

# Feedback over het verslag “Rapportage objectivering datacenters” door Stratix

**Prof. Dr. Steven Latré**  
imec - Universiteit Antwerpen

31/03/2023

## Algemene feedback

### Appreciatie

Het rapport is algemeen zeer goed geschreven en bevat een duidelijk en correct overzicht van zowel de huidige situatie omtrent datacenters en wat hun impact is op een belangrijke reeks van duurzaamheidsparameters zoals energie, water en warmte. De sterkte van het rapport is dat dit enerzijds een reeks van getallen objectiveert en begrijpelijk samenvat.

Zoals het rapport heel duidelijk aantoont is dit objectiveringsproces broodnodig en absoluut niet eenvoudig. Verschillende studies en cijfers spreken elkaar soms tegen en het toont aan hoe cruciaal het is om over de juiste data te beschikken om tot de juiste beleidsinzichten te komen. Frappant in het rapport is bijvoorbeeld hoe geclaimd energieverbruik – typisch in persberichten - vele malen groter is dan het daadwerkelijke energieverbruik. Het rapport toont dan ook aan dat deze data niet altijd beschikbaar is, waardoor slechts beperkt conclusies kunnen getrokken worden hierrond.

De studie werd methodisch aangepakt en is – naar mijn mening – solide. Na een duidelijke definitie van datacenters en specifieke situatie in de MRA, wordt elke parameter in detail bestudeerd. Daarin wordt aangetoond

- Waarom deze parameter belangrijk is
- Wat de data zegt
- Waar de data soms concrete analyses moeilijk maakt en wat de onderliggende reden is hiervoor.

De conclusie is – gegeven de gebaseerde databronnen – correct en duidelijk. Het toont aan dat deze studie onmogelijk zeer gedetailleerde conclusies kan maken, omdat de data schaars of onvolledig is. Ook de conclusie rond de eerdere marginale impact van waterverbruik is

een zeer belangrijke conclusie. Het toont aan dat sommige discussies – niet alleen in Nederland – sterker moeten geobjectiveerd worden. Iets waar dit verslag een sterke bijdrage toe levert.

De appendices zijn ook zeer waardevol voor de lezer die enerzijds wat meer toelichting wil of anderzijds dieper in de cijfers wil duiken. Dit laatste toont hoe verschillende databronnen werden gecombineerd om tot het juiste resultaat te komen.

### Suggesties ter verbetering

Los van deze algemene – zeer positieve – bevindingen zijn er ook enkele aspecten die mijns inziens wat sterkere aandacht vragen.

1) *Internationale context*. Het rapport focust terecht op de MRA en heeft zo directe impact op de regionale situatie. Het laat toe om met concrete cijfers een heel specifiek beeld te vormen. Enkele van de conclusies kunnen echter naar mijn gevoel versterkt worden als deze ook in een internationale context worden geplaatst. De impact van datacenters op duurzaamheidsparameters krijgt ook internationaal sterke aandacht en het zou het rapport versterken als een korte samenvatting kan gegeven worden van de vele studies hierover en hun conclusies. Uiteraard is een regionale insteek cruciaal maar in sommige gevallen hebben deze studies meer data en zijn ze nog steeds relevant voor de MRA. Hierdoor kunnen sommige aannames in het dossier versterkt worden. Hieronder kan een lijst gevonden worden van enkele studies die hier een aanzet toe doen

a. In populaire media & white papers

- i. <https://www.techbusinessnews.com.au/blog/environmental-impact-of-data-centres/>
- ii. <https://www.grcooling.com/blog/the-effects-of-data-centers-on-the-environment/>
- iii. <https://thereader.mitpress.mit.edu/the-staggering-ecological-impacts-of-computation-and-the-cloud/>

b. In wetenschappelijke publicaties

- i. Huang, P., Copertaro, B., Zhang, X., Shen, J., Löfgren, I., Rönnelid, M., ... & Svanfeldt, M. (2020). A review of data centers as prosumers in district energy systems: Renewable energy integration and waste heat reuse for district heating. *Applied energy*, 258, 114109.
- ii. Chaurasia, N., Kumar, M., Chaudhry, R., & Verma, O. P. (2021). Comprehensive survey on energy-aware server consolidation techniques in cloud computing. *The Journal of Supercomputing*, 77, 11682-11737.
- iii. Lacoste, A., Luccioni, A., Schmidt, V., & Dandres, T. (2019). Quantifying the carbon emissions of machine learning. *arXiv preprint arXiv:1910.09700*. (gerelateerd aan volgende opmerking over de impact van AI)

- iv. Masanet, E., Shehabi, A., Lei, N., Smith, S., & Koomey, J. (2020). Recalibrating global data center energy-use estimates. *Science*, 367(6481), 984-986.
- v. Mehta, J. A., Nanavati, P. K., & Mehta, V. K. (2021). A Survey On Green Cloud Computing. *Int. J. Eng. Appl. Sci. Technol*, 6, 425-429.

2) *Definitie van een datacenter* Een datacenter is in de eerste plaats een fysieke plaats om rekenkracht te centraliseren. Deze rekenkracht kan op verschillende manieren worden aangewend, en we zien de laatste jaren een grote evolutie – zelfs revolutie – in hoe dit wordt gebruikt. Waar dit historisch voornamelijk werd gebruikt om statische data op te slaan via bv de hosting van relatief statische websites, zien we recenter heel veel verschillende toepassingen: van content-delivery netwerken, cloud computing systemen (met hun verschillende business modellen) tot – heel recent – het gebruik om grootschalige artificiële intelligentie modellen te trainen. Hoewel dit laatste misschien nog maar een fractie is van het huidige datacenter gebruik (zie volgende opmerkingen) is dit – internationaal – wel een sterk groeiende groep.

Dit alles maakt van het begrip “datacenter” een containerterm dat heel veel ladingen kent. Het rapport focust in zijn definitie voor mij wat te veel op de meer traditionele definitie van een datacenter, en belicht voor mij te weinig systematisch wat een datacenter allemaal kan zijn. Toegegeven, in de MRA zal waarschijnlijk deze traditionele implementatie de meest voorkomende zijn. Het is echter belangrijk dat deze nieuwe evoluties ook benadrukt worden omdat deze enkel maar zullen toenemen. Gerelateerd daaraan lijkt het mij zinvol om stil te staan bij de verschillende soorten service modellen van cloud computing zoals Software as a Service, Platform as a Service en Infrastructure as a Service. Het laat enerzijds toe om concreter te maken voor de lezer wat een datacenter precies inhoudt, maar ook om de diversiteit van de applicatie te tonen.

Hieronder een – vrijblijvende – suggestie van hoe het hoofdstuk rond datacenter definitie (Hoofdstuk 3) beter kan gestructureerd worden.

- 1) Sectie 3.2 Soorten datacenters. Hier lijkt het me belangrijk om sterker stil te staan bij deze soorten en hoe ze georganiseerd zijn. Zo kan vermeld worden dat
  - Single tenant relatief gelijkaardig is aan on-premise IT-infrastructuur en wezenlijk geen groot verschil hebben met dergelijke infrastructuur. Virtualisatie (zie volgend punt) is hier optioneel en zal afhangen van de IT-configuratie zelf.
  - Multi-tenant vooral een mogelijkheid hebben om schaalvoordelen te creëren door het hosten van verschillende diensten. Ik zou voorstellen om hier concrete voorbeelden te geven zoals het hosten van websites, enz.

- Hyperscale een hele reeks van services aanbieden die tot in zeer veel detail gaan. Enkele voorbeelden kunnen hierbij opgesomd worden zoals compute access, netwerk access, enz.
- 2) Het kort toelichten van het concept van virtualisatie en hoe dit tot schaalvoordelen leidt. Hoewel het gebruik van datacenters ontegensprekelijk een impact heeft op bv. energie zou het alternatief – alle rekenkracht on premise plaatsen – sowieso een groter nadeel hebben. Dit is door de technologie van virtualisatie. Door virtuele machines te plaatsen op een fysieke substraat kunnen makkelijk virtuele entiteiten worden samengeplaatst en verplaatst. Dit schaalvoordeel en de flexibiliteit dat dit met zich meebrengt wordt naar mijn gevoel onvoldoende in de verf gezet. Ik zou aanraden om dit kort toe te lichten, gezien dit een wezenlijk voordeel is van datacenters en zowel inde meeste multi-tenant als in alle hyperscale datacenters wordt toegepast. Ook in single tenant datacenters kan deze technologie worden toegepast: dit zal afhangen van de interne IT-organisatie.
- 3) Cloud computing en de relevantie voor datacenters. Cloud computing en datacenters worden vaak door elkaar gebruikt maar zijn uiteraard niet hetzelfde. Het rapport bevat vaak een referentie naar cloud computing gemaakt. De referentie is echter vaak impliciet en maakt het zo moeilijk om goed te omvatten wat dit is en wat het verschil is. Ik zou aanraden om dit formeel te definiëren, waarin de relevantie voor datacenters wordt uitgelegd (het is het basismodel voor hyperscalers maar wordt ook gebruikt voor vele multi-tenant omgevingen). Gezien dit een steeds groeiende groep is, denk ik dat het belangrijk is om hierbij stil te staan. Daarnaast lijkt het me ook belangrijk om te vermelden dat cloud computing niet hetzelfde is als datacenters en dat verscheidene single tenant datacenters geen cloud computing technologie gebruiken. In deze definitie zou ik aanraden om ook stil te staan bij
- Het grote voordeel van cloud computing: de flexibiliteit die het – via bv virtualisatie – aan de dag legt. Deze flexibiliteit in het op en neer schalen van computationele resources is het kernpunt van cloud computing en zorgt net voor een efficiëntiewinst die ook – als afgeleide – een positieve impact zal hebben op energie-, water-, enz. verbruik. In de toekomst mag verwacht worden dat cloud computing verbruik enkel zal stijgen en dat deze flexibiliteitswinsten enkel nog zullen stijgen. Deze analyse wordt naar mijn gevoel te weinig expliciet gesteld.
  - De verschillende service modellen van cloud computing. Ook de term cloud computing is een koepelbegrip en bevat verschillende service modellen zoals infrastructure as a service, platform as a service en software as a service. Deze service modellen zijn de essentie van verschillende datacenters en kunnen mijns inziens makkelijk voor een breed doelpubliek worden uitgelegd.

- 4) De verschillende soorten datacenters en de beoogde flexibiliteit in resources gebruik. Zoals al duidelijk is in het verslag, zijn er verschillende soorten datacenters. De initiële reden voor het ontwikkelen van datacenters is – zoals benoemd in het verslag – schaalvoordelen. Echter, zoals al aangegeven hierboven, heeft een technologie zoals cloud computing voor extra voordelen gezorgd. De grootste hierbij is dat er een betere afstemming kan zijn van vraag en aanbod. Zonder cloud computing zou er per definitie een grotere overdimensionering van middelen zijn (en bijgevolg ook een groter energieverbruik). Het lijkt me aan te raden om aan te geven dat de verschillende soorten datacenters ook verschillende niveaus van flexibiliteit kunnen bieden om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen. Dit zal het beperktst zijn bij een single-tenant datacenter maar is tot op rigoureu detail afgestemd bij een hyperscaler. Dit niveau van flexibiliteit lijkt me cruciaal om toe te voegen aan het verslag. Zie ook enkele punctuele opmerkingen later in dit document die enkele suggesties doen.
  - 5) Voorbeelden van datacenters en hun soort gebruik. Gezien het doelpubliek lijkt het aan te raden om enkele concrete voorbeelden te geven van hoe datacenters in MRA worden gebruikt. Dit om de verschillende soorten – en de brede variatie – aan te tonen. De aangeboden functionaliteiten (racks, servers, enz.) kunnen misschien nog abstract lijken voor de niet-technologische lezer.
- 3) *Toekomstige evoluties* Het rapport focust voornamelijk op de aspecten waar gegevens van beschikbaar zijn. Het lijkt me echter ook aan te raden om kort even stil te staan op wat wereldwijde trends zijn en hoe dit een impact kan hebben op de toekomstige evolutie van datacenters. In hoofdstuk 8 wordt daar een aanzet toegegeven rond hoe potentieel datagroei hierop een impact kan hebben. Dat is mijns inziens maar een deel van het verhaal en er zijn welk enkele technologische evoluties die het waard zijn om te vermelden. In concreto
- a. De introductie van edge computing waardoor er een – omgekeerde – trend gaande is waarbij datacenters terug lokaler geplaatst worden en minder gecentraliseerd.
  - b. De impact van communicatietechnologieën zoals 5G die enerzijds voor een grotere datagroei zorgen maar anderzijds ook hun eigen grotere computationale eisen zullen hebben.
  - c. De groei in computationele eisen van verschillende opkomende applicaties zoals augmented reality, virtual reality, IoT systemen, HPC simulaties, digital twins, enz. Verschillende studies geven aan dat de computationele impact van dergelijke applicaties zal zorgen voor een zeer sterke toekomstige groei. Nog veel meer dan datagroei zal dit een zeer directe impact hebben op energie en warmte. Het zou goed zijn als dit rapport dit ook vermeldt.

- 4) *De impact van artificiële intelligentie systemen.* Ik vond het een gemis om te merken dat het woord artificiële intelligentie (of kunstmatige intelligentie) niet valt in dit rapport. Verschillende studies tonen echter aan dat deze systemen momenteel een ongezien energieverbruik hebben tov andere applicaties die traditioneel op een datacenter worden geplaatst. Bovendien kennen zij momenteel een exponentiele groei. Zie bv [https://www.theregister.com/2020/11/04/gpt3\\_carbon\\_footprint\\_estimate/](https://www.theregister.com/2020/11/04/gpt3_carbon_footprint_estimate/) en <https://epochai.org/blog/compute-trends> voor eerste uitleg omtrent de duurzaamheidsimpact van AI systemen en hoe hun computationele eisen bijzonder hard stijgen momenteel (aan een snelheid die 50x sneller is dan de Wet van Moore: geen enkele applicatie stijgt momenteel meer).

Ik geef toe dat de fractie van AI-applicaties in datacenters in de MRA waarschijnlijk beperkt is momenteel. Niettemin is dit een evolutie die niet mag genegeerd worden, wil dit rapport de ambitie hebben om ook toekomstgericht te zijn. De recente doorbraken omtrent grootschalige taalmodellen (bv. GPT-3, ChatGPT, GPT-4) en diffusie modellen (DALL-E, StableDiffusion, Midjourney) zullen het gebruik van deze applicaties nog meer op de technologische agenda zetten. We zien nu reeds een groeiende economie van kleine bedrijven die deze technologie omarmen. Gezien dergelijke modellen momenteel vooral een zaak zijn van grotere technologiespelers zoals Alphabet (DeepMind) en Microsoft (participatie in OpenAI), is de grootste uitrol van dergelijke applicaties momenteel niet in Europa maar eerder te vinden in de Verenigde Staten. We zien nu echter al afgeleide modellen komen en lokale spelers oplossingen uitwerken voor afgeleide applicaties. Het is dus aannemelijk dat deze AI modellen zullen overwaaien naar toepassingen voor datacenters in de MRA regio. Het lijkt me aan te raden om in het rapport deze trend kort te vermelden zodat dit een trend is om voor uit te kijken.

## Punctuele feedback

Naast de algemene feedback in de vorige sectie, is hieronder wat feedback te vinden omtrent specifieke paragrafen.

- Pagina 5. Er wordt vermeld dat datacenters een relatief nieuwe branche zijn. Ik vind dit een nogal sterk statement. Cloud computing en datacenters zijn ondertussen toch al meer dan een decennium bijzonder gangbaar. Wel is het zo dat de groei significant is en de relevantie de laatste jaren sterk is toegenomen.
- Pagina 8. *“Zij huren hier ruimte (colocatie) voor eigen servers of huren servers van dienstenleveranciers (hosting) en in toenemende mate huren ze alleen maar rekenkracht en opslag (cloud). Dit is veiliger, efficiënter en goedkoper dan “het zelf doen”.* Hiermee wordt de definitie van wat een cloud is nogal vernaud. Cloud computing is veel meer dan enkel rekenkracht en opslag aanbieden. Zie mijn opmerkingen hierboven omtrent het uitleggen van de verschillende service modellen (Infrastructure as a Service, Platform as a Service en Software as a Service).

- Pagina 8. “In landen als België en Duitsland wordt nog veel gebruik gemaakt van rekencentra bij de organisatie of het bedrijf in huis’, waardoor de ecologische voetafdruk van de interne serverruimtes minder zichtbaar is.”  
Is hier een bron van? De hoeveelheid datacenters in België is zeker beperkter, maar dit betekent niet dat de shift naar de cloud niet ontegensprekelijk is ingezet. Vele bedrijven maken echter gebruik van cloud computing diensten buiten België, wegens het gebrek aan hyperscale datacenters in België (uitzondering Google). Over de situatie in Duitsland kan ik me niet uitspreken.
- Pagina 11 Hyperscale datacenters. Zoals hierboven vermeld lijkt het me raadzaam om sterk in te gaan op het voordeel van schaalbaarheid en flexibiliteit in contrast met on premise oplossingen en – sommige – single tenant datacenters, die in wezen een on premise infrastructuur zijn.
- Pagina 11, sectie 3.3 In de faciliteiten die werden aangeboden ligt de focus voornamelijk op het aanbieden van opslagruimte (bv. vermelding van een e-maildienst). Ik denk dat dit beperkend is. Ik denk dat het belangrijk is om met enkele concrete voorbeelden aan te geven hoe divers dergelijke datacenters zijn.
- Pagina 15, sectie 4.3. Een ander belangrijke reden voor co-locatie van datacenters is redundantie. Datacenters worden in availability zones geplaatst die – in het geval van rampen of anomalieën – ervoor zorgen dat data en computationele applicaties kunnen blijven draaien. Dit is een andere belangrijke reden voor co-locatie die niet vermeld werd.
- Pagina 15, sectie 4.3. Recente evolutie in applicaties leggen de nadruk op reactiesnelheden (latency). Onder meer technologieën zoals edge computing en ultra-reliable low latency netwerken in de 5G categorie zorgen voor een sterkere focus de ontwikkeling van systemen die zeer lage reactiesnelheden nodig hebben. Dit geeft ook zijn impact op de uitrol van nieuwe datacenters. Zo haalt Microsoft in zijn investeringsplannen om in België een datacenter te bouwen (<https://www.microsoft.com/en-be/digitalambition/>) ook de reactiesnelheid aan als een belangrijk voordeel tov het datacenter in Amsterdam. Ik zou daarom het concept van reactiesnelheid ook vermelden.
- Pagina 24, sectie 5.3. De eerste zin bevat een foute referentie
- Pagina 28, sectie 5.6. Ik mis ook wat een referentie naar de inspanningen die datacenters doen om energieneutraal te worden. Hun grote oppervlakte laat ook toe om bv grote installaties van fotovoltaïsche installaties te plaatsen.
- Pagina 28, sectie 5.6. Het lijkt me belangrijk om te vermelden dat cloud computing in het algemeen ook een belangrijke energiewinst heeft, door het bekomen van een efficiëntiewinst heeft. Dat heeft een directe impact op datacenters en energieverbruik. Er zijn verschillende wetenschappelijke studies die hier op focussen. Zie bv *Park, Jiyong and Han, Kunsoo and Lee, Byungtae, Green Cloud? An Empirical Analysis of Cloud Computing and Energy Efficiency (March 28, 2022). Management Science (Forthcoming), Available at*

SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4068114> . → Schat een energiewinst van 31.8 to 143.8 miljard kilowatt-uur in de Verenigde Staten

- Pagina 28, sectie 5.6. Het lijkt me aangewezen om ook een voorspelling te maken van hoe het energieverbruik zou kunnen evolueren Recente wetenschappelijke studies voorspellen een groei van een factor 15 in 10 jaar. Zie bv Katal, A., Dahiya, S. & Choudhury, T. *Energy efficiency in cloud computing data centers: a survey on software technologies*. *Cluster Comput* (2022). <https://doi.org/10.1007/s10586-022-03713-0>
- Pagina 29, tweemaal de vermelding “goed weer”
- Pagina 32. Experiment van Microsoft. Ik veronderstel dat dit over project Natick gaat? Denk dat het belangrijk is om hier enkele kanttekeningen bij te maken. Dergelijke initiatieven worden vaak snel gelanceerd, en even snel opgepikt in de pers. Maar zijn vaak bijzonder kleinschalig en hebben vooral een pr-waarde.
- Pagina 42, Sectie 3.6. Het kan aan te raden zijn om ook te vermelden dat de initiatieven om restwarmte te gebruiken ook de uitdaging hebben dat er een belangrijke beheerslaag moet zijn die beslist hoe en waar die restwarmte wordt ingezet. Er is nog een lange weg af te leggen vooraleer we tot dergelijke efficiënte systemen komen.
- Pagina 47. Zoals al vermeld lijkt de focus op enkel datagroei wat te eenzijdig. Mijn voorstel zou zijn om andere parameters en hun potentiële groei ook mee te nemen.
- Pagina 51. In de conclusie lijkt het me ook belangrijk om even kort aan te halen hoe datacenters momenteel onderhevig zijn aan enkele economische evoluties. We zien in de technologiewereld een steeds toenemende centralisatie en dominantie van grotere technologiespelers. Het is te verwachten dat dit ook een impact zal hebben op welke spelers actief zijn op de datacenter markt.