

RENEWIT – GEAVANCEERDE CONCEPTEN EN TOOLS VOOR EFFICIËNTE INTEGRATIE VAN DUURZAME ENERGIE IN DATACENTERS

Met de explosieve groei van internetgebruik, de snelle toename van ‘cloud computing’ en het gebruik van steeds krachtiger computers, neemt de interesse in het energiegebruik en de CO2-voetafdruk van datacenters snel toe. Om meer inzicht te geven in de mogelijkheden voor duurzame datacenters in ‘smart cities’ is de RenewIT tool ontwikkeld; een online hulpmiddel in het kader van het door de Europese Unie gefinancierde project RenewIT. Deze web-based tool helpt verschillende belanghebbenden in de datacenter-industrie bij het evalueren van de implementatie van energie-efficiëntie strategieën en het gebruik van hernieuwbare energie in hun datacenter.



ir. B. (Bastiaan) Beerens, Deerns Nederland B.V., Eindhoven

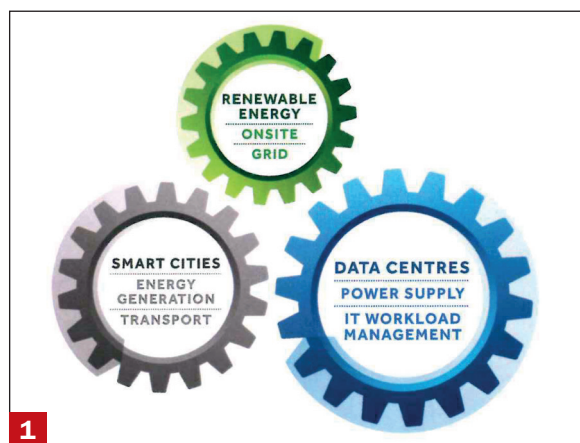


M.B. (Mieke) Timmerman MSc, Deerns Nederland B.V., Nijmegen

INLEIDING

De toenemende behoefte aan dataopslag, netwerken en complexe berekeningen zorgt voor een blijvende groei van datacenters qua omvang, complexiteit en energiegebruik. Datacenters hebben inmiddels een aandeel van meer dan 2% in de wereldwijde energievraag. Ze werken 24 uur per dag, 365 dagen per jaar en moeten altijd functioneren, ook bij verstoringen in het elektriciteitsnet. Hiertoe worden veel redundante installaties geplaatst om te voldoen aan de hoge eisen van betrouwbaarheid. Deze redundante installaties vragen energie maar worden zelden tot nooit gebruikt.

Er is een groeiende bewustwording van de negatieve gevolgen van het toenemende energiegebruik van datacenters op het milieu. Het toepassen van energie-efficiënte maatregelen om het energiegebruik te verminderen krijgt steeds meer aandacht. Deze maatregelen betreffen onder andere het gebruik van duurzame energie en de integratie in slimme netwerken om het energieverbruik en vrijkomende restwarmte zo gunstig mogelijk in te zetten. Hierbij spelen naast milieuoverwegingen ook economische belangen een rol, lettend op de stijgende energieprijzen.



1 RenewIT: samenwerking tussen datacenters, smart cities en duurzame energie

OPZET EN VERLOOP VAN HET PROJECT

Het RenewIT project wordt uitgevoerd door een consortium van zeven partners uit Europa, wat bestaat uit commerciële en wetenschappelijke organisaties. Deze organisaties hebben diverse specialistische inbreng in het project:

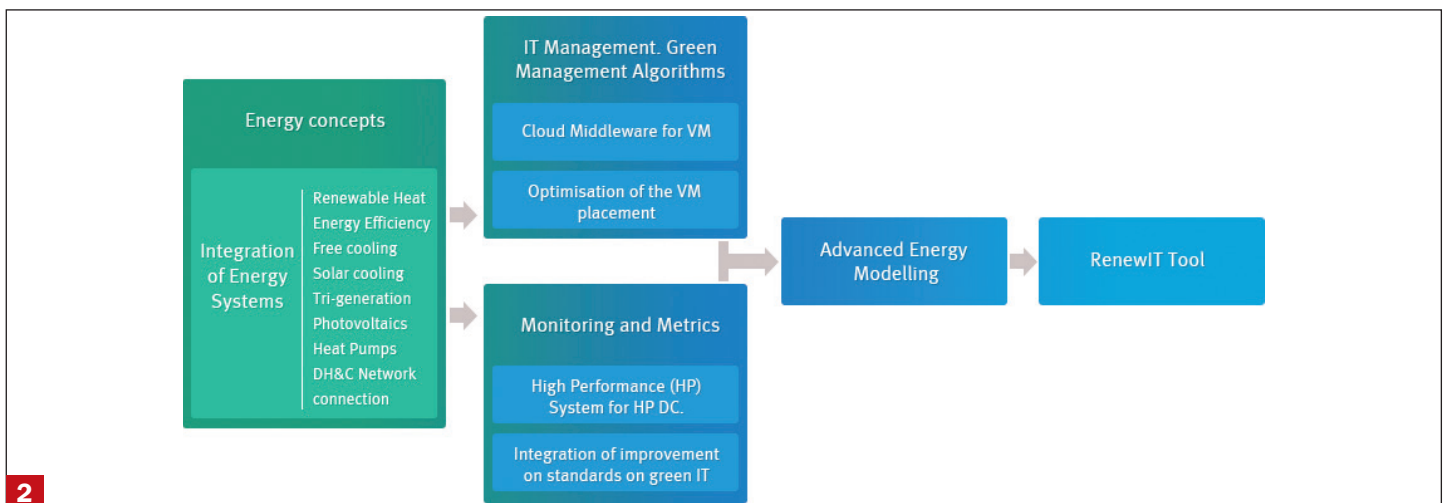
- Green IT (IREC - Spanje)
- Duurzame energiesystemen (Aiguasol - Spanje)
- Energieopslag (Chemnitz University of Technology - Duitsland)
- Data Centre Monitoring (Loccioni Group - Italië)
- IT werkbelasting en de toepassing op het energiebeheer (Barcelona Supercomputing Center - Spanje)
- Energie-efficiënt ontwerpen van datacenters (Deerns - Nederland)
- Verspreiding, exploitatie en standaardisatie (451 Research - Engeland).

Binnen het project is een adviesraad opgericht, waarvan de leden afkomstig zijn van onderzoeksinstituten en het bedrijfsleven. De adviesraad fungeert als klankbord voor het projectteam en geeft de nodige externe expertise. Daarnaast zijn er acht Europese datacenters bij het project betrokken als ‘case studies’. Er is gekozen voor datacenters van verschillende grootte en voor verschillende doelgroepen, waaronder de datacenters van grote banken, onderzoeksinstituten en ziekenhuizen. Met behulp van gegevens over hun datacenter, monitoringssysteem, meetdata en feedback op onderzoeksresultaten worden resultaten uit het project gevalideerd en geoptimaliseerd.

Er zijn dynamische energiemodellen ontwikkeld om de energieprestatie van datacenters in kaart te brengen. Hierbij is onderzocht welke mogelijkheden er zijn om het energiegebruik terug te dringen door de implementatie van geavanceerde energie-efficiëntie strategieën en het gebruik van duurzame opwekking van elektriciteit en koeling.

BELANGRIJKSTE RESULTATEN

Het RenewIT project is eind 2013 gestart. De bevindingen tot nu toe zijn opgenomen in diverse rapporten en artikelen, welke zijn te raadplegen via de projectwebsite. Het



Schematisering opzet onderzoek

grootste deel van de resultaten is reeds bereikt in aanloop naar de uiteindelijke publieke lancering van de RenewIT tool. Onderstaand een overzicht.

RenewIT tool

De RenewIT tool is een openbare website waarmee de energetische en economische haalbaarheid bepaald kan worden van verschillende energie-efficiënte strategieën en duurzame energiesystemen in datacenters in Europa. De RenewIT tool is vanaf eind juli voor iedereen beschikbaar via de project website: www.renewit-project.eu.

Gebruik van de tool

De volgende 6 stappen worden doorlopen:

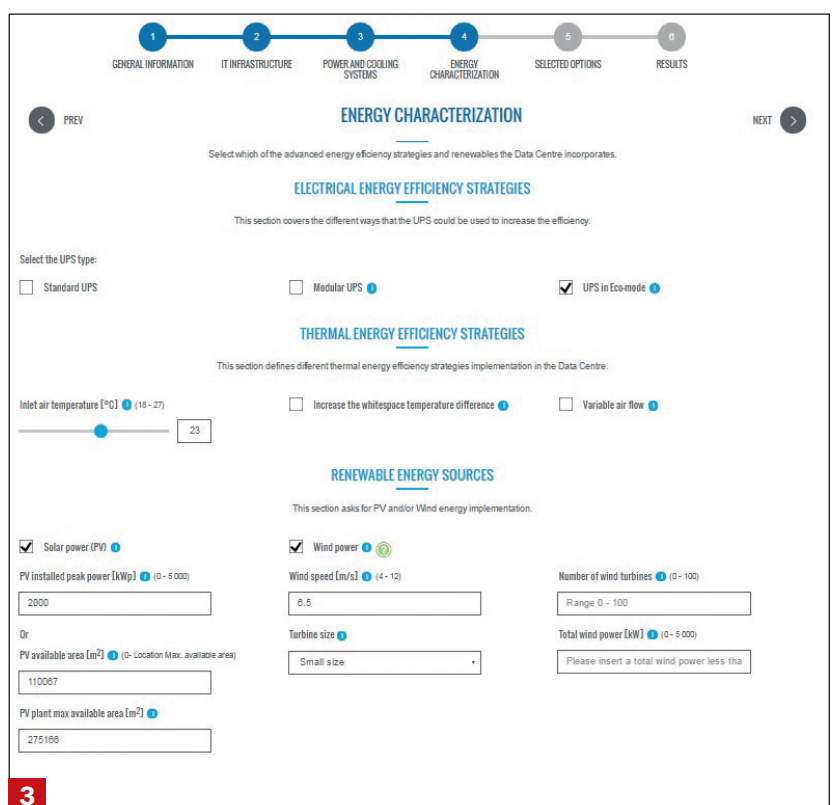
1. algemene informatie (locatie, informatie over het elektriciteitsnet)
2. IT-infrastructuur (type IT-werkbelasting, maximum IT-vermogen, bezettingsgraad)
3. geavanceerde energie- en koelsystemen (zes geavanceerde concepten)
4. energiekenmerken (elektrische energie, thermische energie en duurzame energie)
5. overzicht van de geselecteerde opties
6. resultatenpagina

Output

Op de resultatenpagina worden diverse parameters getoond over onder andere het geschatte energiegebruik, energiezuinigheid, investeringskosten, jaarlijkse onderhoudskosten en de terugverdientijd. Het is mogelijk om meerdere scenario's aan te maken en de resultaten hiervan met elkaar te vergelijken. Hierdoor kan bijvoorbeeld het effect van de implementatie van een bepaalde maatregel worden vergeleken. Ook kan het toepassen van verschillende geavanceerde concepten worden vergeleken.

Energie-efficiënt workload management en scheduling

Energie-efficiënt workload management en scheduling betreft het toepassen van algoritmes voor het plannen van workloads binnen een voorziening of tussen faciliteiten, met behulp van een monitoring- en controleplatform. Hierbij is gekeken naar de beste relatie tussen prestatie en energieverbruik en de mogelijkheden om workloads te verplaatsen naar gunstiger tijdstippen, bijvoorbeeld 's nachts in plaats van overdag. Door de energievraag te



Invoerscherm van de RenewIT tool. Stap 4: energiekenmerken

spreaden en vraag en aanbod met elkaar te matchen, kan meer gebruik gemaakt worden van duurzame energie tegen voordelige prijzen. Met name wanneer de energieprijzen in de toekomst gedurende de dag zal fluctueren, zal hier efficiëntie te halen zijn. Workload kan dan gepland worden op momenten dat er veel duurzame energie opgewekt wordt, bijvoorbeeld wanneer het hard waait.

Bijdrage aan standaardisatie

Er is onderzoek gedaan naar de relevante meeteenheden waarmee de prestatie van 'Net Zero Energy Data Centres' kan worden beoordeeld [2]. Met behulp van het RenewIT project wordt getracht een standaard benadering te ontwikkelen voor de evaluatie van het energiegebruik van datacenters. Hierbij wordt gekeken naar de infrastructuur, inrichting en apparatuur, het beheer van de IT-workload en duurzame energiebronnen, en de bijdrage aan de definitie van 'Net Zero Energy Data Centres'.

Belangrijk bij de selectie was dat de meeteenheden *meetbaar* zijn, een *duidelijke definitie* hebben, *voortuitgang kunnen aanduiden* naar een prestatiedoel en *specifieke antwoorden* kunnen geven over de prestatie van een datacenter. De volgende meeteenheden zijn vastgesteld:

- Meeteenheden voor de impact op het milieu (zoals primaire energie, CO₂-emissies, waterverbruik);
- Meeteenheden met betrekking tot kosten (zoals total cost of ownership, kapitaalkosten, operationele kosten, return on investment, terugverdientijd);
- Meeteenheden voor energie-efficiëntie (power usage effectiveness, seasonal energy efficiency ratio);
- Meeteenheden voor duurzame energie (duurzame energie ratio, duurzame energie factor);
- Meeteenheden voor *load matching* (nieuwe manieren van het evalueren van *load matching* - de verhouding tussen belastingen, de opwekking van duurzame energie en flexibele interactie met de energienetten - helpt beheerders van datacenters begrijpen hoe een bepaalde technische oplossing kan voldoen aan de behoeften van het datacenter en het energienetwerk);
- Meeteenheden met betrekking tot de interactie met het energienet (zoals netto geïmporteerde energie, piek IT-belasting);
- Meeteenheden met betrekking tot capaciteit (zoals geïnstalleerde IT-capaciteit, werkelijk IT-piekvermogen).

Geavanceerde concepten voor duurzame koeling en elektriciteit

Er is een reeks geavanceerde technische concepten opgesteld om te komen tot 'Net Zero Energy Data Centres' [3]. Deze technische concepten hebben betrekking op de energielevering en het koelvermogen benodigd in datacenters met geavanceerd gebruik van duurzame energiebronnen. Er is onder andere gekeken naar IT load management, energie-efficiënte energielevering en koeling, duurzame warmtebronnen zoals biomassa, duurzame energieopwekking zoals wind- en zonne-energie, Low-Ex airconditioning systemen, interactie met stadsverwarming en stadskoeling, hergebruik van restwarmte, vrije koeling (door lucht, zeewater en grondwa-

ter), optimaal gebruik van warmte- en koudeopslag, opslag van elektriciteit en integratie in 'smart grids'.

Met het simulatieprogramma TRNSYS zijn simulatiemodellen gebouwd om de prestatie van de concepten te beoordelen. In de analyse zijn de diverse standaard meeteenheden gebruikt, zoals eerder omschreven. Deze meeteenheden zijn genormaliseerd, wat betekent dat de standaard meeteenheid is gedeeld door het vermogen van de IT capaciteit van het datacenter in kW. Hierdoor kunnen datacenters van diverse grootte worden vergeleken. Om datacenters goed te kunnen simuleren zijn nieuwe bouwblokken, zogenoemde types, ontwikkeld voor onder andere IT belasting en UPS. Door types met elkaar te koppelen, worden macro's gecreëerd zoals de whitespace van een datacenter. Met macro's en types kunnen vervolgens alle mogelijke datacenters gemodelleerd worden (systemen).

Uit de analyse volgt onder andere dat het effect van de fysieke locatie van een datacenter significante verschillen vertoont voor concepten waarin PV-panelen of windturbines worden toegepast. IT consolidatie en allocatie (het toevoegen van virtuele servers op een zo klein mogelijk aantal fysieke servers, de zogenaamde 'Virtual Machines') kunnen ervoor zorgen dat de energievraag van datacenters wordt gereduceerd met 15 tot 30%, doordat er minder fysieke servers in gebruik zijn en er dus servers uitgezet kunnen worden. Daarnaast is gekeken naar elektrische concepten, zoals het verhogen van de efficiëntie van de UPS (Uninterruptable Power Supply). Door de capaciteit van een modulaire UPS af te stemmen op de energievraag van de IT workload kan de efficiëntie van de UPS met 3 tot 5% worden verbeterd. Datacenters hebben een grote koelbehoefte vanwege de vrijkomende warmte van de servers. Door gebruik te maken van vrije koeling of door het verhogen van de inblaastemperatuur in de serverruimte kan de energievraag voor mechanische koeling worden gereduceerd.

Voorbeeld van een geavanceerd concept: PV-systemen en windturbines met compressiekoelmachine en batterij

In dit concept worden compressiekoelmachines samen met natte koeltorens gebruikt om koelenergie in de zomer te produceren. Het concept bestaat uit een aantal subsystemen:

- PV-systeem
- windturbinesysteem
- lood-zuurbatterijen
- compressiekoelmachine
- natte koeltoren
- koude bufferopslag
- indirecte vrije koeling van lucht

De elektriciteit voor de koelmachine en de IT workload wordt zoveel mogelijk opgewekt door een PV-systeem en/of windturbines. Aanvullend vermogen wordt gekocht uit het elektriciteitsnetwerk. Batterijen worden gebruikt als tijdelijke opslag van opgewekte energie, bijvoorbeeld opladen wanneer veel duurzame energie kan worden opgewekt of wanneer de elektriciteitskosten laag zijn. Deze strategie maakt het mogelijk om de totale energievraag van het datacenter af te stemmen op de fluctuerende parameters zoals de energiekosten en het aandeel hernieuwbare energie. Bovendien dienen workloads te worden verschoven naar gunstiger tijdstippen (consolida-



tie en allocatie). In de winter wordt gebruik gemaakt van indirecte vrije koeling. Voor de redundantie zijn N + 1 compressiekoelmachines en natte koeltorens gebruikt om redundantieniveau III te bereiken. Alle componenten zijn verbonden middels twee onafhankelijke paden.

De werking van het concept hangt af van parameters zoals de omgevingstemperatuur, beschikbaarheid van wind- en zonne-energie, het aandeel duurzame energie in het elektriciteitsnet, de elektriciteitskosten en de resterende batterijlading. Het concept is geschikt voor diverse types datacenters, echter is een relatief hoog stralingsniveau (zon) en een grote beschikbaarheid van wind nodig om de extra investeringskosten te rechtvaardigen. Tevens moet er voldoende ruimte beschikbaar zijn om de PV-panelen en windturbines te plaatsen. Voldoende water is nodig voor de toepassing van natte koeltorens. Daarnaast moet rekening worden gehouden met de lokale regelgeving bij de uitvoering van deze koeltorens.

Validatie simulaties en meta-modellen met case studies

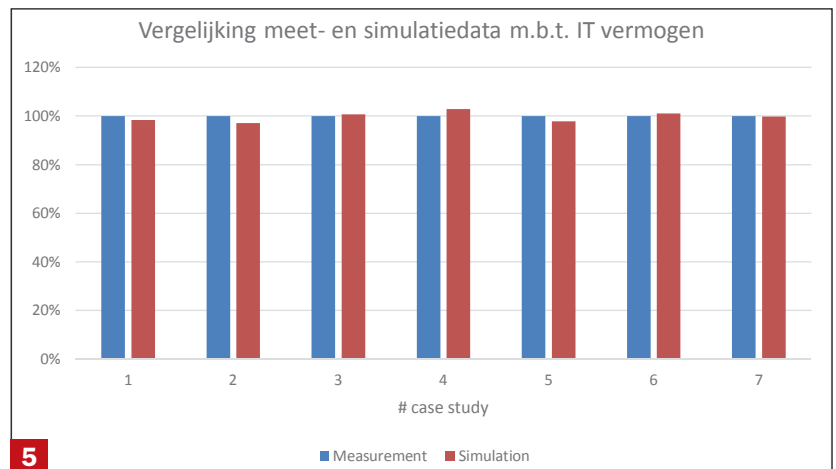
De RenewIT tool is gebaseerd op de energiesimulatiemodellen ontwikkeld binnen het project. Het is belangrijk dat deze dynamische modellen geverifieerd en gevalideerd worden met behulp van meetdata uit bestaande datacenters en via beschikbare literatuur. De datacenters zijn zo waarheidsgetrouw mogelijk gemodelleerd, waarna is onderzocht of het gesimuleerde energiegebruik overeenkomt met het gemeten energiegebruik. Verificatie (testen en aanpassen) van de modellen heeft plaatsgevonden tijdens de ontwikkeling ervan. Validatie is nodig om aan te tonen dat de modellen goed functioneren en dus een goede representatie van de werkelijkheid geven.

Er zijn verschillende validatieprocessen uitgevoerd [4]. Ten eerste zijn numerieke waarden van de ontwikkelde types vergeleken met data uit literatuur. Hieruit is gebleken dat de ontwikkelde types voldoende nauwkeurig zijn. Ten tweede zijn de jaarlijkse energiestromen, temperaturen en debieten binnen de verschillende subsystemen, afkomstig van de macro's, vergeleken met gegevens uit de literatuur en beoordeeld door datacenter-specialisten. Tenslotte zijn de numerieke waarden van de systemen vergeleken met de literatuur en beoordeeld door datacenter-specialisten. Daarnaast zijn alle types, macro's en systemen geverifieerd en uitgebreid getest op robuustheid. De verschillende validatietechnieken tonen goede resultaten voor de simulatiemodellen.

Tevens is er een validatieproces gaande in nauwe samenwerking met acht datacenters uit verschillende Europese regio's. Het modelleren van deze datacenters toont resultaten met een gemiddelde afwijking van simulatie- en meetdata van minder dan 6%. Voor gebouwsimulaties is een afwijking van 20% tussen simulatie en meetdata acceptabel [6]. Hieruit wordt geconcludeerd dat de modellen een goede overeenkomst vertonen tussen numerieke en experimentele data en is een goede betrouwbaarheid van de modellen aangetoond.

PLANNING LAATSTE FASE PROJECT

Het project is in de afrondende fase; eind juli 2016 wordt de RenewIT tool gepubliceerd. Op het moment van schrijven



Vergelijking tussen meetdata van case studies en de simulatiedata uit de simulatiemodellen

loopt de bèta-testfase op zijn einde. Middels het bèta-testen worden gegevens verzameld over de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de tool, alsook over de helderheid en gebruiksvriendelijkheid. De bètaversie van de RenewIT tool wordt getest door een geselecteerd testpanel uit de onderzoekswereld en de datacenterpraktijk, alsook met behulp van de case studies en de adviesraad van het project. De bevindingen worden gebruikt om de RenewIT tool te optimaliseren, zowel qua rekenkern als qua grafische interface.

Verder wordt in de laatste fase van het project intensief ingegaan op het leveren van een bijdrage aan standaarden met betrekking tot duurzame datacenters. Ook wordt er via verschillende kanalen getracht voldoende aandacht te genereren voor het project, met als doel dat de wereld zich bewuster wordt van het grootschalige energiegebruik door datacenters en de mogelijkheden om dit energiegebruik te beperken.

Het onderzoek dat geleid heeft tot deze resultaten heeft financiering ontvangen van het Seventh Framework Programme FP7/2007-2013 van de Europese Unie in het kader van subsidieovereenkomst nr. 608679 - RenewIT ■

BRONNEN

- ▶ [1] RenewIT project website, <http://www.renewit-project.eu>
- ▶ [2] Salom, J. et al, 30-09-2014, 'Metrics for Net Zero Energy Data Centres', gepubliceerd als Deliverable D3.1 van het Europese Project RenewIT, [online] beschikbaar via: <http://www.renewit-project.eu/documents/deliverable>
- ▶ [3] Shrestha, N.L. et al, 2015, 'Catalogue of advanced technical concepts for net zero energy data centres', gepubliceerd als Deliverable D4.5 van het Europese Project RenewIT, [online] beschikbaar via: <http://www.renewit-project.eu/documents/deliverable>
- ▶ [4] Timmerman, M. et al, 30-05-2016, 'Validation report of advanced concepts and energy modelling through case studies', gepubliceerd als Deliverable D7.3 van het Europese Project RenewIT, [online] beschikbaar via: <http://www.renewit-project.eu/documents/deliverable>
- ▶ [5] Oró, E. et al, 2016, 'RenewIT tool, the online tool to reach Net Zero Energy Data Centres in smart cities environments', Smart City Expo World Congress, Barcelona
- ▶ [6] ASHRAE Guideline 14-2002, "Measurement of Energy and Demand Savings"