

# Kansen voor restwarmtebenutting uit datacenters

Mei 2014



*Bart Roossien en Marcel Elswijk*



# Samenvatting

In 2012 gebruikten datacenters 2% van de Nederlands elektriciteitsproductie. De warmte die deze datacenters daarbij produceren wordt gezien als afvalproduct en actief weggekoeld. Deze restwarmte uit datacenters kan een nuttige toepassing hebben in haar omgeving. Er liggen dus kansen voor de datacenters om met de eigen energiehuishouding een bijdrage te leveren aan de verduurzaming van andere sectoren. De vraag is welke randvoorwaarden voor een geslaagd restwarmte project nodig zijn.

In dit rapport zijn de kansen en uitdagingen voor restwarmtebenutting in de ICT branche in kaart gebracht. Daartoe zijn analyses van 3 cases uitgevoerd, welke vanuit een technisch, bedrijfseconomisch en procesmatig perspectief zijn bekeken. Verder is een kwalitatieve analyse uitgevoerd van reeds bestaande of geplande projecten met restwarmte en de technologische ontwikkelingen die restwarmtebenutting kunnen versnellen.

De conclusie van dit rapport is dat er veel diverse toepassingen zijn waar het gebruik van restwarmte een positieve bijdrage levert aan de verduurzaming van nabijgelegen gebouwen en bedrijfsprocessen. Zowel datacenters als potentiële afnemers van restwarmte staan heel open tegenover zo'n samenwerking.

Een van de grootste uitdagingen is de relatief lage temperatuur van de restwarmte. Daarnaast zijn de investeringskosten hoog, waardoor een business case vanwege de veelal lange terugverdientijd voor de betrokken stakeholders mogelijk financieel niet aantrekkelijk is.

Technische ontwikkelingen, met name op het gebied van waterkoeling, zullen het kansengebied voor restwarmte vergroten. Verwacht wordt dat deze technieken over 5 jaar door early adopters worden toegepast.

Een van de meest bekende kengetallen die wordt gebruikt om de energiezuinigheid van een datacenter uit te drukken is de EUE. De EUE bepaalt echter alleen naar de energiehuishouding binnen een datacenter. Maatregelen zoals benutting van restwarmte en het opwekken van eigen energie met behulp van bijvoorbeeld zonnepanelen worden hierin niet meegenomen. Een nieuw kengetal waarmee de duurzaamheid van de energievoorziening binnen datacenters wordt weergegeven is daarom wenselijk.

# Inhoudsopgave

<b>1. Introductie</b> .....	<b>5</b>
1.1 Kansen voor restwarmte .....	5
1.2 Doel van dit rapport .....	7
1.3 Colofon.....	8
<b>2. Casus 'Ruimteverwarming'</b> .....	<b>9</b>
2.1 Situatieschets.....	9
2.2 Technische analyse .....	9
2.2.1 Luchttransport .....	10
2.2.2 Watertransport.....	10
2.2.3 Temperatuur.....	11
2.3 Economische analyse.....	11
2.4 Proces en betrokkenen .....	11
2.5 Conclusie .....	12
<b>3. Case 2: 'Algenkwekerij'</b> .....	<b>13</b>
3.1 Situatieschets.....	13
3.2 Technische analyse .....	14
3.3 Economische analyse.....	14
3.4 Proces en betrokkenen .....	15
3.5 Conclusie .....	15
<b>4. Case 3: 'Tapwater'</b> .....	<b>17</b>
4.1 Situatieschets.....	17
4.2 Technische analyse .....	17
4.3 Economische analyse.....	18
4.4 Conclusie .....	18
<b>5. Meer kansen voor restwarmte</b> .....	<b>19</b>
5.1 Warmte-koude opslag.....	19
5.2 Paprika's, bloemkool en tulpen .....	20
5.3 Zwembad.....	20
5.4 Conclusie .....	20
<b>6. Discussie</b> .....	<b>21</b>
6.1 Grenzen.....	21
6.2 Terugslag.....	22
6.3 Kengetallen .....	22
6.4 Toekomstperspectief .....	23
<b>7. Conclusie</b> .....	<b>24</b>
<b>Referenties</b> .....	<b>25</b>

# 1. Introductie

De vraag naar ICT diensten en producten groeit hard. Het aantal mensen dat actief is op sociale media, zoals Facebook en Twitter, is de afgelopen jaren explosief gestegen. Daarnaast is er een grote toename van streaming media (Youtube, Twitch) en nieuwe diensten voor smart phones en tablets (apps). Verder zijn zakelijke activiteiten en administraties vaker gedigitaliseerd (internetbankieren, online belastingaangifte, interne documenten). Tevens vindt, zowel bij particulieren als in de zakelijke markt, een verschuiving plaats van lokaal naar centraal gebruik van software en dataopslag, waardoor cloud-oplossingen en virtual desktops steeds meer populariteit verkrijgen.

Al deze toepassingen zijn afhankelijk van datacenters. De harde groei van deze diensten heeft geleid tot een sterke toename van ICT capaciteit in datacenters. Daarbij is de prognose dat deze groei in de nabije toekomst nog meer toeneemt.

De vraag naar ICT-capaciteit in datacenters staat in direct verband met het energiegebruik van deze sector. In 2012 gebruikten datacenters 2% van de totale Nederlandse elektriciteitsproductie. Dit is ongeveer evenveel als het elektriciteitsgebruik van 600.000 Nederlandse huishoudens. De verwachting is dat dit energiegebruik met ongeveer 10% per jaar stijgt [1].

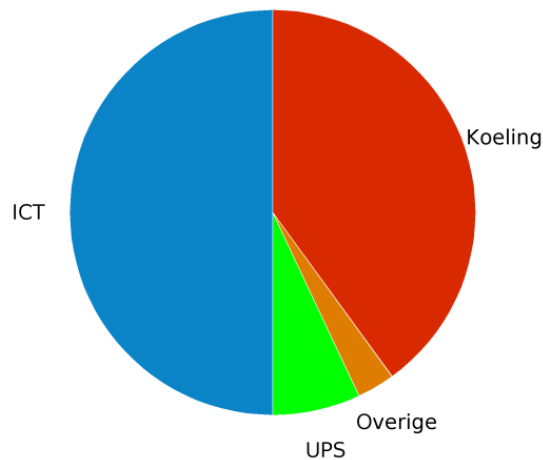
De ICT-sector is in staat om zelf een belangrijke bijdrage te leveren aan een betrouwbare, duurzame en betaalbare toekomstige energievoorziening. Dat staat beschreven in de Routekaart ICT 2030, die de ICT-sector heeft opgesteld als onderdeel van de meerjarenafspraken (MJA3) [2]. Daarbij worden twee trajecten onderscheiden. Enerzijds gaat de ICT sector zelf efficiënter en groener om met energie. Anderzijds worden ICT-diensten en producten ingezet om andere sectoren te vergroenen.

Tussen de trajecten vergroenen *met* en vergroenen *van* ICT ligt nog een weg, die is onderbelicht in de Routekaart. Datacenters produceren veel warmte. Deze warmte wordt gezien als afvalproduct en actief weggekoeld. Binnen andere omliggende /aangrenzende sectoren kan deze restwarmte echter nog een toepassing hebben. Het gebruik van restwarmte in andere sectoren leidt daarmee tot energiebesparing. Er liggen dus kansen voor datacenters om met de eigen energiehuishouding een bijdrage te leveren aan de verduurzaming van andere sectoren .

## 1.1 Kansen voor restwarmte

Het energiegebruik in een datacenter is onder te verdelen in een aantal categorieën, zoals weergegeven in Figuur 1. Ongeveer 50% van het elektriciteitsgebruik is direct toe te kennen aan de ICT apparatuur en wordt geheel omgezet in warmte. Deze warmte wordt vervolgens actief weggekoeld met behulp van een koelinstallatie. Hiervoor is elektriciteit nodig. Verder zijn verliezen in de noodstroomvoorziening (UPS) en overige

facilitaire zaken zoals verlichting, bewaking en monitoring verantwoordelijk voor zo'n 15% van het elektriciteitsgebruik.

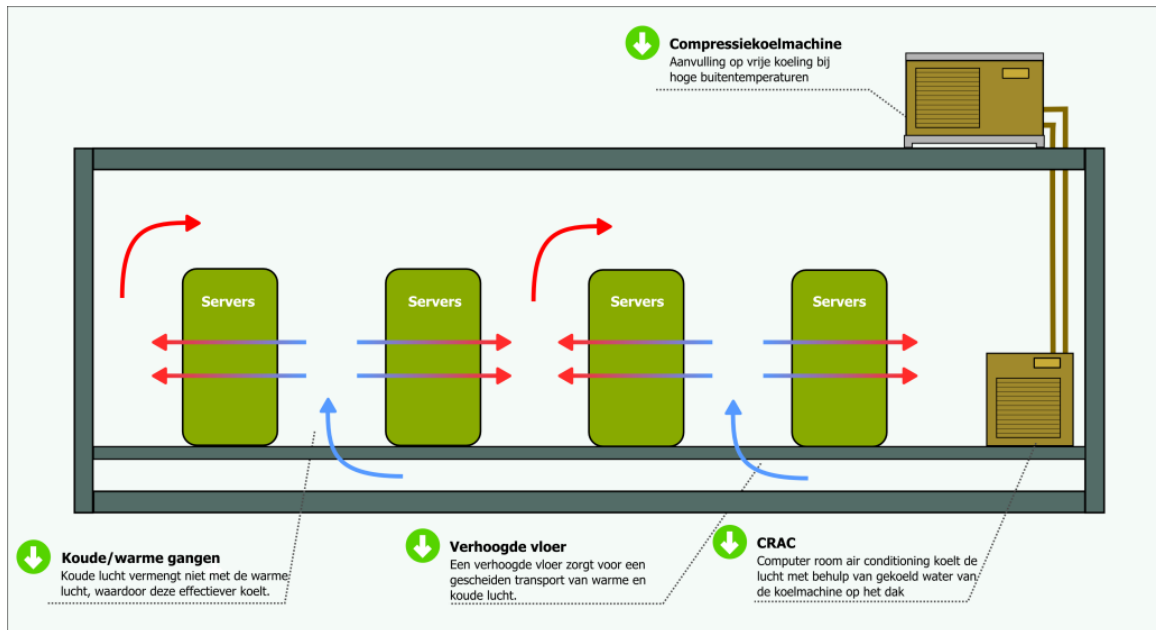


*Figuur 1: Verdeling van energiegebruik in een gemiddeld datacenter.*

Er is reeds veel geschreven over hoe datacenters zelf energie kunnen besparen [3]. Zo kan een datacenter de benuttingsfactor van servers verhogen door bijvoorbeeld het toepassen van virtualisatie [4]. Verder kan een datacenter met 'good housekeeping' het energiegebruik van het koelsysteem, de noodstroomvoorziening en de verlichting flink verlagen.

De trend van de laatste jaren is om servers te koelen met hogere luchttemperaturen. Groot voordeel hiervan is dat koelmachines daardoor efficiënter werken en minder energie gebruiken. Verder kan door verhoging van de koelluchttemperatuur een groter deel van de tijd met buitenlucht worden gekoeld. De ASHRAE, een wereldwijd leidende organisatie op het gebied van standaarden en richtlijnen voor verwarming en koeling, adviseert om de koellucht voor servers te verhogen naar 27 °C [5]. Veel, met name wat oudere, datacenters, houden op dit moment de temperatuur van de ingeblazen koellucht tussen de 18 °C en 22 °C.

Het geleidelijke verhogen van de ingeblazen koelluchttemperatuur heeft niet alleen een positief effect op het energiegebruik van de koelmachines. De temperatuur van de lucht die door de servers wordt uitgeblazen ligt over het algemeen 8 tot 12 °C hoger dan de ingeblazen koellucht. Datacenters die de ASHRAE richtlijn volgen, hebben daardoor warme lucht van tenminste 35 °C tot hun beschikking. Deze temperatuur is voldoende hoog om de warmte voor andere toepassingen te gebruiken. Daarmee wordt inkoop van energie en CO<sub>2</sub> uitstoot door deze toepassingen vermeden. Door het hergebruik van restwarmte dragen datacenters met hun eigen energiehuishouding actief bij aan de vergroening van andere sectoren.



*Figuur 2: Een gangbare wijze van koeling in een datacenter. Een airconditioning (CRAC) koelt lucht af met behulp van koud water van de koelmachine en voert deze via een verhoogde vloer aan naar de koude gangen.*

## 1.2 Doel van dit rapport

De restwarmte uit datacenters kan een nuttige toepassing hebben in haar omgeving. De vraag is welke randvoorwaarden voor een geslaagd restwarmte project nodig zijn.

Een vraag is hoe dichtbij het datacenter bij een geschikte afnemer zou moeten staan. Warmte laat zich minder gemakkelijk transporteren over lange afstanden en is een bepalende randvoorwaarde. Daarbij is het ook de vraag of de warme lucht uit servers direct toegankelijk is. Naast deze technische uitdagingen zijn er ook economische en sociale aspecten. Wie gaat de investering doen in het warmtetransport? En is het verdienmodel wel interessant voor alle betrokken stakeholders? Een goede samenwerking tussen het datacenter en de afnemer is daarbij van belang.

Het doel van dit rapport is om de kansen en belemmeringen voor restwarmtebenutting in de ICT branche in kaart te brengen. Daartoe zijn analyses van 3 cases uitgevoerd door EnergyGO, welke vanuit een technisch, bedrijfseconomisch en procesmatig perspectief zijn bekeken. Deze zijn beschreven in hoofdstukken 2 tot en met 4. In hoofdstuk 5 is gekeken naar andere, reeds toegepaste, oplossingen voor restwarmtebenutting. Hoofdstuk 6 schetst de huidige en toekomstige ontwikkelingen en schetst daarmee het perspectief van restwarmte. Conclusies van dit rapport zijn te vinden in hoofdstuk 7.

## 1.3 Colofon

Dit rapport is opgesteld door EnergyGO B.V. in opdracht van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO).

De cases zijn mogelijk gemaakt door medewerking van Algaecom, Arkin, Entrance, Hanzehogeschool Groningen, TCN Data Hotels en Telecty.

Met dank aan Asetek, Nederland ICT en de Omgevingsdienst Noordzeekanaal voor het leveren van informatie en contacten waarmee dit rapport mede tot stand is gekomen.



## 2. Casus 'Ruimteverwarming'

Restwarmte uit een datacenter is uitermate geschikt om een kantoorgebouw mee te verwarmen gedurende de wintermaanden. De restwarmte voorziet het gebouw in de basislast aan warmte door bijvoorbeeld de ventilatielucht te verwarmen. De bestaande verwarmingsinstallatie springt vervolgens alleen op koudere dagen bij. In deze case is gekeken naar benutting van restwarmte uit een datacenter ten behoeve van het verwarmen van een naastgelegen kantoorpand.

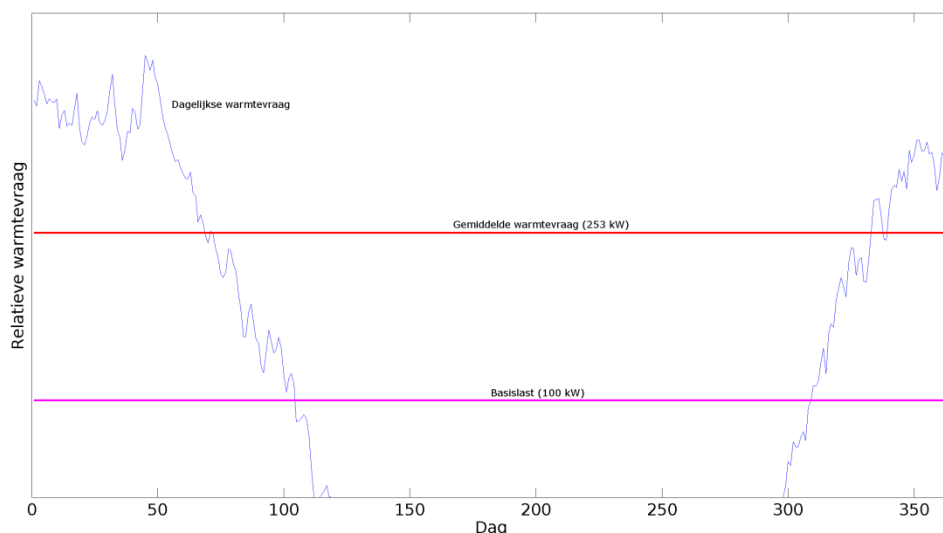
### 2.1 Situatieschets

Het datacenter en kantoorgebouw staan ongeveer 100 meter uit elkaar op een locatie ergens in Nederland. Het datacenter heeft gescheiden warme en koude gangen. De warme gangen zijn volledig afgesloten en hebben een luchttemperatuur van ongeveer 40 °C. Centrale koelunits zuigen de lucht aan uit de warme gangen, koelen de lucht af en blazen deze vervolgens in de koude gangen. De koelunits halen de koude energie uit de buitenlucht via de gevel. Er zijn geen compressiekoelmachines aanwezig.

De huurder van het kantoorgebouw neemt ongeveer 4.000 GJ per jaar aan warmte af van een warmtenetwerk om het kantoorgebouw te verwarmen.

### 2.2 Technische analyse

Het kantoorgebouw wordt 182 dagen per jaar verwarmd. Dit is berekend met behulp van de gemiddelde buitentemperatuur in Nederland. De dagelijkse warmtevraag is weergegeven in Figuur 3.



Figuur 3: Dagelijkse warmtevraag berekend voor het kantoorgebouw.

Gedurende de stookperiode heeft het kantoorgebouw een gemiddeld vermogen van 253 kW aan warmte nodig. De helft van de tijd is de warmtevraag lager dan het gemiddelde. Door een lager vermogen te kiezen dan de gemiddelde warmtevraag van het gebouw wordt voorkomen dat een deel van de geleverde warmte in het voor- en najaar niet gebruikt kan worden. Een warmtevraag van tenminste 100 kW is van toepassing gedurende 95 % van de tijd in de stookperiode. In de business case is daarom aangenomen dat het datacenter 100 kW restwarmte levert aan het kantoorgebouw.

### 2.2.1 Luchttransport

Het is technisch mogelijk om de warme lucht uit de warme gang af te tappen. De lucht wordt vervolgens via een pijpleiding van 100 meter lang naar het kantoorgebouw getransporteerd. De warmte kan het best worden afgegeven aan de verse ventilatielucht van het gebouw. De huidige ventilatieluchtinlaat bevindt zich op de vijfde verdieping van het gebouw. De lucht wordt daarom nog eens 20 meter omhoog getransporteerd.

Er is een luchtdebiet van 30.000 m<sup>3</sup>/uur nodig om 100 kW aan warmte te leveren aan het kantoorgebouw. Het benodigde ventilatorvermogen om 100 meter afstand en 20 meter hoogte af te leggen is ongeveer 40 kW elektrisch. Dit betekent dat de hoeveelheid primaire energie voor de ventilatoren (bij 39% rendement van een elektriciteitscentrale) meer is dan het geleverde vermogen aan warmte. Daarnaast zijn de investeringskosten erg hoog, omdat een pijpleiding met een diameter van minimaal 1.500 mm nodig is om het gewenste volumedebiet te behalen.

Lucht als drager van restwarmte is in deze case energetisch niet zinvol en financieel niet winstgevend.

### 2.2.2 Watertransport

In plaats van lucht, kan ook gekozen worden voor het water om de warmte te transporteren. Water kan namelijk per volume-eenheid 3.500 keer meer warmte opnemen dan lucht. Dit betekent dat er veel minder transport nodig is en resulteert in een lager hulpenergiegebruik.

Een warmtewisselaar, geplaatst tussen de warme gangen en de centrale koelinstallatie, verwarmt water met de serverlucht. Het water stroomt door twee (aanvoer en retour) geïsoleerde transportleidingen, met een buitendiameter van ongeveer 100 mm, naar het kantoorpand. Het warme water wordt vervolgens gebruikt om de (ververste) ventilatielucht te verwarmen. Het benodigde pompvermogen om het water rond te pompen wordt geschat op minder dan 1 kW elektrisch. Vanwege de hoge warmtecapaciteit van water is het benodigde volumedebiet laag. Daarnaast bevindt het water zich in een gesloten circuit, waardoor het hoogteverschil er niet toe doet.

Energetisch en technisch gezien is een business case voor restwarmteterugwinning met behulp van een watercircuit in deze situatie prima haalbaar.

### 2.2.3 Temperatuur

De warme serverlucht die de warmtewisselaar in gaat, heeft een temperatuur van ongeveer 40 °C. Het rendement van een warmtewisselaar is grofweg 80%. Daardoor verkrijgt het water een temperatuur die ongeveer 5 °C lager ligt dan de temperatuur van de serverlucht.

De warmteverliezen van het watertransport over 100 meter afstand bij een buitentemperatuur van 0 °C bedragen maximaal 2 °C. De buizen zijn namelijk geïsoleerd met 25 mm minerale wol. Daarnaast is de transportafstand relatief kort. De temperatuur van het water dat het kantoorgebouw binnenkomt is ongeveer 32 °C zijn. Dit is voldoende om verse ventilatielucht (van zo'n 17-18 °C) enkele graden op te warmen.

## 2.3 Economische analyse

De investeringen om het restwarmtesysteem te installeren bestaan uit drie componenten. De kosten voor de aanleg van een ondergrondse warmtedistributienet met twee leidingen van elk 100 mm worden geschat op 600 euro per meter [6]. Voor een afstand van 100 meter is een investering van 60.000 euro vereist. Deze investering is mogelijk lager als de leidingen bovengronds komen te liggen, maar er zijn geen goede referenties beschikbaar voor een kostenraming van bovengrondse leidingen. Verder is ingeschat dat er 50.000 euro aan investeringen voor de aankoop en installatie van twee warmtewisselaren nodig zijn. Als laatste is er ongeveer 30.000 euro nodig voor de regelingen en pompen. De totale investering komt daarmee op 140.000 euro.

Bij een warmtelevering van 100 kW met een jaarlijkse bedrijfstijd van 3.500 uur, wordt er 1.363 GJ/jaar aan warmte geleverd aan het kantoorgebouw. De huurder betaalt op dit moment ongeveer 21 €/GJ voor de warmte uit het stadsverwarmingsnet. De restwarmte vertegenwoordigt daarmee een waarde van 28.500 euro/jaar. Daar gaan vervolgens de kosten voor hulpenergie (pompen, regeling) nog vanaf. De netto financiële opbrengst komt daarmee op ongeveer 27.500 euro/jaar uit. Bij een te behalen rendement van 5% op de investering komt de terugverdientijd uit op 6 jaar.

## 2.4 Proces en betrokkenen

Het kantoorgebouw wordt gehuurd van een investeringspartij en beheerd door een vastgoedbeheerder. De huurder is verantwoordelijk voor de energierekening en het onderhoud van de installaties. Voor ingrijpende veranderingen aan het gebouw of installatie zijn zowel huurder als eigenaar een stakeholder. Bij de opzet van dit restwarmteterugwinproject zijn zowel het datacenter, de huurder en verhuurder een stakeholder.

Als de betrokken partijen besluiten om deze business case uit te voeren, dan is een financieringsmodel noodzakelijk. Aan zowel de datacenter- als kantoorzijde zullen er installatietechnische maatregelen uitgevoerd moeten worden. Uiteindelijk is de huurder

van het kantoorgebouw de stakeholder, die profiteert van deze investeringen. Een mogelijk financieringsmodel kan een Energy Service Company (ESCO) zijn, waarin zowel het datacenter, de huurder, de verhuurder en de installateur in deelnemen. De ESCO doet de investering en de huurder betaalt de ESCO vervolgens een vergoeding voor het leveren van warmte.

Zowel het datacenter als huurder hebben beiden aangegeven een vervolgstudie te starten om te kijken hoe een restwarmteproject gerealiseerd zou kunnen worden. De eigenaar van het gebouw is terughoudend. Een van de redenen hiervoor is dat de terugverdientijd langer is dan het lopend huurcontract.

## **2.5 Conclusie**

Er is onderzocht of het mogelijk is om restwarmte uit een datacenter te hergebruiken om een nabijgelegen kantoorpand deels mee te verwarmen. Met behulp van een watercircuit tussen de twee gebouwen is dit technisch, energetisch haalbaar. De maatregel heeft een verwachte economische terugverdientijd van 6 jaar.

Zowel het datacenter als de gebruiker van het kantoorgebouw hebben naar aanleiding van bovenstaande conclusie aangegeven erg positief te staan tegenover het hergebruik van restwarmte. Inmiddels worden door deze partijen de mogelijkheden van restwarmtebenutting in nader detail onderzocht. De uitkomsten van dit onderzoek zullen bepalen of de installatie er werkelijk komt.

## 3. Case 2: 'Algenkwekerij'

In Groningen wordt onderzoek gedaan naar de productie van algen. Omdat algen in een warmere omgeving sneller groeien, is het gebruik van bijna gratis warmte erg interessant. Deze warmte kan bijvoorbeeld door een datacenter worden geleverd. Het algen-productie bedrijf Algaecom onderzoekt samen met TCN Data Hotels hoe zij dit kunnen realiseren.

### 3.1 Situatieschets

Het bedrijf Algaecom ontwikkelt, installeert en beheert innovatieve systemen voor de teelt van algen en eendenkroos. Met de Algae XL-bags heeft Algaecom een nieuw productiesysteem ontwikkeld, waarbij de CO<sub>2</sub> omgezet wordt in bijvoorbeeld biomassa, bitumen en (dier)voedingsmiddelen.



*Figuur 4: Algenproductie in XL bags (bron: Algaecom)*

Een van de testopstellingen van Algaecom staat op het terrein van het Energy Transition Center (Entrance) in Groningen, een samenwerkingsverband tussen DNV KEMA, Hanzehogeschool Groningen, Rijksuniversiteit Groningen, TNO en de Gasunie. De algenzakken hangen buiten, zodat de algen voldoende licht krijgen om te groeien. De temperatuur van de algen is daardoor grotendeels van het jaar lager dan de optimale groeitemperatuur van 25-28 °C. Het toevoegen van warmte aan de algenzakken levert een hogere opbrengst op.

Aan de overzijde van Entrance, op ongeveer 80 meter afstand van de opstelling, staat een datacenter van TCN Data Hotels. Het datacenter maakt gebruik van warme en koude gangen. De koelunits, die de koude gangen op temperatuur houden, krijgen via een watercircuit koude aangeleverd van compressie koelmachines met vrije koeling. De

temperatuur van het warme water dat van de koelunits naar de koelmachines stroomt is maximaal 34 °C. In de wintermaanden is deze temperatuur lager, vanwege de toepassing van vrije koeling.

De kantoren in het datacenter worden deels met restwarmte, deels met elektrische verwarming verwarmd. Het is financieel niet haalbaar gebleken om de kantoren 100% met restwarmte te verwarmen.

## 3.2 Technische analyse

De huisinstallateur van het datacenter heeft in april 2013 een haalbaarheidsstudie geschreven, waarin verschillende opties van warmtetransport tussen het datacenter en Algaecom zijn beschreven. Het rapport concludeert dat technisch gezien het haalbaar is om de restwarmte uit het datacenter te gebruiken. De optimale temperatuur van de algen ligt echter hoger dan wat het datacenter gedurende het hele jaar kan leveren. De installateur is er daarom vanuit gegaan dat opwaardering van de warmte, bijvoorbeeld met een warmtepomp, nodig is. Verder is er uitgegaan van een leiding over de weg heen (bovengronds).

De haalbaarheidsstudie heeft aangenomen dat een vermogen van 70 kW aan warmte wordt geleverd. Er is door Algaecom aan EnergyGO gevraagd om een inschatting te geven of dit voldoende is om 4 algenzakken te voorzien van warmte. EnergyGO heeft een inschatting gemaakt van de warmtevraag bij verschillende temperaturen van 1 algenzak. Deze zijn weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1: Benodigde warmtevraag bij verschillende weersomstandigheden om een algenzak op de gespecificeerde temperatuur te houden.

Scenario	Algenzak = 20 °C	Algenzak = 30 °C	Algenzak = 40 °C
Heldere winternacht	3300 W	4300 W	5200 W
Bewolkte winterdag	1200 W	1700 W	2200 W
Stormachtige herfstnacht	650 W	1900 W	3500 W
Zwoele zomernacht	150 W	850 W	1600 W
Perfect strandweer	0 W	0 W	800 W
Frisse zonnige lentedag	1000 W	1800 W	2600 W

Bij 4 algenzakken op 30 °C is maximaal een warmtevraag van ruim 17 kW nodig. Omdat sneeuw en regen niet zijn meegenomen in de berekening, maar wel de afkoeling van de zakken versnellen, is een veiligheidsfactor van 2 gekozen. De benodigde warmtevraag komt daarmee op 34 kW. Een vermogen van 70 kW is dus ruim voldoende.

## 3.3 Economische analyse

De huisinstallateur van TCN heeft ingeschat dat de investeringskosten voor een 70 kW warmtetransportsysteem tussen het datacenter en de Entrance locatie tussen de € 80.000 en € 140.000 liggen. De verdiensten zijn op dit moment niet in te schatten. De meeropbrengst van de algenzakken bij een hogere temperatuur dan de buitentemperatuur zijn namelijk nog niet gekwantificeerd. Dit is een van de

onderzoeksvragen waar Algaecom zich op dit moment mee bezig houdt. Voor het maken van de uiteindelijke business case zijn er twee punten die nadere aandacht vragen.

Als eerste is er de vraag wat de meeropbrengst aan algen is, door het verhogen van de temperatuur in de algenzakken, tegenover de investeringskosten die nodig zijn om restwarmte met deze temperatuur te leveren. Om de optimale groeitemperatuur van 28 °C te kunnen leveren is op dit moment een investering in bijvoorbeeld een warmtepomp nodig. De restwarmte heeft namelijk niet het gehele jaar door een temperatuur van 28 °C of meer. Het kan ook best lonen om de algenzak op een variabele temperatuur te houden, bijvoorbeeld 15 °C in de winter en 25 °C in de zomer. Dit levert namelijk nog steeds een hogere opbrengst op dan de basissituatie (niet verwarmen), maar investeringskosten in bijvoorbeeld de warmtepomp kunnen daarmee vermeden worden.

Als tweede speelt ook de grootte van de algenopstelling een belangrijke rol in de business case. Een opstelling die twee keer zo veel algenzakken heeft, levert twee keer zoveel algen op. De investeringskosten om twee keer zoveel restwarmte te leveren zijn daarentegen minder dan een verdubbeling. Dit komt omdat een groot component in de investeringskosten vaste kosten zijn. Deze kosten schalen niet mee met de grootte van de installatie. Een voorbeeld hiervan is het transportnetwerk, waarvan de (variabele) buisgrootte een fractie van de kosten zijn ten opzichte van de (vaste) installatiekosten.

Vanuit een kwalitatief oogpunt is een gezonde business case mogelijk. Investeren in het benutten van restwarmte levert een hogere opbrengst van algen. Er is kwantitatief nog niet genoeg informatie of deze meeropbrengst voldoende economische waarde representeert om de investering te kunnen verantwoorden.

### **3.4 Proces en betrokkenen**

TCN werkt op dit moment al samen met de Hanzehogeschool in het project Flexiheat. De stap om samen in een tweede project te gaan samenwerken is daardoor eenvoudig te maken. De Hanzehogeschool is namelijk betrokken bij zowel Algaecom als Entrance. De partijen hebben inmiddels een goede relatie met elkaar opgebouwd.

De onderzoeksvraag is wat nu werkelijk de meest effectieve methode is om restwarmte te gebruiken voor de kweek van algen. Welke technieken zijn het best toe te passen en hoe hoog moet de temperatuur van de algenzakken zijn? De partijen gaan hier de komende tijd mee aan de slag.

### **3.5 Conclusie**

Er ligt een mooie kans voor Algaecom om algen te kweken voor o.a. levensmiddelen, dakbedekking en biobrandstoffen met behulp van restwarmte uit een datacenter. Zowel technisch als procesmatig zijn er geen belemmeringen.

De grootste belemmering is of het financieel interessant is om te investeren in restwarmtebenutting. De meeropbrengst van algen bij een hogere temperaturen dan de

buitentemperatuur is nog niet gekwantificeerd. Algaecom gaat dit de komende tijd onderzoeken, waarna zij samen met TCN een gekwantificeerde business case kunnen opstellen.



*Figuur 5: Een proefopstelling waarbij rest-CO<sub>2</sub> van een fabriek wordt hergebruikt voor de kweek van algen is reeds gerealiseerd. (bron: Algaecom)*



## 4. Case 3: 'Tapwater'

Sommige gebouwen hebben niet alleen een hoge ruimteverwarmingsvraag, maar ook een hoge tapwatervraag, zoals het gebouw van Arkin. Dit gebouw staat direct tegen een datacenter van Telecity aan.

### 4.1 Situatieschets

Arkin is een instelling gericht op de geestelijke gezondheidszorg in de regio Amsterdam. Een van haar gebouwen in Amsterdam Zuid wordt gebruikt voor het verlenen van psychische hulp. Er wonen 50 permanente bewoners in het gebouw. Daarnaast wordt het gebouw ook voor dagelijkse hulpverlening aan patiënten, die overdag langs komen, gebruikt. Het verwarmingssysteem maakt gebruik van een hoge-temperatuur afgiftesysteem. Verder is er ook een grote tapwatervraag. Voor zowel ruimte- als tapwaterverwarming worden CV ketels ingezet.

Het gebouw staat nagenoeg tegen een datacenter van Telecity aan. De afstand tussen beide gebouwen is ongeveer 25 meter. Het koelsysteem van het datacenter bestaat uit centrale koelunits die koud water krijgen aangevoerd van koeltorens (vrije koeling). Het warme retourwater dat stroomt van de koelunits naar de koeltoren heeft dan een temperatuur van ongeveer 18 °C. Op warme dagen springt een compressorkoelmachine bij, zodat de centrale koelunits de juiste temperatuur aanleveren aan de servers. Op zomerse dagen kan de retourtemperatuur daarbij oplopen tot 35 °C.

### 4.2 Technische analyse

Telecity heeft reeds in 2008 een ingenieursbureau ingeschakeld om een haalbaarheidsstudie te doen naar het hergebruik van de restwarmte uit het datacenter om het gebouw van Arkin te verwarmen.

De temperatuur van de restwarmte is in de winter te laag om het gebouw te verwarmen. Het ingenieursbureau heeft daarom een oplossing met een warmtepomp onderzocht. Hierbij deden zich twee problemen voor. Ten eerste waren de investeringskosten voor een warmtenet met warmtepomp zodanig hoog dat deze zichzelf niet binnen een voor Arkin en Telecity acceptabele tijd terug verdiende. Daarnaast is het afgiftesysteem bij Arkin alleen geschikt voor hoge temperaturen. Het toepassen van een warmtepomp betekende dat ook het afgiftesysteem vervangen had moeten worden. Deze extra kostenpost was nog niet in de business case opgenomen.

Verder heeft het ingenieursbureau gekeken of de restwarmte gebruikt kon worden om de ventilatielucht op te warmen. Arkin gebruikt echter een warmtewiel om warmte terug te winnen uit ventilatielucht. Daardoor is de lucht te warm om gedurende de winterperiode deze verder te verwarmen met de restwarmte van 18 °C.

EnergyGO heeft onderzocht of het mogelijk is om de restwarmte in te zetten om tapwater voor te verwarmen. In de winter kan het water dan van 10 °C naar 15 °C worden verwarmd en in de zomer zelfs naar 30 °C. In de zomer betekent dit dat het water 20 °C in plaats van 40 °C opgewarmd hoeft te worden om ermee te kunnen douchen. Dit betekent een gasbesparing van 50%. Technisch is dit prima te realiseren door een warmtenet tussen het datacenter en Arkin te leggen. Met dit warmtenet wordt koud leidingwater voorverwarmd en vervolgens opgeslagen in een groot buffervat. De bestaande CV ketel verwarmt het water vervolgens na tot de gewenste temperatuur.

### **4.3 Economische analyse**

Het economisch voordeel om tapwater voor te verwarmen naar 30 °C is ongeveer € 1,00 per 1000 liter water. De retourtemperatuur van het koelwater in het datacenter is ongeveer 300 uur per jaar hoog genoeg om warm tapwater van 30 °C te verkrijgen. Zo'n 7.500 uur per jaar kan het tapwater tot 15 °C worden verwarmd. Deze temperatuur levert een besparing van € 0,25 per 1000 liter water.

De investeringskosten zijn daarentegen hoog. Het is voor Arkin financieel aantrekkelijker om bijvoorbeeld een zonnecollector systeem toe te passen. Een zonnecollector levert namelijk veel warmte met een hoge temperatuur tegen relatief lage investeringskosten.

Het voorverwarmen van tapwater met behulp van restwarmte is economisch in deze case niet interessant.

### **4.4 Conclusie**

De haalbaarheid van het hergebruik van restwarmte uit een datacenter van Telecity en in het nabijgelegen gebouw van Arkin is bestudeerd. Het bleek niet mogelijk te zijn om de restwarmte te gebruiken voor ruimteverwarming bij Arkin, omdat de temperatuur van de restwarmte in de winter te laag is. Verder is het gebruik van de restwarmte voor warm tapwater in deze situatie financieel niet aantrekkelijk. Het investeren in bijvoorbeeld een zonnecollector levert een hoger financieel rendement op. Daarmee is een gezonde business case voor restwarmte in deze situatie niet mogelijk.

## 5. Meer kansen voor restwarmte

De drie cases hebben laten zien welke type kansen er liggen voor benutting van restwarmte. De meest voor de hand liggende case is ruimteverwarming van een gebouw en daarnaast nog eventueel het voorverwarmen van tapwater. Verder heeft de case tussen Algaecom en TCN laten zien dat ook algenkweek interessant kan zijn. Er zijn echter nog een aantal opties onbenoemd gebleven.

### 5.1 Warmte-koude opslag

Een warmte-koude opslag, kortweg WKO, is een methode om warmte en koude gedurende een seizoen op te slaan in de grond. Een WKO bestaat uit een of meerdere putten van ongeveer 50 tot 300 meter diep, afhankelijk van hoe diep de verschillende grondwaterlagen (zogenaamde 'aquifers') liggen. In de zomer wordt koud water uit de grond gehaald, waarmee het gebouw gekoeld wordt. Het opgewarmde water wordt vervolgens weer de grond ingepompt. In de winter wordt het proces omgedraaid, het opgewarmde water wordt opgepompt en veelal met behulp van een warmtepomp opgewaardeerd, waar vervolgens het gebouw mee wordt verwarmd. Het koude water gaat de grond weer in. Hiermee wordt een flinke besparing op de energierekening behaald.

Een belangrijke voorwaarde voor (grotere) WKO installaties is dat zij in balans zijn. Daarmee wordt bedoeld dat er gemiddeld over een jaar evenveel warmte als koude wordt gebruikt. Een WKO in onbalans kan na verloop van tijd aanzienlijk slechter gaan presteren, waardoor de energierekening uiteindelijk toch hoger uitvalt.

Veel gebouwen hebben echter geen evenwichtige warmte en koude vraag, waardoor het installeren van een WKO niet direct interessant is. Echter, door op gebiedsniveau te gaan kijken, kan een verzameling van gebouwen wel een netto balans bereiken. De gebouwen delen dan samen dezelfde WKO. Gebouwen met een hogere warmtevraag dan koudevraag kunnen bijvoorbeeld zo'n WKO delen met een datacenter. De restwarmte uit het datacenter wordt dan gebruikt om de WKO in balans te houden. Tegelijkertijd verkrijgt het datacenter koude uit de WKO, waardoor de koelmachines minder hoeven te draaien en dus minder energie gebruiken. Een win-win situatie dus.

Inmiddels is dit concept toegepast op het Amsterdam Science Park. Hier wordt het gebouw van de Faculteit Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica van de Universiteit van Amsterdam (UvA) verwarmd door een WKO. Het datacenter van Equinix gebruikt de koude uit deze WKO en stopt haar restwarmte weer terug de grond in. Op deze wijze houden de UvA en Equinix de WKO in balans.

## 5.2 Paprika's, bloemkool en tulpen

Niet alleen algen hebben warmte nodig om snel te kunnen groeien. Ook verschillende groentes, zoals paprika's, bloemkool, en sla worden bij 20 tot 27 °C gekweekt. Dit betekent dat een kas tenminste 9 maanden per jaar warmte nodig heeft. Daarnaast zijn er enkele maanden per jaar waarin bloemen- en bollenkwekerijen veel warmte nodig hebben.

Restwarmte uit een datacenter is zeer geschikt om deels in deze warmtevraag te voorzien. Hoewel dit concept nog niet in de praktijk is gedemonstreerd, heeft Microsoft aangegeven een nieuw datacenter te gaan bouwen naast de Agriport A7 in het noordoosten van Noord-Holland. Agriport is een gebied waar ruim 450 hectare aan glastuinbouw staat voor zowel sier- als groenteteelt. De intentie van Microsoft is om energetische synergie met de kassen te hebben, bijvoorbeeld door restwarmte te leveren. Details hieromtrent zijn echter nog niet bekend gemaakt.

## 5.3 Zwembad

Het water in een zwembad heeft een temperatuur van 25 °C tot 30 °C, afhankelijk van type gebruik, zoals baanzwemmen, zwembles, wateraerobics. Dit is een temperatuur die prima door restwarmte uit een datacenter geleverd kan worden. In Nederland zijn er nog geen zwembaden die op deze wijze hun warmte verkrijgen. In Zwitserland daarentegen wel.

In 2008 heeft IBM voor GIB services een nieuwe datacenter gebouwd in een voormalige militaire bunker nabij Zurich. Daarbij is een waterverbinding aangelegd tussen het datacenter en een nabijgelegen gemeentelijk zwembad. Hiermee wordt jaarlijks 130.000 ton aan CO<sub>2</sub> bespaard. De waterverbinding is overigens door de gemeente is gefinancierd.

## 5.4 Conclusie

Er liggen legio kansen voor het benutten van restwarmte uit datacenters. Belangrijk is om in de omgeving te kijken of er gebouwen of bedrijven zijn die warmte met een relatief lage temperatuur nodig hebben (20 °C tot 30 °C).

## 6. Discussie

Op korte termijn zullen steeds meer datacenters het advies van de ASHRAE opvolgen en gaan koelen met temperaturen van 27 °C. Een Google datacenter in België hanteert inmiddels al een temperatuur van 32 °C. Een van de grotere barrières om met hogere temperaturen te koelen, de levensduur van de hardware, wordt steeds zwakker. Serverfabrikanten Dell en HP geven inmiddels op een aantal modellen zelfs garantie dat de hardware koeltemperaturen van 40 °C aan kunnen, zonder dat de levensduur in gevaar komt.

Lage koeltemperaturen betekent overigens niet dat benutting van restwarmte niet mogelijk is. Hogere koeltemperaturen bieden wel meer mogelijkheden en eerder een kans op een financieel interessante business case. Datacenters die de ASHRAE richtlijnen volgen kunnen temperaturen van 40 °C in de warme gangen behalen. Dit zijn op dit moment de hoogste temperaturen die (rest)warmte in datacenters kan bereiken. Daarnaast leveren hogere koeltemperaturen natuurlijk ook nog een besparing op de hoeveelheid koelenergie die nodig is, omdat er minder uren per jaar met compressiekoelmachines gekoeld hoeft te worden.

### 6.1 Grenzen

Er is echter wel een grens bereikt met de temperatuur waarmee gekoeld kan worden en wel om twee redenen. Een hogere koeltemperatuur betekent dat een server meer lucht in moet nemen om zijn warmte weg te koelen. Daarvoor zullen de ingebouwde ventilatoren harder moeten gaan draaien, waardoor het elektriciteitsgebruik van de server toeneemt [7]. Er blijkt een optimum te bestaan tussen de besparing op het energiegebruik van de koelinstallatie en toename van het energiegebruik van een server. Waar dit optimum precies ligt, verschilt sterk per datacenter. Verschillende onderzoeken spreken over optimale temperaturen tussen de 27 °C en 32 °C.

Bij serverfabrikanten zijn nog weinig ontwikkelingen te zien om het luchtkoelproces binnenin servers te verbeteren. Dit heeft mede te maken met het gestandaardiseerde formaat van servers. Het optimaliseren van de luchtstroom en het gebruik van andere formaten van ventilatoren worden daardoor beperkt.

Verder zijn er in datacenters continue mensen bezig met de inrichting van racks of het herstellen van servers. Deze mensen lopen de gehele dag in de 'koude' gang. Het hanteren van hogere temperaturen betekent dat zij minder productief zijn. Volgens de FNV warmtestress meter [8] zijn bij respectievelijk licht en zwaar werk vanaf 32 en 28 °C omgevingstemperaturen aanvullende pauzes nodig. Ook vanuit arbeidsomstandigheden is dus een temperatuurgrens bereikt.

## 6.2 Terugslag

Het is lang niet altijd mogelijk om de restwarmte direct uit de warme gang te halen, zoals bij de eerste case (hoofdstuk 2) het geval is. Veelal zal de warmte uit het traject tussen de koelunits op de datavloer (bijvoorbeeld CRAC of in-row-koelers) en de koelmachine buiten gehaald moeten worden.

Hogere koeltemperaturen hebben een positief effect op het energiegebruik van de koelinstallaties in een datacenter. Er kan een groter deel van de tijd met buitenlucht worden gekoeld en minder met compressiekoeling. Dit heeft echter ook een keerzijde. De watertemperatuur in het koelcircuit tussen koelunit en koelmachine is veel lager bij vrije koeling dan bij compressiekoeling. Gangbare temperaturen zijn ruwweg 34 °C bij compressiekoeling en 18 °C bij vrije koeling. Hogere koeltemperaturen kunnen dus een negatief effect hebben op de kansen voor restwarmtebenutting.

Overigens betekent dit niet direct een vrijbrief voor het hanteren van lagere koeltemperaturen dan de ASHRAE adviseert. Het is belangrijk dat een datacenter eerst zijn eigen bedrijfsvoering met zo min mogelijk energiegebruik uitvoert en daarna pas kijkt of er mogelijkheden liggen voor restwarmtebenutting. Het is lang niet altijd mogelijk om een gezonde business case voor restwarmte te maken, terwijl een energie-efficiënt koelsysteem wel altijd haalbaar is.

De ideale situatie is als een datacenter vanaf het begin wordt ontworpen met als uitgangspunt een energie-efficiënt koelsysteem dat geschikt is voor restwarmtebenutting. Dan kunnen de juiste ontwerpkeuzes gemaakt worden voordat de werkelijke investeringen gedaan worden.

## 6.3 Kengetallen

Een van de meest bekende kengetallen die wordt gebruikt om de energiezuinigheid van een datacenter uit te drukken is de EUE. De EUE staat voor 'Energy Usage Effectiveness' en geeft de verhouding weer van de energie die gebruikt wordt door de ICT-apparatuur zelf ten opzichte van de totale energie die het datacenter (of computerruimte) ingaat:

$$EUE = \frac{\text{ICT} + \text{Koeling} + \text{UPS} + \text{Verlichting} + \text{Overig gebruik [kWh/jaar]}}{\text{ICT [kWh/jaar]}}$$

Bijvoorbeeld, bij een EUE van 1,5 wordt voor elke 100 eenheden energie die door de ICT wordt gebruikt, nog eens 50 eenheden gebruikt door de overige voorzieningen. Hoe hoger de EUE, hoe meer energie de ondersteunende voorzieningen nodig hebben. In een energetisch optimaal datacenter is de EUE 1,0. Al het energiegebruik van het datacenter is toe te kennen aan de ICT-apparatuur. Ondersteunende installaties zijn niet aanwezig of gebruiken geen energie. Natuurlijk is dit een ideale situatie, die in de praktijk voorlopig nog niet haalbaar is.

De EUE wordt tegenwoordig wereldwijd veel gebruikt als maatstaaf om de duurzaamheid van een datacenter weer te geven. Het kengetal wordt daarom veel gebruikt bij vergelijkingen tussen datacenters, maar ook in de handhaving en certificering. De EUE kijkt echter alleen naar de energieuishouding binnen een datacenter. Maatregelen zoals benutting van restwarmte en het opwekken van eigen energie met behulp van bijvoorbeeld zonnepanelen worden hierin niet meegenomen. Een nieuw kengetal waarmee de duurzaamheid van de energievoorziening binnen datacenters wordt weergegeven is daarom wenselijk.

## 6.4 Toekomstperspectief

Technische ontwikkelingen op de lange termijn zijn erg interessant. Zo vinden er inmiddels experimenten plaats met directe waterkoeling. Daarbij wordt een deel van een server (processoren & geheugen, zo'n 70% van het energiegebruik) of zelfs de gehele server gekoeld met water. Omdat water per volume-eenheid zo'n 3500 keer zoveel warmte op kan nemen en de warmteoverdracht ook veel sneller is, kunnen hogere temperaturen worden gehandhaafd. ICT hardware heeft meestal een werktemperatuur van ongeveer 65 °C. Bij waterkoeling kan de retourtemperatuur zonder problemen worden verhoogd tot 60 °C. Het bedrijf Asetek bijvoorbeeld, ontwikkelaar van waterkoeling voor servers, doet hier op dit moment een pilot mee in een Nederlands datacenter. Het potentieel van restwarmte in de vorm van 60 °C water is vanzelfsprekend hoog. Hoewel er nog veel terughoudendheid is met betrekking tot waterkoeling, is de verwachting dat binnen vijf jaar de early adapters over zullen gaan naar watergekoelde servers in hosting datacenters.

## 7. Conclusie

In dit rapport is gekeken naar de kansen en belemmeringen van benutting van restwarmte uit datacenters.

Er zijn veel toepassingen waar gebruik van restwarmte een positieve bijdrage aan levert aan verduurzaming van gebouwen en bedrijfsprocessen. Opvallend daarbij is dat deze toepassingen heel erg divers zijn. Zo kan de warmte ingezet worden voor het verwarmen van een gebouw of het (voor)verwarmen van warm tapwater of een zwembad, maar ook voor de productie van algen, sier- en kasgroententeelt. Verder bestaat de mogelijkheid om een datacenter, samen met andere gebouwen in een gebied, gebruik te laten maken van een warmte-koude opslag (WKO). Hiermee wordt niet alleen de koeling van het datacenter verder verduurzaamd, maar wordt ook de restwarmte ingezet om nabijgelegen gebouwen te verwarmen.

De grootste uitdagingen liggen op zowel technisch en financieel vlak. De temperatuur van de restwarmte is vaak nog te laag om een energiebesparing mee te realiseren. Omdat de investeringskosten voor een transportnet relatief hoog zijn, is een business case financieel niet altijd aantrekkelijk. Soms zijn er business cases die wel een acceptabele terugverdientijd hebben.

De minste belemmeringen liggen op het procesmatige vlak. Zowel datacenters als potentiële afnemers van restwarmte staan heel open tegenover samenwerking in de drie onderzochte casussen.

De toekomst belooft veel. Temperaturen in datacenters worden steeds hoger, waardoor de warmte ook steeds meer toepassingen heeft. Inmiddels zijn er ook al experimenten met waterkoeling, waardoor restwarmte temperaturen van wel 60 °C kan hebben. Het ontwerp van het koelsysteem heeft uiteindelijk een belangrijke invloed op de waarde van de warmte.

Het ontbreken van kengetallen en normen waarin het hergebruik van restwarmte als energiebesparings- en/of duurzaamheidsmaatregel kan ook als belemmering werken. Het verdient de aanbeveling om naast de EUE een nieuwe kengetal te definiëren, waarin duurzaamheidsaspecten als restwarmtebenutting in zijn opgenomen.



# Referenties

- [1] "Vergroenen datacenters 2012-2015: Ontwikkeling van energiegebruik, hernieuwbare energie en CO2 emissies bij verschillende scenario's", CE DELFT, maart 2012, [PDF](#)
- [2] "Routekaart ICT 2030", Atos Consulting, versie 1.1, mei 2012, [PDF](#)
- [3] "Energie-Efficiënt inrichten van computerruimten en datacenters", EnergyGO, september 2013, [PDF](#)
- [4] "Server virtualization", Capgemini and Sogeti, mei 2010, [PDF](#)
- [5] "Thermal guidelines for data processing environments", ASHRAE Technical commission 9.9, 2012, [PDF](#)
- [6] "Waardebepaling kleine ondergrondse infrastructuur", Stichting Pipeliner, oktober 2005. [PDF](#)
- [7] "Energy impact of increased server inlet temperature", APC - Schneider Electric, whitepaper 138 revision 1, 2011, [PDF](#)
- [8] "De FNV Hittestress calculator", versie 2E-25 juli 2013, [link](#)
- [9] "A heat transfer book", John H. Lienhard, 3rd edition, 2008, [PDF](#)