASHRAE-class A2 of hoger te zijn. Klasse A1 beperkt namelijk de toegestane koeltemperatuur tot 32 Celsius. - De vermogensvraag van de ICT-hardware moet passen bij de beoogde plaatsing binnen het datacentrum. |
| 4.1.8 | Power management [maatregel] | Aanbeveling 4.1.8 verwijst direct naar de ook in de huidige maatregelenlijst opgenomen aanbeveling om power management te activeren. (zie voorstel maatregel 4) |
| 4.1.11 | Energie, vermogen, temperatuur rapportage [maatregel] | Selecteer apparatuur die energie, vermogen en temperatuur rapporteert. Deze rapportage moet via standaard interfaces beschikbaar zijn voor de datacenter operator. [zie voorstel maatregel 7] |

3.4 DEPLOYMENT OF NEW IT SERVICES

De aanbevelingen voor het opzetten van nieuwe ICT-diensten bevat een aantal moeilijk realiseerbare aanbevelingen zoals software efficiëntie. Enkele zijn echter bruikbaar voor het huidige overzicht:

| Nr. | Omschrijving | Beschrijving |
|-------|--------------------------------------|--|
| 4.2.1 | Virtuele uitrol | Nieuwe diensten moeten zodanig worden opgezet dat de implementatie geschikt is voor het draaien in virtuele gedeelde omgevingen. De aanbeveling is erop gericht om optimalisatie doormiddel van capaciteitsdeling mogelijk te maken. |
| 4.2.8 | Minimale bezettingsgraad [maatregel] | In de CoC een optionele aanbeveling om doelen te stellen voor de minimale bezettingsgraad van ICT-apparatuur. (zie voorstel maatregel 3) |

3.5 MANAGEMENT OF EXISTING IT EQUIPMENT AND SERVICES / DATA MANAGEMENT

De aanbevelingen voor het beheren van bestaande diensten komen neer op asset management zoals al eerder aangegeven. Het is in ieders belang dat verouderde niet efficiënte apparatuur wordt vervangen door nieuwe efficiënte modellen en waar mogelijk de functies worden geplaatst in virtuele, gedeelde omgevingen. Ongebruikte apparatuur moet worden geïdentificeerd en verwijderd.

3.6 COOLING

Begrijpelijk vanuit het oogpunt van de ontwikkeling van de CoC zijn het aantal aanbevelingen voor datacenter koeling veel. De meeste zijn al lang bestaande aanbevelingen en zijn reeds in de bestaande EML geïncorporeerd.

| Nr. | Omschrijving | Beschrijving |
|------------------------|---------------------|--|
| 5.1.1 t/m 5.1.10 | Air flow management | Een serie aanbevelingen aangaande het separeren van warme en koude luchtstromen en het verwijderen van obstructies in de luchtstroom. Dit is reeds verwerkt in de bestaande EML. |

| | | |
|--------|--------------------------|---|
| 5.1.14 | Sturing van lucht aanbod | Doormiddel van druksensoren en toerental regeling op de ventilatoren het koude lucht aanbod afstemmen op de vraag. Een maximale overdruk van 5 Pa kan worden gehanteerd voor de druk in koude ten opzichte van de warme zones. (Aanscherping bestaande maatregel FD4 (commerciële datacenters)) |
|--------|--------------------------|---|

3.7 DIRECT LIQUID COOLING EN HEAT REUSE

Nieuw in de CoC is de aanbeveling om vloeistofkoeling te overwegen. Gegeven de recente ontwikkelingen in deze koeltechnieken is het voorstel om dit in de EML op te nemen. Vloeistofkoeling is een buitengewoon efficiënte koelmethode vanwege de hoge warmtecapaciteit per volume en de mogelijkheid om met veel hogere aanvoertemperaturen te koelen. De resulterende warme vloeistof kan temperaturen van wel 50 graden Celsius hebben. Dergelijke temperaturen maken het makkelijker om de restwarmte van het datacenter terug te winnen. Dit warmtehergebruik kan voor verwarming van andere gebouwen worden gebruikt, maar ook door middel van adsorptie/absorptie koelers om koude op te wekken.

| Nr. | Omschrijving | Beschrijving |
|------------------------|---------------------|--|
| 5.1.1 t/m 5.1.10 | Air flow management | Een serie aanbevelingen aangaande het separeren van warme en koude luchtstromen en het verwijderen van obstructies in de luchtstroom. Dit is reeds verwerkt in de bestaande EML. |

4 SUGGESTIES VOOR AANPASSINGEN AAN DE EML

Gegeven de beschrijvingen in de voorgaande hoofdstukken worden de volgende suggesties gedaan voor de actualisatie van de EML:

| voorstel maatregel zowel datacentra als kantoren | Omschrijving | beschrijving |
|--|---------------------------------|---|
| 1 | Toepassen vloeistofkoeling | Natuurlijk moment: voor ICT-omgevingen met een warmtedichtheid van meer dan 16 kW per 40 U rack hoge temperatuur vloeistofkoeling toepassen. Oplossingen zijn: <ul style="list-style-type: none"> - Directe chipkoeling (koelplaten) - Immersie koeling. |
| 2 | Beperken benodigde ICT-hardware | Zelfstandig/Natuurlijk moment: Door virtualisatie en consolidatie (het samenvoegen van werklust op 1 enkel apparaat) kan de benodigde hoeveelheid ICT-apparatuur worden beperkt. |
| 3 | Automatisch workload management | Zelfstandig/Natuurlijk moment: gevirtualiseerde omgevingen staan geautomatiseerd verplaatsen van werkdruk toe. De software kan omgevingen consolideren op een minimaal aantal benodigde servers en de overige capaciteit uitschakelen. Aanschakelen bij verhoogde vraag gebeurt ook automatisch. |
| 4 | Toepassen powermanagement | Zelfstandig/Natuurlijk moment: Server omgevingen met behulp van monitoring van energieverbruik en werkdruk (CPU-belasting) een workload afhankelijk energieverbruik toekennen door het instellen van een passend dynamisch power management profiel, waarbij het zogenaamde 'high performance' profiel de laatste keuze is. |
| 5 | Warmte Koudeopslag | Zelfstandig/Natuurlijk moment: Door het gebruik van buffercapaciteit kunnen perioden waarin anders compressiekoeling noodzakelijk was worden overbrugd met opgeslagen koude. Mogelijke oplossingen zijn: <ul style="list-style-type: none"> - het gebruik van aquifers (grote opslagcapaciteit) - het gebruik van PCM (phase change material) om koude op te slaan. (beperkte opslagcapaciteit) |

| | | |
|---|--|---|
| 6 | UPS systemen buiten de dataruimte | <p>Natuurlijk moment: Batterijen van UPS systemen moeten voor een optimale levensduur op een constante temperatuur, liefst rond 25 graden Celsius worden gehouden. Deze temperatuur kan conflicteren met de bedrijfstemperaturen op de datavloer. Om deze reden moeten de UPS systemen in een aparte ruimte worden gehuisvest. Bijkomend voordeel van deze maatregel is dat de brandveiligheid hiermee wordt vergroot.</p> |
| 7 | Aansturing koeling aan de aanbiedingszijde van de koeling. | <p>Zelfstandig/Natuurlijk moment: Alle parameters, temperatuur, vocht en druk (aanbod) van de koeling moeten worden gemeten aan de voorzijde van de te koelen apparatuur. De gehele aansturing van de koeling moet gericht zijn op het leveren van de correcte hoeveelheid koeling op de juiste plaats. In afgesloten koude gangen is een overdruk van maximaal 5 Pa voldoende, in afgesloten warme gangen een onderdruk van maximaal 5 Pa.</p> |
| 8 | Intern hergebruik restwarmte | <p>Natuurlijk moment: Waar mogelijk wordt restwarmte hergebruikt binnen de instelling. Bijvoorbeeld:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verwarmen van verblijfs- en opslagruimten - Voorverwarmen van generatorsets - Voorverwarmen van luchttoevoer van brandstofcellen. |

| voorstel duurzaam beheer maatregel | Omschrijving | Beschrijving |
|---------------------------------------|---|---|
| 1 | Seizoen afhankelijke regeling van de ICT-koeling | Zelfstandig/Natuurlijk moment: Gedurende koude perioden kan de inlaattemperatuur voor de ICT verlaagd worden terwijl de koelinstallaties vrij blijven koelen. De koudere inlaat verlaagt de energievraag van ICT-apparatuur licht. Ook het handhaven van luchtvochtigheid is hierdoor eenvoudiger. |
| 2 | Huisregels; Voor de te installeren ICT-apparatuur in het datacenter. Voor de klimaatbeheersing. Voor rapportage van temperatuur, CPU-belasting en elektrisch vermogen. | Zelfstandig/Natuurlijk moment: Het hanteren van huisregels vergt aanpassingen aan contracten met gebruikers maar is cruciaal voor de optimale efficiëntie van het datacenter. <ul style="list-style-type: none"> - Apparatuur moeten passend zijn bij het luchtstroom ontwerp van het datacenter. - Apparatuur moet de ASHRAE A2 condities aankunnen. Er worden geen vaste klimaat condities afgesproken anders dan ASHRAE A2 grenzen. - ICT-apparatuur dient gegevens zoals Elektrisch vermogen, energiegebruik, temperatuur en werklast (CPU-belasting) via standaard interfaces aan het datacenter beheer ter beschikking te stellen. Deze gegevens maken het optimaliseren van facilitaire en ICT-infrastructuren makkelijker. |

| Voorstel maatregel kantoren | Omschrijving | Beschrijving |
|-----------------------------|---|--|
| A | Virtualisatie optimalisatie, door eigenaren van de ICT-applicaties. | Het aantal niet gevirtualiseerde servers is een minderheid aan het worden. Echter wordt de meerderheid van het werk nu nog op 'virtuele machines' uitgerold. Container technologie en Serverless technologie zijn veel efficiënter. Deze maatregel kan alleen worden uitgevoerd door diegene die de applicaties bouwen en uitrollen. |

4.1 Suggesties voor nadere uitwerking van maatregelen

Hoewel de benoemde technologie in de praktijk bewezen is, is breedschalige toepassing afhankelijk van het verzamelen en publiceren van deze toepassingen in het veld. Alleen al het feit dat veel van de benoemde technologie al vele jaren verkrijgbaar zijn maar niet grootschalig zijn opgepakt is hiervoor bewijs. Zoals bewezen met de LEAP 1 pilot 'power management' is het zinvol om met industriële partners samen te werken om de verificatie van energiebesparing uit te werken en met de verzamelde partijen de publiciteit te zoeken om brede adoptie te bevorderen.

| Omschrijving maatregel | Suggesties voor nadere uitwerkingen |
|----------------------------|---|
| Toepassen vloeistofkoeling | Gegeven dat de toepassing van directe vloeistofkoeling relatief nieuw is in datacentra is ondersteuning gewenst om de kennis en adoptie in de markt te verbeteren. De economische ondergrens van het toepassingsgebied moet nog worden vastgesteld. Deze ondergrens nu op 400 Watt per rackunit te stellen is een veilige |

aanname, maar detaillering is noodzakelijk. Tevens is er het onderscheid tussen twee implementaties:

- Directe chip koeling (koelplaten)
- Immersie koeling

Wanneer welke de meest geschikte is vergt nog uitwerking.

Als laatste is onderzoek noodzakelijk naar de meest geschikte temperaturen die in dit koelcircuit gehanteerd moeten worden. Een logische koppeling is om deze technologie te combineren met warmte hergebruik, niet alleen voor het verwarmen van gebouwen, maar ook door de inzet van adsorptie koelers, voor direct hergebruik binnen de grenzen van het datacentrum zelf.

| | |
|---------------------------------|---|
| Beperken benodigde ICT-hardware | Zoals al aangegeven in de LEAP-pilot 1 'power management' ligt er nog veel potentieel in een verbeterd gebruik van virtualisatie en consolidatie (het samenvoegen van werklast op 1 enkel apparaat). Uitbreiding van de zogenaamde 'happy flow', ondersteund met additionele gegevens uit het veld kan de gewenste uitnutting van dit geïdentificeerde potentieel bevorderen. |
| Automatisch workload management | De techniek om gevirtualiseerde omgevingen geautomatiseerd te verplaatsen bestaat ook al vele jaren. Ook deze technologie wordt echter maar beperkt ingezet. De software kan omgevingen consolideren op een minimaal aantal benodigde servers en de overige capaciteit uitschakelen. Aanschakelen bij verhoogde vraag gebeurt ook automatisch. Conform de eerdere ervaring met power management bestaat er veel ruimte om de adoptie van deze technologie te verhogen. |
| Warmte Koudeopslag | Nederland heeft een unieke positie vanwege de combinatie van klimaat, ondergrond en datacentra dichtheid. De opslag van warmte door grote datacentra met behulp van aquifers kent daardoor een redelijke eigen ontwikkeling. De opkomst van edge datacentra biedt echter een goede kans om het gebruik van PCM (phase change material) om koude op te slaan sterk uit te breiden. De technologie kent verschillende Nederlandse aanbieders en zou gezien het (noord) Europese klimaat uitstekend zeer breed kunnen worden toegepast. |

Voor de langere termijn zijn er vanuit de kennisinstellingen diverse experimentele technologische initiatieven. Het is tevens zinvol aansluiting te houden bij de bredere ontwikkeling van 5G en edge datacentra om de impact van deze ontwikkeling op de energiehuishouding te volgen en door het aanbrengen van best practices deze impact te verkleinen.

5 AANBEVELINGEN

Bovenstaande, benoemde mogelijkheden voor EML-aanpassingen zijn gedaan op basis van de bestaande uitwerking van de wetgeving. Echter, zoals bekend in 'het veld', is er in het algemeen een verdeling van verantwoordelijkheden binnen de commerciële datacentra, die een deel van de efficiëntie maatregelen bemoeilijken. De Europese Code of Conduct voor datacentra benoemt de betrokken partijen en hun verantwoordelijkheden binnen het datacentrum maar tot op heden worden de partijen die in het datacentrum een rol spelen 'niet voldoende betrokken'. Eisen omtrent virtualisatie, workload management, power management, eisen aan apparatuur efficiëntie en operationele toleranties voor o.a. koeling betreffen allemaal de gebruikers/eigenaren van de ICT-apparatuur.

Het is aan te bevelen om mogelijkheden te creëren om dit deel van de eisen, die nu via de EML's aan de datacentra worden gesteld, direct bij de eindgebruiker neer te leggen.

Het is de verwachting dat in de nabije toekomst, mede gedreven door de komst van 5G netwerken, er een enorm aantal nieuwe micro en mini datacentra in de wereld zullen worden geplaatst. (<https://www.i-scoop.eu/edge-computing-explained/> In its 'FutureScape: Worldwide Datacenter 2020 Predictions', IDC said that it expects that by 2023,

more than half of new data center infrastructure deployed will be in increasingly critical edge locations rather than corporate data centers, up from less than 10 percent today).

De 'edge' zal met kleine energie aansluitingen ($\ll 100\text{kW}$) van energie worden voorzien en dreigen hierdoor buiten het zicht van het bevoegd gezag te vallen. Vanuit ICT-oogpunt zal de edge een deel van de verwerkingen lokaal doen en via snelle netwerkverbindingen worden gekoppeld aan de grote centrale locaties. De energievoorziening van de Edge locaties en hun plek in de totale energiehuishouding is een nog op te lossen vraagstuk. Als het IDC gelijk krijgt, zal op termijn de helft van alle IT buiten de centrale datacentra geplaatst worden. Dit trouwens zonder dat er krimp wordt verwacht in deze centrale locaties.

Het is noodzakelijk, gezien het verwachte gedistribueerde energieverbruik, dat het totaal plaatje van de energiehuishouding wordt bekeken. Lokale opwekking, energieopslag (elektrisch netwerk balans) en hergebruik van warmte zullen allemaal in de overweging moeten worden meegenomen.

In lijn van met de eerder benoemde 'systeemaanpak', rijst voor applicaties die van de edge gebruik gaan maken de vraag wat het effect van de keuze tussen edge of centrale verwerking op het energieverbruik van een applicatie is. De architectonische keuzes voor deze applicatie implementaties hebben invloed op vrijwel alle systeemkarakteristieken, waaronder het totale energiegebruik. Het is mogelijk dat dit energiegebruik zal stijgen omdat er dubbeling en overhead ontstaat door de uitrol over veel locaties. Het is echter ook niet uitgesloten dat de energievraag daalt omdat data niet verder verspreid wordt dan noodzakelijk en daarmee data en processing dicht bij elkaar en dicht bij de gebruiker blijven.

Het is aan te bevelen om, anders dan het beschrijven van efficiëntie binnen een locatie, proactief te acteren. De huidige wetgeving is hiervoor niet geschikt, maar de Nederlandse overlegcultuur wel. Gegeven de verwachting dat deze edge locaties vaak zullen ontstaan in netwerkknooppunten zijn met telecomproviders een eerste aanspreekpunt. Een aanpassing van het nationaal antenne beleid (uit 2000)

<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/telecommunicatie/plaatsing-antennes-draadloze-communicatie> en het antenne convenant (2010) naar de huidige stand van techniek en toevoeging van overwegingen voor het plaatsen van de benodigde micro datacentra zijn te overwegen.

Ook is, in het licht van de onzekerheid inzake energiegebruik van applicaties in de edge, het van belang dat intensieve monitoring van systeemp parameters en het delen van deze informatie tussen belanghebbende partijen wordt ingeregeld zodat de leercurve voor deze nieuwe situatie zo kort mogelijk wordt gehouden.

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Prinses Beatrixlaan 2 | 2595 AL Den Haag
Postbus 93144 | 2509 AC Den Haag
T +31 (0) 88 042 42 42
F +31 (0) 88 602 90 23
E klantcontact@rvo.nl
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | Maart 2021

Publicatienummer: RVO-067-2021/RP-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat.