

Stratix

Rapportage

Datacenters

Impact en Feiten

RAPPORT

Uitgebracht aan
Provincie Flevoland

Hilversum, 9-11-2022

Inhoudsopgave

1	Introductie	5
2	Doel en methode	6
2.1	Doel en doelgroep.....	6
2.2	Aanpak en methode	6
3	Typologie Datacenters	7
3.1	Van rekencentrum naar datacenter	7
3.2	Soorten datacenters.....	9
3.3	Faciliteiten in het datacenter	11
3.4	Discussie en conclusie	13
4	Locatie en ruimte	14
4.1	Waarom aandacht voor locatie en ruimte?	14
4.2	Gebouwtype.....	14
4.3	Wat bepaalt locatiekeuze van een colocatie datacenter?	15
4.4	Ontwikkeling markt voor datacenters in MRA.....	16
4.5	Discussie	21
4.6	Conclusie.....	22
5	Energie	23
5.1	Waarom aandacht voor energieverbruik datacenters	23
5.2	De energiebronnen van datacenters	23
5.3	De cijfers en feiten.....	24
5.4	Oorzaken van verschillen tussen analyses.....	26
5.5	Hoe te komen tot een goede analyse van het energieverbruik?.....	27
5.6	Discussie	28
5.7	Conclusie.....	30
6	Water	31
6.1	Waar gebruiken datacenters water voor?	31
6.2	Hoe gebruiken datacenters water?	31
6.3	Wat gebeurt er met water voor en na gebruik?.....	33
6.4	Waterverbruik datacenters in de pers	34
6.5	Waterverbruik in Nederland voor verschillende toepassingen.....	35
6.6	Discussie	37
6.7	Conclusie.....	37
7	Warmte, Koeling en Efficiëntie	38

7.1	Waarom aandacht voor warmte, koeling en efficiëntie?.....	38
7.2	Warmte	38
7.3	Koeling.....	39
7.4	Hoe wordt de efficiëntie van datacenters gemeten	40
7.5	De cijfers en feiten.....	41
7.6	Waarom efficiëntie en restwarmte moeilijk zijn in analyses	42
7.7	Discussie	43
7.8	Conclusie.....	43
8	Datagroei	44
8.1	Waarom aandacht voor datagroei?.....	44
8.2	Wat is data?.....	44
8.3	Data is veelal vluchtig	44
8.4	Datacenters voor data met langere bewaartermijn	45
8.5	Groei van opgeslagen data.....	45
8.6	Energieverbruik bij productie.....	45
8.7	Dataverbruik niet rechtstreeks gekoppeld aan energieverbruik	45
8.8	Kengetallen energieverbruik netwerken	49
8.9	Discussie	51
8.10	Conclusie.....	51
9	Conclusie	52
Annex A	Energie	54
I.	Energie in het datacenter: een introductie	54
II.	Cijfers en afkortingen: hoe lees je ze?.....	54
III.	Aansluitwaarde versus geleverde energie.....	56
IV.	Hoeveel energie? Een lastige puzzel	58
V.	Relatieve beslag ICT en datacenters.....	65
VI.	Groei energieverbruik en aansluitcapaciteit	66
Annex B	Koeling en efficiency	69
I.	Soorten koeling	69
II.	Koelen om te verwarmen.....	70
III.	Efficiency van datacenters	71
IV.	PUE: niet de basis voor beleid	72

1 Introductie

De aanleiding voor de rapportage is het veelvoud aan elkaar soms tegensprekende nieuwe studies, analyses en getallen die zijn geschreven over de effecten van datacenters, de digitale economie en vaste en mobiele netwerken. Die veelheid van bronnen en informatie over dit onderwerp en het soms contrasterende beeld dat daaruit naar voren komt vraagt om een analyse gericht op het checken van de validiteit en de context van aannames, methodes en conclusies. Dit rapport is daarvoor bedoeld.

In de MRA (Metropool Regio Amsterdam) staat een groot aantal datacenters en bevindt zich een van de grootste knooppunten voor internetverkeer in de wereld. Beleidsmakers krijgen hierover veel vragen. Zij hebben de wens om meer inzicht te krijgen in feiten en cijfers.

In de discussie over datacenters lopen feiten en fictie door elkaar heen. Het is een relatief nieuwe branche waar nog wat van de magie van 'het internet' aan kleeft en die voor een buitenstaander niet in één oogopslag te begrijpen is. Wat gebeurt er in een datacenter, hoeveel energie verbruikt zo'n datacenter en wat is de impact op de omgeving? Wat is de meerwaarde, wat zijn de nadelen?

Deze rapportage tracht de feiten rondom datacenters toegankelijk te maken en van fictie te scheiden. Daarbij is uitgegaan van bestaande data en informatiebronnen. Het is zodanig geschreven dat beleidsmakers en bestuurders inzicht krijgen en in staat zijn om beter te begrijpen welke invloed de vestiging van een datacenter in hun gemeente of regio kan hebben. Het is niet de bedoeling om een standpunt voor of tegen datacenters te promoten, maar om beleidsmakers te helpen bij het analyseren van de informatie die zij over datacenters ontvangen. Daar waar er geen eenduidig beeld is zal dit worden benoemd. Dit kan aanleiding zijn voor verder onderzoek of voor de verzameling van betere statistieken.

Tijdens het schrijven van dit rapport werd wel duidelijk dat zelfs voor gegevens uit officiële bronnen, het niet altijd duidelijk is, in hoeverre deze correct zijn. Verbetering van de collectie van deze gegevens verdient aanbeveling. Deze aanbevelingen worden genoemd, maar zijn niet het belangrijkste doel van het onderzoek.

2 Doel en methode

2.1 Doel en doelgroep

Het beoogde doel van dit rapport is het bieden van handvatten om getallen en beweringen in de discussie rondom datacenters op waarde te kunnen schatten en in perspectief te kunnen plaatsen. Zo kan de lezer een eerste inschatting maken over de mate waarin getallen en beweringen realistisch en onderbouwd zijn. Daarnaast wordt ook aandacht besteed aan veelvoorkomende misvattingen.

De beoogde doelgroep van de rapportage is de ambtenaar, bestuurder en volksvertegenwoordiger die betrokken is bij besluitvorming rond datacenters. Bestuurders komen in toenemende mate in aanraking met voor- en tegenstanders van datacenters en worden met deze rapportage in staat gesteld om zo goed mogelijk geïnformeerd gesprekken aan te gaan en goed onderbouwde politieke keuzes te maken. Het is daarbij de bedoeling dat de rapportage ook duidelijk en begrijpelijk is voor geïnteresseerden met een minder technische achtergrond.

De rapportage beoogt een zo objectief mogelijk beeld te schetsen van datacenters. Het is uitdrukkelijk niet het doel van deze rapportage om een waardeoordeel te verschaffen of uit te dragen. Voor een aantal van de besproken aspecten is het lastig om ze volledig objectief te benaderen, vanwege een bepaalde mate van inherente subjectiviteit van het aspect. Dit geldt bijvoorbeeld voor horizonvervuiling (of -verrijking). Dergelijke gevallen worden wel besproken en in een context geplaatst, maar kunnen uiteraard niet worden getoetst op juistheid.

2.2 Aanpak en methode

De rapportage brengt bestaand materiaal uit betrouwbare bronnen in één overzichtelijk overzicht samen. De schrijvers van deze rapportage maken gebruik van eigen kennis en de informatie uit deze bronnen. Er is dus geen extra onderzoek verricht om dit rapport tot stand te laten komen.

Er is gekozen voor een hoofdtekst, waarin per onderwerp een korte uitleg wordt gegeven en de belangrijkste aandachtspunten worden belicht, en een annex, die dieper in gaat op het onderwerp. Dit maakt het mogelijk om zowel kort kennis te nemen van de belangrijkste zaken omtrent een onderwerp als om meer de diepte in te gaan.

3 Typologie Datacenters

De beschrijvingen van datacenters doen het soms voorkomen dat ze grote, vierkante loodsen zijn. Een soort distributiecentra, maar dan zonder af- en aanrijdende vrachtauto's. Het lijkt alsof datacenters een nieuw fenomeen zijn. Een gevolg van ons grote gebruik van internet. Toch zijn ze er al sinds de jaren 70. In dit hoofdstuk wordt de geschiedenis en typologie van datacenters beschreven.

3.1 Van rekencentrum naar datacenter

In de jaren 70 gingen grote organisaties, zoals banken en overheidsorganisaties, computers gebruiken voor hun bedrijfsprocessen. Hiervoor werden serverruimtes en rekencentra gebouwd. Zo hadden de Stichting Academisch Rekencentrum Amsterdam en de ABN-AMRO al in 1971 hun eerste rekencentra in Amsterdam en Amstelveen. Het gebruik van personal computers (PC), servers en internet zorgde ervoor dat bij de eeuwwisseling bijna iedere locatie van een organisatie, zowel kantoor als productie of logistiek, een ruimte voor servers, computers en netwerken had. Ongezien kende iedere stad honderden tot niet duizenden locaties met een computerruimte. Bekende voorbeelden zijn het oude rekencentrum van De Nederlandsche Bank aan de Sarphatistraat in Amsterdam, dat daarna dienst deed als ontvangstgebouw. In Apeldoorn stond het rekencentrum van Centraal Beheer in het centrum; dat is nu een monument.



Figuur 1: verschillende soorten rekencentra

Waar de term rekencentrum meestal werd gebruikt voor een gebouw waar voor één organisatie de computers stonden, is de term datacenter meer in gebruik voor een gebouw waar de computers (servers) van of voor meerdere organisaties staan.

De omgeving van Amsterdam werd één van de belangrijkste verkeersknooppunten van dataverkeer in Europa naast Frankfurt, Londen, Parijs en Dublin. In de jaren 80, toen het internet nog vrijwel alleen door onderwijs- en onderzoeksinstituten werd gebruikt, was Nederland al het eerste land met een landendomein (.nl). Europese en Amerikaanse academische netwerken, zoals Surfnet, Deutsche Forschungsnetz en NSFNet koppelden via Amsterdam met elkaar, waardoor ieder volgend academisch netwerk of onderzoeksproject ook een aansluiting naar Amsterdam wilde hebben. Toen

het internet in de jaren 90 commercieel ging, wilden bedrijven weer met die academische netwerken koppelen. Dit zorgde voor het eerste grote cluster van datacenters en internetverbindingen in Amsterdam.

De oprichting van de AMS-IX, de Amsterdam Internet Exchange formaliseerde deze koppelingen. Het was begin jaren 90 van de vorige eeuw een belangrijke mijlpaal. Inmiddels is er een ecosysteem gegroeid met tientallen datacenters in verschillende clusters rond Amsterdam die verkeer uitwisselen met elkaar en de rest van de wereld, en daaromheen toeleveringsbedrijven en een levendige IT industrie.

De komst van goede internetverbindingen zorgde ervoor dat organisaties in Nederland in toenemende mate hun eigen rekencentra (variërend in grote van een technische ruimte tot speciaal gebouwde vleugels of gebouwen) verruilden voor dienstverlening door gespecialiseerde datacenters. 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". In de loop van de tijd is zo schaalvergroting opgetreden waarbij vele relatief energie-inefficiënte serverruimtes binnen organisaties en bedrijven inmiddels zijn opgeruimd. Koeling, noodstroom, etc. zijn allemaal veel effectiever en efficiënter op grotere schaal. Dit heeft geholpen bij het verminderen van het energieverbruik door organisaties en bedrijven verspreid over het land. De keerzijde is dat het energieverbruik van de IT-sector geconcentreerd is op plaatsen waar de datacenters staan. Hierdoor wordt het energieverbruik zichtbaarder. 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. Dit verbruik is namelijk opgenomen in het totale energieverbruik van de organisatie of het bedrijf. Het specifieke verbruik voor de opslag of verwerking van data is echter veel hoger dan dat het zou zijn in een datacenter.

Een voorbeeld om het verschil tussen een eigen serverruimte en een datacenter te illustreren is het Rijk dat 64 rekencentra, verspreid door heel Nederland, sloot en de computers hieruit plaatste in 4 datacenters (deels eigen en deels commercieel) onder andere in Amsterdam¹. Het stroomverbruik daalde van 235GWh naar 128GWh. De energiebesparing is vergelijkbaar met het stroomverbruik van 36.000 huishoudens (gemiddeld 2760KWh per huishouden). Het is de schaal die de energiebesparing mogelijk maakt doordat koeling, noodstroom, generatoren en dergelijke efficiënter zijn in een modern en grootschaliger datacentrum.

Keerzijde is wel dat de vermogenscapaciteit die hiervoor nodig is, is geconcentreerd op 4 locaties. Dat betekent dat de energievoorziening plaatselijk veel hogere vermogenscapaciteit moet kunnen leveren. Daar is het elektriciteitsnet niet altijd op berekend.

Dit voorbeeld laat ook de complexiteit van de vraagstukken zien die ten grondslag liggen aan dit rapport. Aan de ene kant is er sprake van een grote kostenbesparing en een kleinere ecologische voetafdruk van het Rijk. Op zich is dit uiteraard winst. Toch kunnen er verschillende perspectieven zijn. Daar waar het Rijk haar datacenters sloot zal er op verschillende plekken mogelijk geklaagd zijn over verlies van arbeidsplaatsen, maar is men anderzijds mogelijk ook blij met het vrijkomen van capaciteit in het elektriciteitsnetwerk. Op de locaties waar het Rijk haar servers nu in datacenters

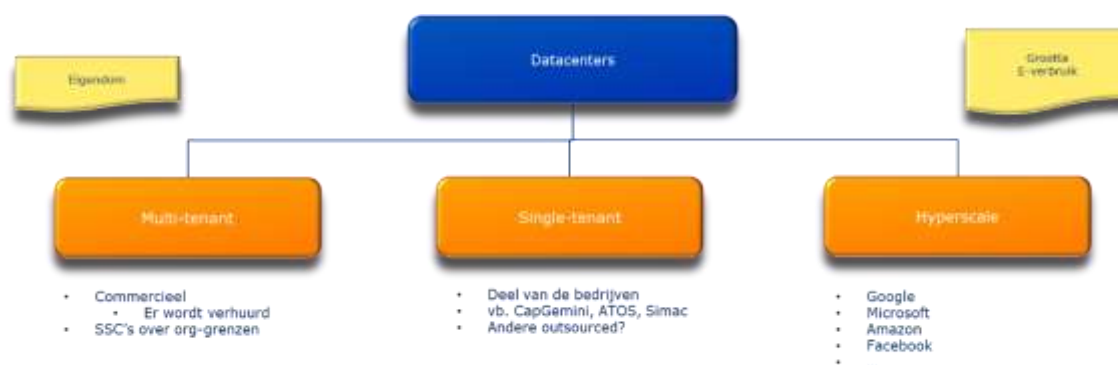
¹ *Rijkscloud halveert energieverbruik, De Ingenieur, 30 JUNI 2015, <https://www.deingenieur.nl/artikel/rijkscloud-halveert-energieverbruik>*

plaatst komt daarentegen een extra druk vergelijkbaar met een aantal grote woonwijken op het lokale elektriciteitsnetwerk. De vraagstukken rondom ruimtelijke ordening veranderen ook als gevolg hiervan. Het onzichtbare elektriciteitsverbruik van rekencentra en serverruimtes in steden gaat uit deze steden en geeft ruimte. Het verbruik concentreert zich op een paar locaties binnen een aantal gemeenten waar mogelijk verzoeken komen om uitbreiding van de benodigde capaciteit in het netwerk door extra bekabeling of uitbreiding van onderstations.

Sinds 1994 is er rond Amsterdam een cluster van (colocatie)datacenters ontstaan. Het Amsterdamse cluster bestaat weer uit drie sub-clusters in de Watergraafsmeer, Amsterdam-Zuid en rond Schiphol. Dat is geen unieke situatie. Ook in de VS ziet men vergelijkbare clusters van datacenters waarin weer kleine groepjes zijn te herkennen. In Europa spreekt men van FLAPD (Frankfurt, London, Amsterdam, Paris, Dublin) om de belangrijkste concentraties van datacenters aan te geven. Dit cluster rond Amsterdam wordt zichtbaar in de statistieken, doordat de behoefte van personen en organisaties in Nederland en Europa naar internetdiensten, bedrijfsautomatisering en opslag van data hier bij elkaar staan.

3.2 Soorten datacenters

Een datacenter is in essentie een gecentraliseerde plek voor het opslaan en verwerken van data. Dit kan echter in vele vormen en vooral maten. Er is geen duidelijke regel voor het verschil tussen bijvoorbeeld een simpele serverruimte en een volwaardig datacenter maar er worden wel verschillende soorten datacenters gedefinieerd, op basis van orde van grootte. Grofweg vallen datacenters in te delen in drie categorieën, hyperscalers, multi-tenant/colocatie en single-tenant/enterprise.



Figuur 2: verschillende soorten datacenters

Multi-tenant of colocatie datacenters zijn datacenters met meerdere huurders die allemaal een gedeelte van de serverruimte huren. Dit zijn meestal bedrijven, die niet meer hun eigen serverruimte in beheer hebben maar dit hebben uitbesteed. Alle bedrijfsdata en processen worden overgebracht naar de gecentraliseerde serverruimte in een datacenter. Deze datacenters zijn er in verschillende groottes, maar in toenemende mate zijn ze zeer groot, omdat dit de efficiency van het datacenter verbetert. De grote datacenters staan vaak dichtbij grote economische centra, zoals Amsterdam, omdat de bedrijven die hun servers er neerzetten toch regelmatig op locatie werkzaamheden moeten kunnen doen. In Amsterdam werd dit versterkt doordat de goede interconnectie mogelijkheden aanbieders van dienstverlening via het internet aantrekken. Deze aanbieders kunnen rond

Amsterdam de door hen aangeboden diensten onderling koppelen en met de computers van het lokale bedrijfsleven. De combinatie van grotere vraag leidt tot meer aanbod van datacenters, wat weer leidt tot meer gespecialiseerde toeleveranciers. Dit vergroot de aantrekkingskracht van een dergelijk cluster.

Voor de huurders is het voordeel van het gebruik van multi-tenant datacenters de betere faciliteiten, zoals noodstroom, meerdere aanbieders van internetverbindingen en betere en efficiëntere koeling. Dit zorgt voor een hogere beschikbaarheid, betere dienstverlening en lagere ecologische impact en kosten. De gedeelde faciliteiten schalen beter.² Single-tenant/enterprise datacenters (moderne rekencentra) zijn veelal kleiner dan multi-tenant centers, maar hebben maar één huurder. Ook dit soort datacenters staan vaak in de buurt van het bedrijf of de instantie die de serverruimte huurt. Tenzij de organisatie erg groot is, zoals de Rijksoverheid, is de efficiëntie van deze datacenters minder goed dan die van colocation datacenters.³

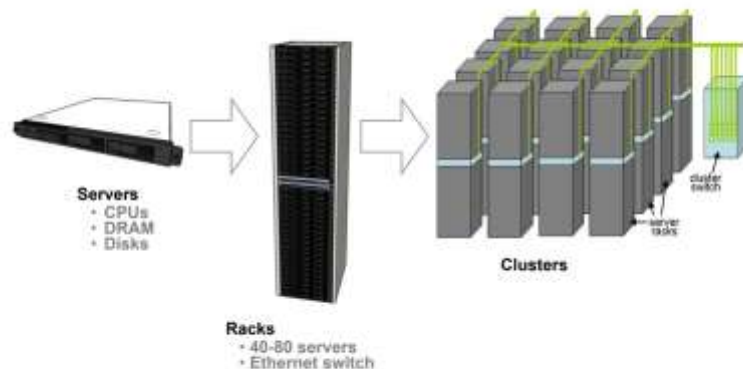
Onder hyperscalers vallen de datacenters die eigendom zijn van grote (tech)bedrijven als Microsoft, Amazon, Meta of Google. Hyperscale datacenters zijn als het ware de opslagplaatsen voor (een gedeelte van) het internet. Ze zijn onder andere de opslagplaatsen voor de cloud services die dergelijke partijen aanbieden. In principe kunnen hyperscale datacenters overal staan, maar door hun schaal en grootte is de voorkeur voor locaties met enkele van de volgende karakteristieken; waar het niet te warm is (vermindert koeling), voldoende water voor koeling, in de buurt van een stad met een warmtenet (om warmte vanuit koeling te leveren), afdoende glasvezelverbindingen voor interconnectie, afdoende hoogspanningsaansluitingen, of ruim voldoende beschikbaarheid en productie van (groene) elektriciteit tegen goede tarieven.

Hyperscale datacenters concentreren computers en opslag op een zeer efficiënte manier, afgezet tegenover de rekentaken en hoeveelheden data die ze verwerken. De bedrijven achter de hyperscalers hebben honderdduizenden of miljoenen servers nodig. De bouw van dit soort datacenters begint pas vanaf ongeveer 2005, omdat daarvoor geen bedrijf een dergelijke schaal aan klanten en dienstverlening had. Om diensten wereldwijd en voor miljoenen en miljarden gebruikers te kunnen aanbieden moesten de aanbieders van dit soort diensten alle aannames die golden voor de ICT van organisaties op de schaal van een bank of overheid aan de kant zetten en opnieuw beginnen. Aannames die in servers zaten, waren bijvoorbeeld dat een (VGA) monitor aansluiting nodig was of dat er maximaal 1024 harddisks gebruikt werden. En waar de computers van banken waren ontworpen om niet stuk te gaan, moeten de hyperscale ontwerpers er vanuit gaan dat er altijd wel iets stuk gaat. Traditionele serverruimtes moesten een constante temperatuur hebben van rond de 20 graden. Hyperscale datacenters staan toe dat de temperatuur van de lucht rond computers

² Zie bijvoorbeeld hoe Cap Gemini haar energieverbruik verminderde; De kantoor-IT kan groener en goedkoper, 15 JUNI 2012, <https://www.agconnect.nl/artikel/de-kantoor-it-kan-groener-en-goedkoper>

³ Het nieuwe ODC-Noord van het Rijk meldt een PUE van 1,25. Dit is onder de PUE die Cap Gemini meldt, waarvan zij al zegt dat deze efficiënter is dan een eigen server ruimte. <https://www.odc-noord.nl/duurzaamheid/>

mag schommelen tussen 10 en 40 graden, waardoor minder airconditioning nodig is. De gebruikte servers en netwerken zijn speciaal ontworpen voor de toepassingen.⁴



Figuur 3: hyperscale datacenter; van servers naar clusters (bron: Gill, 2010)

Een hyperscale datacenter bestaat uit tientallen clusters van racks met servers. Ieder cluster fungeert als samenwerkend geheel van servers. De clusters zijn intern en met elkaar verbonden en functioneren als een wereldomspannend netwerk van computers. Met iedere generatie van chips en servers neemt de kracht van deze clusters toe, bij een vergelijkbaar elektriciteitsverbruik, een gevolg van de schaalbaarheid die de miniaturisatie van schakelingen op chips mogelijk maakt.⁵ Het loont hier om de software en de hardware te optimaliseren, want een optimalisatie die een bewerking die door 100.000 servers wordt uitgevoerd 1% efficiënter maakt, bespaart 1000 servers. De verbeteringen zijn ook direct zichtbaar aan de kostenkant. Denk hierbij aan het aanbieden van een e-mail server dienst: 25 jaar geleden had iedere organisatie een eigen e-mail server. In 2022 maken de meeste bedrijven voor e-mail gebruik van cloud diensten van Google, Microsoft en een aantal andere partijen. Een programmeerfout die 1% meer capaciteit vergt van de server viel 25 jaar geleden niet direct op, want de e-mail server draaide niet op 100% capaciteit. Nu is e-mail een dienst die wordt afgenomen. De e-mail servers zijn geclusterd, waardoor meerdere bedrijven en organisatie dezelfde clusters van server kunnen delen. Een programmeer fout die nu 1% meer capaciteit vergt van de servers valt wel op, want dat vertaalt zich direct in het aantal servers dat wordt gebruikt. Het stimuleert het management en de programmeurs ook om het systeem nog efficiënter te maken, want dat bespaart op investeringen in nieuwe servers.

3.3 Faciliteiten in het datacenter

De diensten die een datacenter aanbiedt, bijvoorbeeld de emaildienst die in de vorige paragraaf beschreven werd, draaien op fysieke apparaten. Deze apparatuur verbruikt elektrische energie die

⁴ Een presentatie die dit uitlegt is "Worse Is Better"

Vijay Gill/Bikash Koley/Paul Schultz for Google Network Architecture, Google, June 14, 2010
NANOG 49, San Francisco

<https://archive.nanog.org/meetings/nanog49/presentations/Monday/gill-keynote.pdf>

⁵ De "wet van Moore", de "wet van Koomey" hebben betrekking op de ontwikkeling van het aantal transistoren op een chip en hoeveel energie nodig is om bewerkingen uit te voeren op chips. Zie voor een uitleg <https://www.arm.com/blogs/blueprint/performance-per-watt>

in zijn geheel wordt omgezet in warmte. Het doel van een datacenter is om een veilige behuizing te zijn voor (vaak grote hoeveelheden) ICT- apparatuur.

De basisdiensten die het datacenter aanbiedt, zijn:

- Connectiviteit met de wereldwijde datanetwerken (internet)

Datacenters fungeren in de basis als opslag en verwerkers van data, maar veel data dient altijd en overal toegankelijk te zijn. Een goede, stabiele internetverbinding is dus essentieel, vandaar de aantrekkelijkheid van regio's in de buurt van een internetknooppunt als vestigingsplaats. Overigens geldt voor veel (cloud-)data dat deze in meerdere datacentra (dus geografisch meervoudig redundant) staat opgeslagen. Mocht de verbinding of een datacenter wegvallen, dan blijft toegang mogelijk.

- Ruimte

Een datacentrum voorziet in opslagruimte.

- Racks

Meestal in 19 inch brede kasten (racks) en cages, wat fysiek betekent dat er talloze racks in het center staan opgesteld. Hier staat de opslagapparatuur in. Deze racks zijn te huren of worden gebruikt door de exploitant zelf (in het geval van een hyperscaler).

- Elektrische energievoorziening

Datacenters hebben een of meerdere aansluitingen op het middenspannings- of hoogspanningsnetwerk. Naast de 'normale' aansluiting op het stroomnetwerk is elk datacenter ook voorzien van een noodstroomvoorziening in het geval van stroomuitval. Batterijen ook wel UPS (uninterruptible power supplies) genoemd, vangen de spanningspieken, spanningsdips en de initiële uitval van de stroomvoorziening op. Generatoren starten bij spanningsuitval ook op en nemen de stroomvoorziening over bij langere uitval.

- Klimaatbeheersing, koeling

De aanwezige apparatuur in het datacenter wordt, zoals alle apparatuur, warm bij gebruik. Een datacenter dient dan ook te voorzien in koelsystemen en klimaatbeheersing om te voorkomen dat de apparatuur oververhit en zo beschadigd raakt.

- Fysieke beveiliging

Fysieke maatregelen zijn in allerlei soorten aanwezig bij datacenters. Hierbij valt te denken aan maatregelen en beperkingen rondom de toegang tot het datacenter en binnen het datacenter de mogelijkheid om ook specifieke racks af te sluiten voor toegang. Daarnaast is er (camera)toezicht aanwezig. Zeker grotere centers werken met verschillende beveiligingsniveaus.

- Brandbeveiliging, netwerkbeveiliging, informatiebeveiliging

Ook op andere vlakken worden de risico's zo klein mogelijk gehouden. Elk datacenter heeft een reeks beleidsmaatregelen en voorzorgsmaatregelen om de apparatuur erin te beschermen. Dit betreft ook maatregelen om cyberaanvallen te voorkomen en normen om aan informatie-wetgeving te voldoen.

Voor het energieverbruik van een datacenter zijn (naast de computers en netwerken) de noodstroomvoorzieningen (diesel en batterijen) en de klimaatbeheersing leidend. Deze systemen verbruiken de bulk van de energie die niet wordt gebruikt voor het de computers en netwerken in het datacenter.

3.4 Discussie en conclusie

De ontwikkelingen rond datacenters zijn niet nieuw; datacenters bestaan ook al enkele decennia. Wat veranderd is, is de schaal en de keuze van locaties voor de datacenters. De rekencentra en serverruimtes die bij bedrijven en overheden op locatie stonden, worden in toenemende mate gesloten. De computers die daar stonden gaan naar colocatiedatacenters, of de dienstverlening die er mee werd uitgevoerd wordt nu verzorgd vanuit hyperscale datacenters. De efficiëntie van de nieuwe datacenters komt ten eerste door efficiëntere vormen van koeling van deze ruimtes. Een andere factor is de grotere schaal, waardoor faciliteiten als noodstroomvoorziening, aggregaten en dergelijke gedeeld worden door meer organisaties en dus efficiënter en effectiever kunnen zijn. Deze schaalvergroting zorgt er ook voor dat de datacenters zichtbaarder worden voor beleidsmakers. Die zichtbaarheid en concentratie van benodigde voorzieningen is er mede voor verantwoordelijk dat er nu meer discussie is over de ruimtelijke ordening ten aanzien van deze voorzieningen.

4 Locatie en ruimte

Datacenters staan ergens en nemen ruimte in beslag. In dit hoofdstuk wordt besproken wat de locatiekeuze van datacenters bepaalt en hoe deze worden ingepast in de ruimte.

4.1 Waarom aandacht voor locatie en ruimte?

In de afgelopen jaren is de vestiging van datacenters bijna overal in Europa onderwerp geworden van politieke discussie. Datacenters nemen ruimte in beslag in het landschap én onder de grond (voor kabels en leidingen). Vaak wordt een datacenter gezien als een grote loods in een weiland. Maar dat hoeft niet altijd zo te zijn. In Amsterdam Watergraafsmeer bijvoorbeeld, zijn er enkele meerlaags datacenters, die eerder de verschijningsvorm van een appartementengebouw in de stad hebben. In de MRA maar ook breder in Nederland worden vragen gesteld over waarom datacenters “hier” worden gebouwd (en niet “daar”). In dit hoofdstuk wordt besproken welke keuzes datacenters maken en waarom zij bijvoorbeeld voor de MRA kiezen. In de Ruimtelijke Strategie Datacenters (REOS 2019) is gesproken over clustering van datacenters en waarom er mogelijk behoefte is aan een nieuw cluster in Nederland. Maar waarom clusteren datacenters, de economische en technische redenen worden in paragraaf 4.3 besproken. In paragraaf 4.4 wordt uitgelegd waarom het moeilijker is geworden om in te schatten hoeveel nieuwe datacenters er komen en waar in Europa. Er blijkt bijvoorbeeld een significante mate van dubbel telling te bestaan.

4.2 Gebouwtype

Datacenters zijn er in alle vormen en zijn niet aan een gebouwtype gebonden. In gebieden waar voldoende ruimte is, bijvoorbeeld op het platteland, vind je de datacenters vaak in de vorm van grote hallen, zoals de eerder aangehaalde distributiecentra. Dit bouwtype is goedkoper in constructie en operatie. De grote oppervlakte geeft meer ruimte om de koeling met buitenlucht te realiseren. Dit verlaagt het energieverbruik van de locatie. Ook hergebruik van bestaande locaties is mogelijk, zoals in de Gerbrandy toren in IJsselstein, de oude Nozema toren in Wormer of oude bankgebouwen zoals de kluizen in het voormalig gebouw van de Nederlandsche Bank in Enschede. Er zijn ook datacenters gevestigd in bunkers. En er wordt geëxperimenteerd met totaal andere manieren van bouwen; Microsoft experimenteerde met een datacenter onder water, in de zee.

De keuze voor een locatie heeft meer met de randvoorwaarden te maken dan met de beschikbare oppervlakte. In de Watergraafsmeer Amsterdam is de grond duur. Door de aanwezigheid van de Amsterdam Internet Exchange zijn er ook honderden netwerken van netwerkaanbieders en dienstverleners aanwezig. Om aan de vraag te kunnen voldoen bouwen datacenter aanbieders torens, die volledig als datacenter functioneren. De locatie als centrum van het Europese Internet heeft een grote aantrekkingskracht op allerlei netwerken die hier hun netwerken en diensten onderling verbinden. Alhoewel het goedkoper is om een datacenter in te richten als een grote platte doos van 1 verdieping blijkt dat in Amsterdam vanwege de unieke situatie niet noodzakelijk en kan er ook een toren worden gebouwd.

De keuze voor een bepaalde bouwvorm brengt specifieke installaties met zich mee, die invloed kunnen hebben op de ‘Power Usage Effectiveness’, een maat voor de efficiency van de installatie. Dit wordt in het hoofdstuk over warmte, koeling en efficiëntie verder besproken. Hergebruik van

bestaande gebouwen leidt niet per definitie tot een lagere efficiency: zo claimt de beheerder van het datacenter in Wormer in de oude Nozema toren een behoorlijke mate van efficiency op basis van actieve luchtkoeling. De bouwvorm kan aanleiding zijn voor bijzondere oplossingen: zo hebben sommige hoogbouwlocaties een op vloeistof gebaseerd koelsysteem of maken ze gebruik van oppervlakte, industrie- of drinkwater voor de actieve koeling. Alhoewel dit op het eerste gezicht minder optimaal lijkt dan 'vrije lucht'-koeling, is dit niet op voorhand te stellen, omdat dit type locaties en koeling mogelijk beter te koppelen zijn in warmtenetten. Door warmtenetten kan de warmte die het datacenter als restproduct heeft elders worden gebruikt voor verwarming. Hierdoor dragen ze bij aan een lager energieverbruik elders.

4.3 Wat bepaalt locatiekeuze van een colocation datacenter?

Er wordt wel eens gedacht dat het niet belangrijk is waar datacenters staan, maar locatie blijkt in de praktijk vooral voor colocation datacenters een grote rol te spelen. Clustering is een belangrijke factor bij de vestiging van dit type datacenters. Clustering ontstaat omdat bedrijven in de ICT-sector moeten samenwerken met leveranciers, concurrenten en afnemers. De ICT-bedrijven die sterk met de datacenters worden geïdentificeerd zijn vaak zowel elkaars leverancier, concurrent als afnemer; denk hierbij aan Microsoft, Amazon, Equinix, Google, Digital Realty, Oracle, Exact, Visma, Leaseweb, etc. Het is efficiënt om in elkaars buurt te zitten om efficiënte samenwerking mogelijk te maken.

Voor colocation datacenters is het ook van belang om in de buurt van de klant en leveranciers te zitten. De automatiseringsafdeling van een Nederlands bedrijf wil wél in staat kunnen zijn om de eigen servers te kunnen beheren en vervangen. Dit is ook de reden dat er in veel Nederlandse steden een regionaal datacenter staat. De aanwezigheid van leveranciers is ook van belang. Grote internetbedrijven die ruimte huren in colocation datacenters hebben niet altijd eigen ICT-personeel op locatie. Goede toeleveranciers die servers installeren, vervangen en allerlei hand- en spandiensten leveren zijn van groot belang.

In een eerder Stratix-onderzoek naar de markt voor datacenters in de MRA, is een aantal interviews gehouden met marktpartijen waarbij is gevraagd waarom zij hun servers en netwerken in de MRA plaatsten. Uit die interviews kwam ook het belang van een ecosysteem en gekwalificeerd personeel naar voren. De Chief Technical Officer (CTO) van een bekende internetdienstverlener gaf aan dat Amsterdam zijn voorkeur had, omdat hij de bedrijven die hij in Amsterdam inhuurde nauwelijks hoefde te controleren. Hij kon zijn servers door de fabrikant in Azië naar Amsterdam laten versturen en de installatie vergde geen coördinatie van de internetdienstverlener. Volgens zijn zeggen waren er veel locaties waar hij en zijn team op afstand betrokken moesten zijn, om ervoor te zorgen dat iedere partner; transport, installatie, datacenter, netwerkaanbieder, de juiste dingen deed op het juiste moment. Dit ecosysteem maakt (ook volgens andere marktpartijen) de MRA een goede vestigingslocatie.

Naast bedrijfseconomische redenen, zijn er ook technische redenen. Alhoewel de hele wereld bereikbaar lijkt via het internet, maken afstand en ruimte wel degelijk verschil. Netwerken zijn supersnel, maar een combinatie van de parameters uit standaarden, snelheid van het licht en capaciteit van kabels zorgen ervoor dat bepaalde locaties praktischer zijn.

Ter illustratie een voorbeeld dat laat zien hoe technische keuze leidt tot voorkeuren in de locatiekeuze van colocation datacenters:

Ethernet is de belangrijkste standaard voor de koppeling van netwerken. Iedere nieuwe generatie Ethernet standaard wordt ontwikkeld met een korte afstand versie voor in datacenters en een lange afstand versie op 10km (voor aansluiten klanten op telecomnetwerken en tussen datacenters). Dit zijn de twee belangrijkste versies van de standaard en alhoewel er ook andere afstanden overbrugd kunnen worden, zijn deze het meest voorkomend. Hierdoor werken ze altijd en overal met apparatuur van iedere fabrikant. Klanten hoeven dan niet andere Ethernet apparatuur te gebruiken dan dat ze standaard gebruiken. Dat betekent dat datacenters die binnen 10km over een glasvezelverbinding van elkaar zitten eenvoudiger met elkaar verbonden kunnen worden. Het is om die reden dat er clustervorming optreedt rond datacenters.⁶

Een andere relevante factor voor vestiging is de nabijheid van duurzame energiebronnen. In het licht van de energietransitie wordt naar een strategie die dat mogelijk maakt gezocht. Hergebruik van restwarmte (zie ook Hoofdstuk 7) is een andere factor die invloed heeft op de plek van mogelijke nieuwe datacenters. Datacenters die relatief dicht bij stedelijk gebied, en een daar aanwezig warmtenet staan, óf dicht bij een industriegebied voor directe aansluiting op de daar aanwezige bedrijven, bieden meer mogelijkheden voor hergebruik van warmte dan datacenters die ver weg in de polder staan.

Daarnaast zorgen gebruikersvoorkeuren, wet- en regelgeving en de noodzaak voor personeel en leveranciers ervoor dat eigenaren van servers en datacenters bepaalde locaties kiezen. Denk bijvoorbeeld aan de privacyregelgeving die bepaalt dat data alleen mag worden opgeslagen in locaties die een vergelijkbaar en erkend privacy regime kennen. In de praktijk is de keuze voor de locatie voor een datacenter daarom gebaseerd op een complex proces waarin vele factoren een rol spelen.

4.4 Ontwikkeling markt voor datacenters in MRA

De Dutch Datacenter Association publiceert ieder jaar een overzicht van de markt voor datacenters in Nederland. In haar rapportage over 2022 meldt de DDA dat het aantal colocatie datacenter faciliteiten in Nederland 185 is, met een server vloer oppervlakte van 377.000m².⁷ Ten opzichte van 2017 is dit een afname in het aantal datacenterfaciliteiten van 205 naar 185. Deze faciliteiten zijn gemiddeld wel een stuk groter. In 5 jaar tijd groeide het vloeroppervlak voor ICT (data floor) met 50%. Het aantal bedrijven in de sector is afgenomen door voornamelijk fusies en overnames van 125 naar 97. Een deel van deze bedrijven exploiteert meerdere datacenter faciliteiten. Ongeveer 71% van het vloeroppervlak bevindt zich in de MRA. Dit is sinds 2017 stabiel gebleven.

⁶ Ook in de uitrol van glasvezelnetwerken speelt deze afstand een rol, zie bv presentatie Fiber to the Country, Rinse Kloek, NLNOG 2022, https://www.youtube.com/watch?v=TX_d0ufgeiY&t=7409s

⁷ State of Dutch Datacenters 2022, Dutch Datacenter Association.

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Gross surface (incl. office space, etc.)	464.000	506.000	571.000	650.000	713.000	762.000
Net surface (data floor)	242.000	267.000	328.000	353.000	369.000	377.000
Data center facilities (#)	205	198	189	189	184	185
Colocation providers (#)	125	118	111	102	96	97

Figuur 4: ontwikkeling vloeroppervlak, aantal faciliteiten en aanbieders van datacenters (bron: DDA, PB7)

Van de 97 bedrijven die colocation datacenters aanbieden bieden de grootste vijf meer dan de helft (53%) van het beschikbare vloeroppervlak aan. De volgende vijf grootste hebben nog eens 18% van het vloeroppervlak beschikbaar. Gezamenlijk hebben de grootste tien bedrijven 265.463m² aan vloeroppervlak beschikbaar voor ICT. Dit is ongeveer 71% van het beschikbare vloeroppervlak in Nederland. De andere 87 bedrijven hebben dus nog 29% van het vloeroppervlak ter beschikking. De grootste vijf bedrijven hebben gemiddeld bijna 40.000m². De vijf die daarop volgen hebben ieder gemiddeld 13.000m² vloeroppervlak voor ICT. Dit laat zien dat de grootste aanbieders een aantal malen groter zijn dan hun concurrenten. Ter vergelijking, het nieuwe Lidl distributiecentrum in Almere heeft een perceel van 160.000m² (16 hectare) en een vloeroppervlak van 55.000m² (5.5 hectare).

Het aantal datacenters in de MRA is volgens Liander 51⁸, waarvan 29 in Amsterdam, 15 in de Haarlemmermeer en 7 elders. Andere bronnen noemen hogere en lagere getallen voor zowel Amsterdam als voor de MRA. Zo spreekt de DDA van 55 locaties en 28 bedrijven in de MRA. Er is een aantal oorzaken voor deze verschillen. Zo worden sommige bronnen datacenters in de gemeente Haarlemmermeer en daarbuiten tot Amsterdam gerekend. Buitenlandse bronnen voegen Amsterdam en Haarlemmermeer en andere locaties in de Metropoolregio Amsterdam bijna altijd samen onder de noemer "Amsterdam". Persberichten van datacenterbedrijven spreken meestal ook over Amsterdam, wanneer ze een locatie in de MRA (en zelfs daarbuiten) bedoelen. Internationale datacenterbedrijven, pers en onderzoeksrapporten zien zelfs Amsterdam en Nederland als synoniem. Voor lokaal beleid is het wel belangrijk om te weten welke gemeente of regio wordt bedoeld. In dit rapport is er wel een duidelijke scheiding.

In andere overzichten, bijvoorbeeld websites met overzichten van datacenters⁹, zijn dubbeltellingen zichtbaar, doordat een onderhuurder van een datacenter ook staat geregistreerd als datacenter of omdat de juridische eigenaar en de partij die het datacenter operationeel in bedrijf heeft verschillen. Een aantal locaties met datacenterfuncties, is ook onderdeel van een financiële instelling of een telecommunicatiebedrijf. Verder is het niet ongebruikelijk dat datacenterbedrijven een uitbreiding naast een bestaande locatie als nieuw datacenter benoemt, terwijl het eenzelfde energie-aansluiting betreft of vice versa dat uitbreiding van een locatie een nieuwe aansluiting met zich meebrengt en dus in de administratie van de netbeheerder als twee datacenters wordt gezien. Om het formaat van een datacenter te beoordelen is de sector vaak meer geïnteresseerd in de hoeveelheid elektrisch vermogen dat het datacenter kan leveren, dan de hoeveelheid vierkante meters aan oppervlakte

⁸ De cijfers van Liander staan in hoofdstuk 5 'Energie' en bijlage A en worden daar verder besproken.

⁹ Een voorbeeld: https://www.peeringdb.com/advanced_search?city=Amsterdam&reftag=fac

(servervloer of totaal) die beschikbaar is. Dit omdat de stroom vaak de beperkende factor is voor hoe groot een datacenter kan worden gebouwd.

Sinds 2020 zijn er maar beperkt uitbreidingen en nieuwbouw geweest in de gemeente Amsterdam.

- Digital Realty op Amsterdam Sciencepark werd in 2020 in productie genomen en heeft 5225m² oppervlakte
- Equinix AM7 op het Amstelpark is in 2021 uitgebreid.

De volgende datacenters zijn in aanbouw of worden uitgebreid:

- Switch AMS4: Deze is nu in aanbouw. Het eerste deel van het datacenter wordt volgens planning in 2022 opgeleverd. Een tweede deel is gepland voor 2023. Het oppervlakte is 7400 m² waarvan 4400 m² voor ICT. Initieel zal het datacenter 10MVA aan vermogen hebben, wat in de tweede fase stijgt tot 18MVA.¹⁰
- Global Switch East Amsterdam: Een uitbreiding van het datacenter van Global Switch in Amsterdam Slotervaart naast de bestaande locatie van Global Switch. Het bruto oppervlak van het datacenter stijgt met 32.000 m² naar 73.000 m². De uitbreiding kan op termijn een additionele 40MVA aan vermogen extra gebruiken voor een totaal van 72MVA.
- Equinix kocht Switch AMS1 op het Sciencepark en hernoemde het tot AM11. In het persbericht werd genoemd dat er ruimte is voor uitbreiding.
- In kwartaalverslagen noemt Equinix dat zijn locaties AM4, AM7 en AM11 ruimte hebben voor uitbreiding.

Er is ook een aantal projecten aangekondigd, waarvan niet goed bekend is wat de stand ervan is.

- Equinix Weesp (AM 9/10) werd in krantenartikelen genoemd, maar de kwartaalverslagen van Equinix noemen de locatie niet meer in de planning van nieuwe ontwikkelingen. Wel wordt er gesproken over een langdurige lease op grond.
- Silver Falcon (eerder bekend als Westpoort datacenter): oorspronkelijk een ontwikkeling van de Caransa groep. Dit datacenter werd in 2021 verkocht aan Great Grey investment voor verdere ontwikkeling. De bouw is gestart. Het project bestaat uit 3 torens van ieder 35.000m² aan bruto oppervlakte. De eerste toren van 33MVA wordt naar verwachting in 2022/2023 opgeleverd. De totale ontwikkeling is voorzien op 100MVA.¹¹

In de gemeente Amsterdam zijn er geen andere grootschalige projecten bekend.

Elders in de MRA, vooral rond de Haarlemmermeer zijn in de afgelopen jaren aantal datacenter faciliteiten opgeleverd of uitgebreid:

- InterXion spreekt over een campus van datacenters waarbij de nieuwste locaties in 2018 en 2019 actief werden; AMS 8 (8000m²) en AMS 10 (14.000m²). Het totaal van InterXion beslaat boven de 40.000m² rond Schiphol-Rijk.
- Het CyrusOne datacenter in Polanenpark in de gemeente Haarlemmermeer is 15.000m², met een mogelijkheid tot uitbreiding. De gemeente geeft de mogelijkheid tot uitbreiding tot 44.000m².¹²

¹⁰ Een uitleg van het aansluitvermogen en elektriciteitsverbruik van datacenters, waaronder wat MVA betekent vindt u in hoofdstuk 5.

¹¹ Voor een impressie van het ontwerp zie <https://www.silverfalcondc.com/>

¹² <https://lokaleregelgeving.overheid.nl/CVDR646404> Besluit van de gemeenteraad van de gemeente Haarlemmermeer houdende regels omtrent Datacenterbeleid gemeente Haarlemmermeer

In de omgeving van Almere wordt wel gesproken over nieuwe datacenters, maar een nieuw 'datacenter cluster' wordt niet op korte termijn verwacht. De gemeente en provincie wachten landelijk beleid af. Daarbij heeft een partij die voornemens was een datacenter te bouwen hiervan afgezien. Een ander ICT-bedrijf is voornemens een kantoor voor 300 personen gecombineerd met een datacenter te realiseren. De totale oppervlakte zal 32.000m² zijn, maar onduidelijk is hoeveel vierkante meter het voor het datacenter betreft. De grond zal naar verwachting in 2023 worden geleverd.¹³

De ontwikkelingen in de datacenter markt in de MRA zijn niet eenvoudig te volgen. Er blijken significante verschillen te zijn tussen de plannings en persberichten van bedrijven en de daadwerkelijk gerealiseerde datacenters. Dit maakt het voor overheden en analisten moeilijk om goed in te schatten hoe de markt in de MRA zich ontwikkelt. De realiteit is dat de markt minder groei heeft gezien dan in sommige rapporten werd voorspeld. De achtergrond van deze onduidelijkheid bestaat uit verschillende aspecten:

- Bedrijfsvertrouwelijkheid; men wil niet dat concurrenten precies weten wat er gebeurt.
- Reserveringen; dit kan zijn vanwege toekomstige plannen, maar gebeurt ook om alvast een claim te leggen of zelfs om het moeilijk te maken voor concurrenten om een plan te ontwikkelen.

Navraag bij marktpartijen leert dat ook voor hen het niet altijd duidelijk is wat er door andere marktpartijen wordt gedaan. Het kan zijn dat marktpartijen alvast proberen de benodigde capaciteit in het elektriciteitsnet te reserveren, maar wachten op harde contracten voordat de daadwerkelijke investering wordt gedaan. Dit maakt het moeilijk voor concurrenten om de markt in te stappen. Naast dit 'handdoekje leggen' speelt ook dat sommige marktpartijen eisen, dat als zij een contract aan gaan met een datacenter deze kan aantonen dat de verwachting van de benodigde capaciteit over 10 jaar dan ook daadwerkelijk kan worden geleverd. Dit betekent dat de in het persbericht genoemde capaciteit niet de huidige is, maar pas op termijn wordt afgenomen.

¹³ Vestiging Datacenter bedrijf op Stichtsekant, ICT bedrijf Sallandsekant en onderzoek Hyperconnectiviteits-hub Oosterwold, 21 december 2021, Gemeente Almere, <https://almere.notubiz.nl/document/10970080/1/258%20Vestiging%20Datacenter%20bedrijf%20op%20Stichtsekant,%20ICT%20bedrijf%20Sallandsekant%20en%20onderzoek%20Hyperconnectiviteits-hub%20Oosterwold>

Hoe "groot" is het nieuwe datacentrum?



Overview

- 29,729 sqm (320,000 sq ft) of world-class technical space across a campus of two separate buildings
- 54 MW of total IT load to the facility, 27 MW to each of the two separate buildings
- Strategically located along longhaul fibre routes for multiple carriers. Landing stations connect the site to the UK, Denmark, France and the USA, offering a connectivity gateway to the Amsterdam metro network with a peak traffic flow through the Amsterdam Internet Exchange (AMS-IX)

Een illustratie van hoe complex het is om belangrijke kengetallen rond een nieuw datacentrum duidelijk te krijgen is het recent gebouwde CyrusOne datacenter in Haarlem. Toen het project werd gelanceerd zei het persbericht: *CyrusOne will develop up to 360,000 (Stratix: 33.445m²) square ft with an estimated 72 MW of power capacity on the site.*

Een brochure van het bedrijf uit 2021 zegt 54MW.

Er is nu 1 hal opgeleverd van ongeveer 15.000m². Volgens de financiële rapportage van het bedrijf is hiervan maar 3623m² (39000 square ft) en 4MW verhuurd, maar dit zou wel 100% zijn [sic!]. Het is onduidelijk of de huurder dit vermogen ook echt gebruikt. De rapporten laten niet zien dat er op korte termijn meer verbruikt vermogen wordt verwacht. Het verschil tussen geclaimde capaciteit uit het persbericht en verhuurde capaciteit zoals gemeld in de financiële rapportage is groot en de oorzaak is niet duidelijk. Voor een analyse van de ontwikkeling van de markt voor datacenters in de MRA en hun effect op bijvoorbeeld de elektriciteitsnetwerken is de vraag welk getal wordt gebruikt in de analyse; de geplande 72MW, de gebouwde 54MW aan capaciteit of de gerapporteerde 4MW aan nu verhuurde capaciteit.

Bron:

<https://cyrusone.com/wp-content/uploads/2022/04/May-23-amendment-to-annual-report.pdf>

Naast onduidelijkheid over de werkelijk in gebruik genomen ruimte is een andere onzekere factor het stroom- of vermogenstekort op een bepaalde locatie. Daarbij is er een hoger afbreukrisico door de gewijzigde politieke situatie. Dit leidt er ook toe dat een grote partij die een datacenter wil bouwen of die capaciteit wil huren in datacenters, dit in meerdere steden in Europa doet. Wanneer de vraag wordt ingevuld op 1 of 2 locaties, dan wordt deze op andere locaties teruggetrokken. Door de hogere onzekerheid wordt dit marktgedrag versterkt.

Wat dit duidelijk maakt is dat niet al het vermogen dat wordt aangekondigd ook direct in gebruik genomen wordt. Klanten kunnen ruimte huren op de groei. Daarnaast gebruiken niet alle klanten het maximale vermogen dat een rack of een ruimte aan kan. Daarbij kan een datacenter een aansluiting hebben voor een bepaald stroomverbruik, maar daar wordt ook gerekend met een veiligheidsmarge. Voor beleidsmakers is dit moeilijke materie, want op welke getallen moet er beleid worden gemaakt?

4.5 Discussie

De vestiging van colocation datacenters in de MRA is een gevolg van de centrale positie die de MRA in neemt in de interconnectie van internetnetwerken. De aanwezigheid van netwerken en internetdienstverleners trekt andere netwerken en dienstverleners aan. Dit maakt de MRA aantrekkelijk voor nieuwe datacenters. Het is die clustering die colocation datacenters anders maakt in discussie over ruimtelijke ordening. Er zijn niet veel bedrijfstakken waar concurrerende bedrijven dicht bij elkaar in de buurt willen zitten en er voordeel van hebben dat de concurrent dichtbij zit. Dit maakt beleid complex, want een datacenter (hyperscale datacenters uitgezonderd) zal zich niet willen vestigen in gebieden waar geen andere datacenters in de buurt zijn.

Het ruimtebeslag van datacenters is vergelijkbaar met een middelgroot distributiecentrum. In de gebieden waar de clusters zich bevinden is het ruimtebeslag merkbaar, maar het aantal locaties is beperkt. Het totale vloeroppervlak dat verhuurd wordt voor de plaatsing van racks in datacenters in Nederland is met 400.000m² vergelijkbaar met dat van 8 grote distributiecentra. Het beperkte aantal datacenters en de clustering betekent dat in veel gebieden datacenters geen belangrijk onderwerp zullen zijn in de inrichting van de openbare ruimte. Voor beleidsmakers in bepaalde gemeenten in de MRA betekent de clustering juist dat datacenters een belangrijk element zijn in de inrichting van de openbare ruimte.

In de discussie over locatie en ruimtegebruik van datacenters dient een verschil te worden gemaakt tussen colocation en hyperscale datacenters.

Voor hyperscale datacenters is clustering minder van belang. Zij zijn zodanig groot van schaal dat ze op locatie voldoende personeel hebben om alle veelvoorkomende activiteiten zelf uit te voeren. Ze zoeken vooral locaties met goede verbindingen en goede en goedkope stroomvoorziening. In vergelijking met een colocation datacenter kunnen ze vele malen groter zijn, zowel ten aanzien van vloeroppervlak als gebruik van de openbare ruimte. In toenemende mate wordt door de gebruikers van deze datacentra gekeken hoe de ecologische impact van het de datacentra kan worden beperkt, daarbij wordt ook gekeken naar het afvoeren van warmte richting warmtenetten. Op deze manier kan de warmte worden hergebruikt en het energieverbruik elders worden verminderd. Dat vergt dan wel dat ze gebouwd zijn in de buurt van gebruikers van deze warmte, zoals het warmtenet van een stad. Dit wordt in de volgende hoofdstukken verder uitgewerkt.

Het formaat, ontwerp en ruimtegebruik van datacenters is soms onderwerp van discussie. Over het design kan dit rapport niets inhoudelijk zeggen. Dat is een kwestie van smaak. Datacenters worden qua ruimtegebruik en ontwerp vergeleken met logistieke centra. Een colocation datacenter is vergelijkbaar met een middelgroot logistiek centrum. Een hyperscale datacenter is qua oppervlakte gebruik vergelijkbaar met een groot logistiek centrum. Het verschil voor de omgeving is wel dat datacentra minder vervoersbewegingen kennen.

De getallen die door marktpartijen worden genoemd in persberichten, vergunningaanvragen, marketingmateriaal en jaarverslagen verschillen gigantisch. Naar de beweegredenen hiervoor is het gissen. Dit vergt van beleidsmakers dat ze de plannenmakers kritisch bevragen en ook goede monitoring doen van wat wordt aangekondigd versus wat wordt gerealiseerd en gebruikt.

4.6 Conclusie

De MRA is vooral voor colocation datacenters aantrekkelijk vanwege de clusters die er zijn. Deze clusters zorgen voor de aanwezigheid van het ecosysteem van klanten, toeleveranciers en infrastructuur, die benodigd is voor een colocation datacenter. De markt voor datacenters in de MRA groeit nog, maar minder hard dan een paar jaar geleden gedacht. De monitoring van deze groei kan worden verbeterd.

De hyperscale datacenters zijn in de MRA niet aanwezig, maar daarbuiten zijn er in Nederland een aantal gevestigd. De partijen die hyperscale datacenters bouwen zijn flexibeler in hun keuze van locatie, omdat ze minder afhankelijk zijn van een bestaand cluster en ecosysteem. De eisen die ze stellen aan met name de energietoevoer zijn wel veel groter en dat beperkt hen wel in de locaties waar zij zich kunnen vestigen.

5 Energie

Energieverbruik is een relevant onderwerp bij de inpassing van nieuwe datacenters en het internet in het algemeen. Dit hoofdstuk gaat over het energieverbruik en de manieren waarop hiernaar gekeken kan worden. We nemen door wat de juiste cijfers, feiten en bronnen zijn. Ook gaan we in op de bekende valkuilen bij het interpreteren van gegevens en bieden we enkele handvatten voor de beoordeling van onderzoek en onderzoeksresultaten.

5.1 Waarom aandacht voor energieverbruik datacenters

Het energieverbruik van datacenters was een van de eerste aanleidingen voor pers en bestuurders om kritischer naar de datacenters te gaan kijken. Wereldwijd was er aandacht voor de beslissing van de gemeente Amsterdam om de bouw van nieuwe datacenters een jaar te pauzeren in afwachting van nieuw beleid o.a. ten aanzien van energieverbruik. In de pers is er veel aandacht voor het energieverbruik van datacenters.

5.2 De energiebronnen van datacenters

Een datacenter haalt zijn energie voor het overgrote deel uit 2 bronnen; elektriciteit en diesel. Daarnaast wordt er onderzocht of waterstof een rol kan spelen.

1. Elektriciteit; het elektriciteitsverbruik van een datacenter maakt de overgrote meerderheid van het energieverbruik uit. Deze elektriciteit wordt uit het elektriciteitsnetwerk gehaald.
2. Diesel; de noodstroomvoorziening bestaat veelal uit dieselgeneratoren gecombineerd met batterijen. Het dieselverbruik is in Nederland beperkt, omdat storings in de elektriciteitsvoorziening weinig voorkomen. De datacenters testen hun generatoren wel regelmatig, om deze in goede werkende conditie te houden. Deze testen verbruiken ook diesel.
3. Waterstof is mogelijk een vervanger voor diesel als brandstof voor de noodstroom generatoren. NorthC datacenter in Groningen experimenteert hier mee.¹⁴

Om kortdurende spanningspieken en dips op te vangen maakt het datacenter gebruik van batterijen. Deze batterijen worden ook wel uninterruptible power supply (UPS) genoemd. Zij zorgen ervoor dat de spanning in het datacenter constant blijft, ook als er buiten het datacenter een piek of dip in de levering van elektriciteit zit. Daarbij kunnen ze gedurende korte tijd het datacentrum van stroom voorzien, totdat de dieselgeneratoren de elektriciteitslevering overnemen. Wanneer dit is gebeurd zorgt de UPS weer voor een constante spanning.

De aangevoerde energie moet ook weer worden afgevoerd. Dit bespreken we in het volgende hoofdstuk verder.

¹⁴ NorthC realiseert in Groningen de eerste noodstroomvoorzieningen op groene waterstof in Europa <https://www.northcdatacenters.com/northc-realiseert-in-groningen-de-eerste-noodstroomvoorzieningen-op-groene-waterstof-in-europa/>

5.3 De cijfers en feiten

Om het elektriciteitsverbruik in tabel 1 te begrijpen is het belangrijk om de verschillende getallen in de keten te benoemen. Die varieert tussen wat er technisch mogelijk is, wat er gecontracteerd is en wat er daadwerkelijk wordt verbruikt.

Ter illustratie zijn gegevens van Liander over 3 maanden in de periode van 2020 tot 2022 in onderstaande tabel weergegeven. Ze laten zien hoe voor 51 datacentra (EAN) deze getallen in de praktijk in verhouding tot elkaar staan in de MRA. In 2022 is de som van het technisch vermogen van datacenters in de MRA 659MVA. Het gecontracteerde vermogen van deze datacenters is 465MVA en het bijbehorende piekverbruik is 248MVA. Dus zelfs al hebben de datacenters in de MRA contracten die hen de mogelijkheid geven om tot 465MVA te verbruiken, de daadwerkelijke piek zit daar op dit moment nog 217MVA onder. Dit betekent dat het maximale verbruik van de datacenters in de MRA 53% is van het gecontracteerde vermogen. Het gemiddeld verbruikt vermogen zit hier nog weer onder.

Het gemiddeld verbruikt vermogen wordt niet door Liander gerapporteerd, maar kan worden herleid uit andere bronnen. Uit cijfers van het CBS blijkt dat het verbruik van datacenters in de MRA 1230GWh was in 2019. Door dit getal te delen over het aantal uren en dagen komen we op het gemiddeld verbruikt vermogen van 140MVA. Het piekvermogen in de MRA was 248MW. Het gemiddelde vermogen over een jaar is daarom 65% van het piekverbruik. Het daadwerkelijke verbruik is niet constant op dat piekvermogen en fluctueert (of groeit gedurende een jaar). In Annex A wordt hier dieper op ingegaan.

Tabel 1: maximaal gebruikt (piek) vermogen, gecontracteerd vermogen en technisch vermogen datacenters MRA (bron: Liander)

A	B			C			D			E		
	Aantal van EAN			Som van MW - max			Som van gecontracteerd vermogen actueel			Som van technisch vermogen		
	Okt 2020	April 2021	Feb 2022	Okt 2020	April 2021	Feb 2022	Okt 2020	April 2021	Feb 2022	Okt 2020	April 2021	Feb 2022
A'dam	29	29	29	97	99	105	131	130	132	265	265	265
H'meer	15	15	15	92	92	119	250	256	279	291	314	314
Overig	7	7	7	25	22	24	37	54	54	64	81	81
Totaal	51	51	51	214	213	248	418	440	465	620	660	660

Uitleg van de begrippen:

- *EAN*: De EAN-code (European Article Number) is een uniek getal van 18 cijfers. Elke gas- en elektriciteitsaansluiting in Nederland heeft haar eigen EAN-code. Deze staat in de statistieken van netbeheerders voor de meter van de locatie. Een extra EAN is in die statistieken een extra locatie.
- *Technisch vermogen (Kolom E)*: Technisch vermogen is het elektriciteitsvermogen dat de kabel en de aansluitingen gezamenlijk maximaal aan kunnen. Het is de grootste waarde die Liander bijhoudt ten aanzien van datacenters. Komt het vermogen boven deze waarde dan kunnen de kabel, de aansluitingen en de apparatuur in het datacentrum worden beschadigd.

- Om dit te voorkomen zijn voorzorgsmaatregelen geïnstalleerd vergelijkbaar met stoppen in een stoppenkast. Het technisch vermogen wordt weergegeven in mega-volt-ampère (MVA).
- *Gecontracteerd vermogen (Kolom D):* Een datacenter contracteert capaciteit bij de netbeheerder. Dit wordt weergegeven in megawatt (MW). Alhoewel MW technisch gesproken niet hetzelfde is als MVA, zijn de twee vergelijkbaar genoeg om ze in deze context gelijk te kunnen stellen.¹⁵ Hiermee kan de netbeheerder bepalen of een onderstation nog voldoende capaciteit heeft. Dit gecontracteerde vermogen wordt echter maar zelden volledig door een datacenter (of een andere energieafnemer) gebruikt (zie paragraaf 3.7). Gecontracteerd vermogen vertaalt zodoende niet 1 op 1 door naar daadwerkelijk gebruik. Voor netbeheerders is het gecontracteerde vermogen leidend om te bepalen of een onderstation vol zit. Congestie op een onderstation betekent dus meestal niet dat er geen stroom kan worden geleverd, maar dat de capaciteit van het onderstation volledig is gecontracteerd. Datacenters hebben vaak een rechtstreekse koppeling op onderstations. Colocatie datacenters maken gebruik van het middenspanningsnet en hyperscalers van het hoogspanningsnet.
 - *Piekvermogen (Kolom C):* Het piekvermogen is het hoogste vermogen (het hoogste aantal MW) dat op de locatie wordt afgenomen. In principe mag deze waarde niet boven het gecontracteerde vermogen uitkomen. Als het piekvermogen boven het gecontracteerde vermogen uit komt, dan hoeft dit nog geen probleem te zijn, zolang het piekvermogen van alle gebruikers op dat moment op dat onderstation maar niet het technisch vermogen overstijgt.
 - *Daadwerkelijk verbruik (Bron CBS) :* Voor het daadwerkelijke verbruik van elektriciteit door datacenters in de regio rond een onderstation wordt het jaarverbruik bijgehouden (uitgedrukt in MWh). Dit geeft het verbruik van de EANs die aanwezig zijn in dat gebied.
 - *Gemiddeld verbruikt vermogen:* Het gemiddeld verbruikt vermogen is het daadwerkelijk verbruik (in MWh) gedeeld over het aantal jaren en uren in een maand of jaar. Door dit te vergelijken met het piekverbruik wordt zichtbaar of het verbruik van het datacenter constant of juist variabel is. Bij datacenters verwachten we stabiel verbruik. Stabiel hoeft niet te betekenen dat het gelijkblijvend is, maar wel dat het verschil tussen piekvermogen en gemiddeld constant is en gelijkblijvend met de groei.

Bij hyperscalers werkt dit anders: bedrijven als Google en Microsoft hebben meer grip op hun infrastructuur en meer mogelijkheden om hun centra optimaal te laten functioneren. Hierdoor zouden ze beter in staat moeten zijn om de aansluitcapaciteit en afgenomen energie op elkaar te laten aansluiten. De bouw van hyperscale datacenters gebeurt echter veelal in fasen, waardoor het een aantal jaren kan duren voordat het maximum vermogen wordt bereikt. Ook voor hyperscalers geldt dat er verschillen zijn tussen gecontracteerd vermogen, piekvermogen, daadwerkelijk en gemiddeld verbruik.

Een belangrijke bron van informatie zijn de sociale jaarverslagen van bedrijven. Hierin wordt de ecologische impact beschreven, zo kan achteraf inzicht worden verkregen. Voor het maken van sectorbrede inschattingen is deze informatie echter nauwelijks geschikt. Het RVO en TNO hebben

¹⁵ MVA en MW zijn niet 1 op 1 hetzelfde. MVA betreft blindvermogen, de daadwerkelijke capaciteit is afhankelijk van de fase. MW betreft de daadwerkelijke spanning en stroomsterkte. MVA is daarmee een bovenste limiet en MW het praktische gebruik.

wel pogingen gedaan om met sectorbrede schattingen te komen. Deze informatie vindt u in Annex A. Daar wordt ook beschreven welke problemen er zijn met de tot nu toe verzamelde getallen.

In de overheidsbronnen zijn grote verschillen in elektriciteitsverbruik en energieverbruik van datacenters en de ICT-sector te vinden. In Annex A staan voorbeelden zoals:

- In Nederland hebben RVO en TNO een poging gedaan om het energieverbruik van de ICT sector als geheel te modelleren. Deze cijfers lieten jarenlang een dalend energieverbruik zien. Begin 2022 was er met terugwerkende kracht een correctie op het stroomverbruik van 30-50% naar boven.
- In het kader van de MJA3 afspraken volgde RVO het energieverbruik van 40 bedrijven in de ICT-sector, maar de hyperscale datacenters van Google en Microsoft werden niet meegerekend, want die werden pas gedurende de monitoring gebouwd. Daarbij wordt het energieverbruik van de ICT van andere sectoren niet meegenomen, dus die van datacenters van het Rijk of de financiële dienstverlening wordt tot andere sectoren gerekend.
- De classificatie van sectoren en bedrijven in sectoren is ook problematisch. Niet elk bedrijf dat datacenters exploiteert wordt gerekend tot de ICT-sector. Dit heeft onder andere te maken met de SBI-code waaronder het bedrijf zich inschrijft bij de Kamer van Koophandel. Volgens het CBS stijgt het elektriciteitsverbruik van de ICT-sector naar 4,4TWh, maar in bijna gelijke mate met de afname van de sector overheid en de financiële sector. Het totaal blijft net onder de 9TWh. In hoeverre dit verbruik van een sector is of verschuivingen tussen sectoren is niet duidelijk.
- Extra problematisch zijn de extrapolaties door adviesbureaus, die weer de basis vormen van beleid. Zo maken Tennet en Liander in hun planning gebruik van extrapolaties die aannemen dat in de komende 10 jaar in Nederland 10-20 datacenters van een omvang van die van Meta zullen worden gebouwd. De aannames die hier aan ten grondslag liggen lijken niet realistisch of blijken niet uitgekomen. In het huidige politieke klimaat lijkt het niet aannemelijk dat er nog 2000MW aan datacenter capaciteit zal worden gerealiseerd.

Annex A gaat verder op deze verschillen in. Het laat vooral zien dat er grote nood is aan betere monitoring van het energieverbruik en elektriciteitsverbruik van de sector.

5.4 Oorzaken van verschillen tussen analyses

In Annex A van deze rapportage blijkt dat verschillende partijen verschillende getallen noemen voor het elektriciteitsverbruik van en vereiste vermogen voor datacenters in Nederland. Deze verschillen ontstaan gedeeltelijk doordat de ene partij uit gaat van gecontracteerd vermogen en een andere partij rapporteert het elektriciteitsverbruik. Dit zijn twee verschillende grootheden, waarbij de omrekening van de een naar de ander geen vaste verhouding kent. Toch wordt er soms op basis van vermogen omgerekend naar verbruik en andersom, of wordt een van beide gebruikt voor een onterechte extrapolatie. In Annex A staan hier voorbeelden van.

De oorzaken van de verschillen in analyses van het energieverbruik en de benodigde vermogenscapaciteit van de sector ontstaan veelal door 'vertaalfouten' en het vergelijken van ongelijke grootheden.

- Verbruik en vermogen worden vaak door elkaar heen gebruikt : energieverbruik wordt in Joule uitgedrukt. Hierbij geldt dat 1 Watt gelijk staat aan 1 Joule energie per seconde. Vermogen kan zowel in eenheid Watt (W) als de eenheid Volt-Ampere (VA) worden

uitgedrukt, deze betekenen hetzelfde. Voor het elektriciteitsverbruik van datacenters wordt in Megawatt per uur (MWh) gerekend. Dat is het equivalent van een Megawatt vermogen voor een uur. Omgerekend is dat 3,6 miljard Joule. Een MWh kan echter over een langere of kortere periode dan een uur worden verbruikt, dit is afhankelijk van het vermogen. Een aansluiting waarover 10 Megawatt vermogen wordt afgenomen verbruikt 1 MWh iedere 6 minuten.

- Een andere belangrijke valkuil is dat technisch vermogen, gecontracteerd vermogen (MW), piekvermogen (MW) en daadwerkelijk gebruik (MWh) door elkaar worden gebruikt. Paragraaf 4.2 laat zien dat wat theoretisch maximaal verbruikt kan worden, niet wat daadwerkelijk wordt verbruikt. MW is een definitie van hoe breed de elektriciteitsaansluiting is. MWh is de waarde van hoeveel elektriciteit er daadwerkelijk over de aansluiting is afgenomen.
- Semantische valkuilen: In veel analyses worden elektriciteit- en energieverbruik door elkaar gehaald. Energieverbruik verwijst ook naar andere vormen van energie, zoals fossiele brandstoffen. In Nederland is deze van belang omdat aardgas vaak de belangrijkste energiebron is voor bedrijven. Elektriciteit wordt gebruikt voor verlichting, kantoor en bepaalde machines, maar de energie intensieve processen in de industrie en transport verbruiken vooral aardgas en aardolie. De energietransitie richt zich er op om deze fossiele energiebronnen te vervangen door hernieuwbare energiebronnen, die veelal worden omgezet in elektriciteit. Door het elektriciteitsverbruik van datacenters te vergelijken met alleen het elektriciteitsverbruik van andere bedrijven en niet met het totale energieverbruik (o.a. uit fossiele brandstoffen) van die bedrijven of sectoren ontstaat een ongelijke vergelijking. Ter illustratie, het elektriciteitsverbruik van Tata zal maar een heel klein deel zijn van haar energieverbruik. Tata verbruikt op dit moment veel steenkool en onderzoekt nu of het kan overstappen op andere energiebronnen. Als Tata Steel zou overstappen op elektriciteit, dan behoeft het mogelijk 5-6 GW (!) aan vermogen.¹⁶
- Datacenters vervangen vaak energieverbruik van bestaande servers in rekencentra of serverruimtes elders, maar het energieverbruik van de rekencentra en serverruimtes was meestal niet zichtbaar in de landelijke statistieken over elektriciteitsverbruik en energieverbruik van sectoren. Als dezelfde computers worden verplaatst naar datacenters worden ze wel zichtbaar in de statistische gegevens over het elektriciteitsverbruik van de datacenters in Nederland. Energieverbruik van datacenters wordt vaak gezien als 'extra' energie die wordt gebruikt, terwijl bijvoorbeeld colocatie datacenters al bestaande servers clusteren. Waar de energie eerst verdeeld over meerdere plekken werd gebruikt, wordt deze nu centraal in een datacenter gebruikt. Dit leidt maar zelden tot een toename in verbruik en vaker tot afname, omdat er efficiënter met de energie wordt omgegaan. Het Rijk was hier een goed voorbeeld van, toen ze haar 64 rekencentra sloot en over ging op 4 datacenters.

5.5 Hoe te komen tot een goede analyse van het energieverbruik?

De analyse van het energieverbruik van datacenters speelt voor overheden meestal op twee niveaus, die van het individuele datacenter en die van de sector als geheel. Voor beide niveaus volgt hier een korte uitleg hoe het energieverbruik kan worden geanalyseerd.

- **Individueel:** De start van de analyse van het (mogelijke) energieverbruik van een datacenter begint bij het gecontracteerde vermogen. Het datacenter betaalt voor gecontracteerd

¹⁶ *Tata Steel kiest voor waterstof, kolen uitgefaseerd, RTL Nieuws, 15 september 2021*
<https://www.rtlnieuws.nl/economie/bedrijven/artikel/5254460/tata-steel-waterstof-co2-ccs-subsidie-overheid>

vermogen, maar het extra vermogen boven het daadwerkelijk gebruik is tegen relatief lage kosten in te kopen. Daarom kopen datacenters vaak om strategische redenen extra capaciteit in. Het daadwerkelijke verbruik is afhankelijk van zowel de bezettingsgraad van het datacentrum als van het piekvermogen. Zit een datacenter vol, dan geeft het piekvermogen een indicatie van het te verwachten verbruik. Is het datacenter nog niet volledig bezet, dan mag verwacht worden dat het nog verder wordt gevuld. Voor een nieuw te bouwen datacenter is het ook van belang om te weten hoe zeker de verwachtingen van de eigenaar zijn. Een eigenaar van een hyperscale datacenter weet zeer goed wat het te verwachten vermogen en verbruik is. Een colocation datacenter weet dat veel minder goed.

- Sector: Het energieverbruik van de sector vereist vooral inzicht in het gecontracteerde elektriciteitsvermogen, piekvermogen en verbruik van alle grotere datacenters, zoals bekend bij de netbeheerders en datacenters. Het technisch vermogen is interessant voor de statistieken, maar heeft weinig praktische waarde voor beleid. Voor de datacenter monitor die Stratix voor de MRA-regio ontwikkelde is er vanuit gegaan dat initieel de gegevens van zowel netbeheerders als datacenters worden verzameld, om zo te weten of er discrepanties zijn in rapportages. Het is ook van belang om te laten zien wat de verhoudingen zijn tussen deze getallen en de trendlijnen. Met extrapolatie dient zeer voorzichtig te worden omgesprongen, zowel naar de toekomst toe als over de gehele sector. De ervaring leert dat cijfers moeilijk vergelijkbaar zijn.

Voor beide niveaus geldt dat het zaak is om te blijven monitoren hoe de getallen zich ontwikkelen en of ze nog correct zijn.

Een derde niveau is die van de efficiëntie van deze datacenters. Wordt de energie die in het datacenter wordt gestopt ook efficiënt gebruikt? Dit wordt in hoofdstuk 7 besproken.

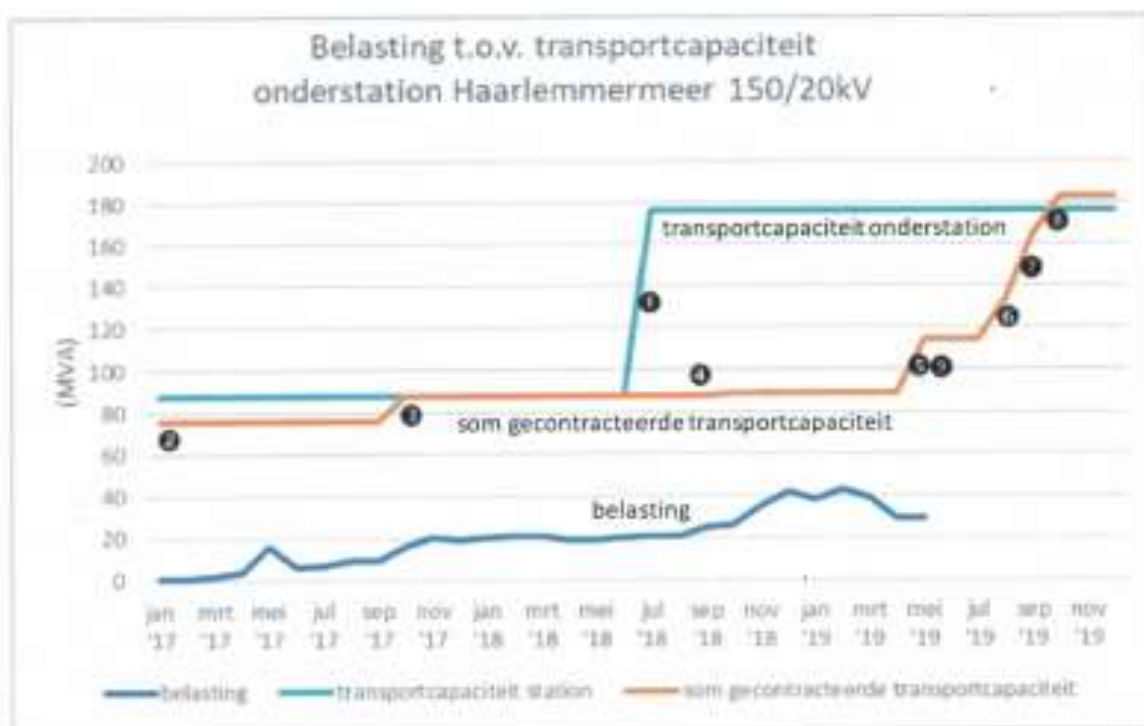
5.6 Discussie

De cijfers in deze paragraaf en die in Annex A laten zien dat er veel onduidelijkheid bestaat over het benodigde vermogen in elektriciteitsnetwerken voor datacenters en het elektriciteitsgebruik van datacenters. Het is ingewikkeld om op basis van openbare bronnen de vermogensvraag en het elektriciteitsverbruik van datacenters vast te stellen, het is ingewikkeld om deze te modelleren en lastig om deze te interpreteren. Het is in zekere zin zo dat datacenters veel elektriciteit vragen van een netwerk en dat kan in sommige gebieden zorgen voor capaciteitsproblemen. Datacenters verbruiken de elektriciteit wel efficiënter dan de rekencentra en serverruimtes die ze vervangen. Ze clusteren een verbruik die er eerder ook was. Het gaat dus niet om het energieverbruik per se, maar om waar in Nederland ze kunnen worden ingepast in het elektriciteitsnetwerk en de energietransitie. Rond de ene locatie of stad komt er capaciteit vrij in het elektriciteitsnetwerk, terwijl er elders vraag bij komt. Concentratie van datacenters bespaart op veel locaties in Nederland en in Europa elektriciteit en concentreert dit elektriciteitsverbruik op een beperkt aantal locaties.

Specifiek bij het vergelijken van verbruikscijfers is een grote kans op fouten. Er zijn dermate veel manieren om verbruik te meten of te definiëren dat de meeste te vinden cijfers (als ze al kloppen) niet één op één te vergelijken zijn met cijfers in andere sectoren. De beste manier om dit toch te doen is het vergelijken van cijfers uit dezelfde bron. Zelfs dan kunnen er definitiekwesties optreden, aangezien datacenters soms onder verschillende sectoren worden geschaard. Het meest ideaal lijkt het te zijn om voor colocation en hyperscale datacenters uit te gaan van de waardes die door de

netbeheerders worden geregistreerd, aangevuld met die van de datacenters. Hierbij is ook een koppeling nodig met de efficiëntie van de datacenters, die zijn eigen complexiteit kent.

Bij de beoordeling van de inpassing van nieuwe en bestaande datacenters in de elektriciteitsnetwerken is het van belang om goed te weten wat het verschil zal zijn tussen gecontracteerd vermogen en piekvermogen en in hoeverre dat verschil stabiel is. Netbeheerders mogen in principe niet teveel gecontracteerd vermogen verkopen, maar mogelijk is er wel een tijdelijk oplossing wanneer investeringen in de vergroting van capaciteit gepland zijn. Ook dient er aandacht te zijn voor het daadwerkelijk gebruik van het gecontracteerde vermogen, want de claim lijkt soms groter dan benodigd. In 2021 diende er bij de Hoge Raad een cassatieverzoek waarbij juist het verschil tussen gecontracteerde en daadwerkelijk gebruikte capaciteit een onderdeel was van het geschil.¹⁷ Een grafiek gaf dat verschil tussen belasting en gecontracteerd vermogen goed weer. De belasting steeg niet, maar alle nieuwe capaciteit werd wel gecontracteerd.



Figuur 5: het verschil tussen gecontracteerd en daadwerkelijk gebruikte capaciteit (bron: Hoge Raad)

Er is in toenemende mate wel inzicht in de capaciteitsvraag en het verbruik van de grotere datacenters. Dit is een positieve ontwikkeling. Inzicht in het verbruik van rekencentra en serverruimtes die ze vervangen is daarentegen zeer beperkt. Het Rijk is een van de weinige organisaties die communiceerde over wat voor besparing het sluiten van haar rekencentra opleverde in energieverbruik. Voor andere organisaties is het vaak niet duidelijk of ze nog eigen rekencentra en serverruimtes hebben en wat die verbruiken, of wanneer ze gesloten zijn, wat de besparing in energieverbruik was. Het is daardoor niet goed mogelijk om te laten zien welk percentage van het energieverbruik van de datacenters ingevuld wordt door toepassingen en servers die daarvoor in rekencentra en in serverruimtes van bedrijven stonden en vaak minder efficiënt waren. Daarnaast is het ook uiterst onduidelijk wat de extra vraag naar rekenkracht en datacentercapaciteit is die

¹⁷ Zie Liander vs Schenkeveld, Nummer 20/01410, Zitting 12 februari 2021 <https://uitspraken.rechtspraak.nl/inziendocument?id=ECLI:NL:PHR:2021:134>

ontstaat door nieuwe toepassingen. Denk hierbij aan toepassingen die nieuw waren voor de maatschappij, zoals streaming video, social media en dergelijke, maar ook online platformen, zoals Adyen, Booking.com en Just Eat. Daarbij moet gezegd worden dat ook deze platformen in enige mate minder efficiënte voorgangers vervangen. Dit maakt de maatschappelijke discussie complex.

5.7 Conclusie

Bij de analyse van het energieverbruik van datacenters is zorgvuldigheid geboden. Het daadwerkelijk verbruik dient leidend te zijn. Waar dat niet beschikbaar is, kan het gecontracteerde vermogen voor elektriciteit een beeld geven. Dit zal een te hoge waarde zijn, maar het geeft wel inzichten waar de netbeheerder rekening mee houdt. Ook de mate van groei van de sector is onzeker. De aannames die nu door sommige netbeheerders worden gebruikt lijken niet reëel. Het is niet waarschijnlijk dat er 10 tot 20 datacenters ter grootte van de plannen die Meta in Zeewolde had, bijkomen in Nederland tot het jaar 2030.

Verbeterde monitoring is van het grootste belang, ICT is belangrijk voor de economie. ICT efficiënt inzetten met een zo laag mogelijk energieverbruik is ook van groot belang, zeker met de grote opgaven die de energietransitie mee brengt. Betere monitoring en analyse van de ICT-sector is essentieel voor goed beleid. Op korte termijn is het mogelijk om betere monitoring van de colocatie en hyperscale datacenters en hun verbruik te realiseren. Die gegevens zijn veelal bekend en kunnen worden verzameld. Het meten van de besparingen door de vervanging van rekencentra en serverruimtes zal moeilijker zijn. Deels omdat de transitie al in volle gang is of soms al is afgerond. Deels omdat organisaties intern geen goede registratie hebben van hun stroomverbruik.

6 Water

Zoals in paragraaf 4.2 'gebouwtype' al werd beschreven, kunnen datacenters water gebruiken voor koeling. Dit kan industriewater, gezuiverd oppervlaktewater, hemelwater, gezuiverd rioolwater of drinkwater zijn. Er is in de pers veel aandacht voor het waterverbruik van datacenters, waarbij het waterverbruik van datacenters als bedreiging voor de drinkwater voorziening wordt gezien.

6.1 Waar gebruiken datacenters water voor?

Datacenters gebruiken water vooral voor de koeling van het datacenter. De warmte die wordt gegenereerd door de computers in het datacenter moet worden afgevoerd. De verschillende wijzen van koeling worden elders besproken, maar de watergerelateerde hoofdvormen zijn;

- Koud water wordt door het datacenter heen geleid, waar het de warmte van het datacenter opneemt en afvoert naar buiten het datacenter. Hier kan de warmte worden afgegeven aan de buitenlucht en/of oppervlaktewater of worden geleverd aan een warmtenet.
- In het geval buitenlucht wordt gebruikt voor koeling, kan het op zeer warme dagen de buitenlucht eerst koelen, voordat het door het datacenter wordt geleid. Dit gebeurt wanneer de buiten temperatuur boven de 25-29 graden is. Zonder koeling kan de lucht dan de warmte in het datacenter niet genoeg opnemen en afvoeren. De inkomende lucht wordt gekoeld door water te verdampen. In Nederland zou dit volgens de datacenters op een beperkt aantal dagen per jaar nodig zijn (gemiddeld 5).

De wijze waarop datacenters water gebruiken verschilt per datacenter en per locatie.

6.2 Hoe gebruiken datacenters water?

Datacenters gebruiken verschillende soorten water om het datacenter te koelen. In Nederland gebruiken datacenters op dit moment vooral:

- Drinkwater
- Oppervlaktewater
- Industriewater
 - o Industriewater kan dezelfde oorsprong hebben als drinkwater (grondwater of oppervlaktewater) maar hoeft minder gezuiverd te zijn. Voor industriewater zijn specifieke netwerken van leidingen aangelegd.
 - o Industriewater kan ook uit andere bronnen komen dan die lokaal worden gebruikt voor drinkwater, bijvoorbeeld uit industriële processen, zeewater of oppervlakte water.¹⁸

¹⁸ Het industriewaternet van de regio Amsterdam is aangelegd eind jaren 60 van de vorige eeuw. Het industriewater wordt geleverd aan Waternet door de N.V. Watertransport Maatschappij Rijn Kennemerland (WRK). Industriewater heeft hier dus niet dezelfde oorsprong als drinkwater, maar is voorgezuiverd rivierwater uit het lekkanaal in Nieuwegein

Buiten Nederland gebruiken datacenters ook andere soorten water, zoals:

- Grondwater
- Zeewater
 - o Een datacenter van Google in Finland gebruikt zeewater voor koeling.
 - o Microsoft experimenteerde met een datacenter dat werd afgezonken in zee en door het omliggende water werd gekoeld.

Het gebruikte water verdampt en/of wordt geloosd in het oppervlakte water of in het riool. De wijze waarop dit plaatsvindt is afhankelijk van de lokale situatie.

Het gebruik van water voor het koelen van datacenters en gebruik in andere industriële processen leidt soms tot de vraag of er wel voldoende drinkwater en water voor bewatering van gewassen beschikbaar is. Toch is het volgens waterbedrijven niet zo dat het drinkwatergebruik van datacenters concurreert met dat van consumenten. In Nederland heeft drinkwater gebruik door consumenten ook altijd voorrang op het gebruik van drinkwater voor industriële processen. Voor oppervlaktewater en andere bronnen voor drinkwater gelden ook afspraken welke toepassingen prioriteit hebben.

Waterbedrijven zeggen dat drinkwatergebruik voor koeling (van o.a. datacenters) niet altijd onwenselijk is. Een drinkwaterbedrijf wees Stratix er op dat de basis voor industrieel water en drinkwater in een bepaalde regio hetzelfde oppervlakte water is. Drinkwater ondergaat meestal extra filtering en controle ten opzichte van industrieel water. Hierdoor is voor industrieel water een separate leidinginfrastructuur nodig. Een datacenter zal dan twee waterleiding-aansluitingen nodig hebben; een drinkwateraansluiting en een andere leiding voor industrieel water. Redenen om alleen drinkwater te gebruiken kunnen zijn:

- omdat het waterleidingbedrijf dan maar één leiding hoeft aan te leggen,
- het verbruik van het datacenter kan bijdragen aan minder stilstand in de leidingen en het vermindert de noodzaak voor (extra) spoelen van leidingen.¹⁹

In dergelijke gevallen kan het gebruik van drinkwater door een datacenter niet onwenselijk zijn vanuit het perspectief van het drinkwaterbedrijf.

Er wordt wel eens gedacht aan een maatstaf voor de water efficiëntie van datacenters. In 2022 publiceerde de ISO een standaard die ondersteund bij de analyse van de effectiviteit van de inzet van water in de koeling van datacenters (Water Usage Effectiveness). De analyse kijkt onder andere naar de wijze waarop het waterverbruik moet worden geanalyseerd, piek verbruik en de mate van hergebruik van water.²⁰

¹⁹ Zie onder andere

<https://www.infomil.nl/onderwerpen/integrale/activiteitenbesluit/activiteiten/afvalwater/schoonmaken/>

²⁰ SO/IEC 30134-9:2022 Information technology — Data centres key performance indicators — Part 9: Water usage effectiveness (WUE), <https://www.iso.org/standard/77692.html>

Drinkwaterbedrijven hebben wel aangegeven te onderzoeken in hoeverre datacenters over kunnen op industrieel water. Een voorbeeld van overstap van drinkwater naar industrieel water is het datacenter van Google in Groningen. Waar het tot voor kort drinkwater gebruikte, gebruikt het nu industrieel water. Dit industrieel water komt uit oppervlaktewater uit het Eemskanaal, dat gefilterd is totdat het gebruikt kan worden als industriewater²¹. Dit water wordt geleverd door een samenwerking van het Waterbedrijf Groningen en waterbedrijf Evides onder de naam North Water. Hiervoor is een transportleiding van de stad Groningen naar de Eemshaven gelegd, waar ook een drinkwaterleiding naast is gelegd voor drinkwatergebruik van consumenten. Dit drinkwater wordt in dezelfde faciliteit gemaakt van hetzelfde oppervlaktewater uit het Eemskanaal. Mogelijk dat in de toekomst voor het industrieel water ook effluent (rioolwater) kan worden gebruikt. Een dergelijke samenwerking tussen datacenter en waterbedrijf kan een alternatief zijn voor datacenters die zelf een zuiveringsinstallatie voor oppervlaktewater willen realiseren.

6.3 Wat gebeurt er met water voor en na gebruik?

Water dat wordt gebruikt, komt ergens vandaan en gaat ergens naar toe. In het datacenter wordt het water gebruikt en daardoor verandert het. Ruwweg kunnen er drie dingen mee gebeuren:

- Verdamping in de lucht.
- Lozing op oppervlaktewater.
- Lozing in het riool.

Na gebruik vrijgekomen water moet voldoen aan de eisen die hieraan worden gesteld ten aanzien van onder andere milieu en gezondheid.

Voordat het water kan worden gebruikt in een datacenter wordt het behandeld. De wijze waarop is afhankelijk van het type water dat wordt gebruikt en het systeem waar het in wordt gebruikt. Voorbeelden zijn:

- Drinkwater: verwijderen van kalk, ijzer en andere mineralen die nog in het water voorkomen ter voorkoming van kalksteen.
- Oppervlaktewater: Verwijderen van deeltjes, bacteriën, algen en mineralen.

De wijze waarop dit gebeurt kan onder andere bestaan uit filters, membranen en chemicaliën van verschillende aard, bijvoorbeeld zout om kalk en ijzer te binden, maar ook andere chemicaliën die bijvoorbeeld algengroei tegengaan. Het gebruik is gebonden aan regels.

Water dat wordt geloosd moet ook aan regels voldoen. Het water mag bijvoorbeeld niet te heet zijn of te hoge concentraties van bepaalde stoffen bevatten. Dit kan betekenen dat het residu moet worden gefilterd van schadelijke stoffen voor milieu en omgeving, waarbij de schadelijke stoffen separaat worden afgevoerd. Het kan ook zijn dat water waarin een te hoge concentratie stoffen zit moet worden verdund met water, voordat het geloosd mag worden.²² Het bevoegd gezag, meestal

²¹ Er zijn ook vormen van industrie water die "schoner" zijn dan drinkwater. Demiwater (gedemineraliseerd) water is ontdaan van allerlei mineralen, zoals kalk, ijzer, chroom die drinkwater zitten. Het menselijk lichaam heeft dergelijke mineralen vaak ook nodig. Industriële toepassingen kunnen er een voorkeur voor hebben om deze mineralen uit het water te halen of demiwater via een leiding te krijgen aangeleverd, bv om kalkvorming tegen te gaan, of omdat de mineralen problemen in chemische processen veroorzaken.

²² <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/waterkwaliteit/maatregelen-waterkwaliteit/waterkwaliteit-en-lozingen-afvalwater#vergunningen-lozen-afvalwater>

de provincie, waterschappen, Rijkswaterstaat of de omgevingsdiensten, onderzoekt dit aan de hand van de emissie-immisietoets.

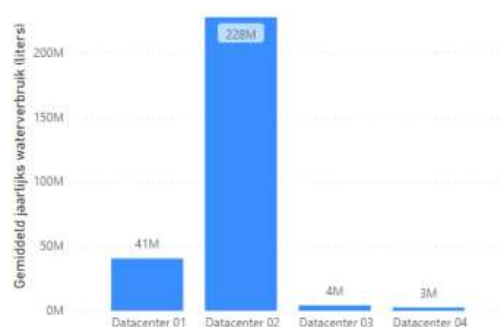
6.4 Waterverbruik datacenters in de pers

In de pers is in 2021 en 2022 ruim aandacht geweest voor waterverbruik van datacenters. De wijze waarop het onderwerp in de aandacht kwam en de wijze waarop feitelijk juiste en onjuiste getallen werden gepresenteerd en besproken zijn voor de lezers mogelijk leerzaam.

Het begon met een vraag van de Provincie Noord-Holland naar waterverbruik van datacenters. In 2020 gaf de provincie opdracht voor een eerste verkennend onderzoek aan GreenIT naar waterverbruik van datacenters. Vijf datacenters werkten mee. Van deze vijf hadden vier informatie over waterverbruik. Het gemiddelde jaarlijkse drinkwaterverbruik varieerde van 3000m³ tot 228.000m³ per jaar. De betrokken datacenters zijn niet geïdentificeerd. In een webinar waar de resultaten besproken worden, worden de datacenters ook niet geïdentificeerd.²³ Het onderzoek bevatte geen informatie over het energieverbruik, het oppervlakte, aantal racks of andere gegevens over het aantal computers in het datacenter, waardoor de genoemde getallen niet kunnen worden geduid of gerelateerd.

Verbruikshoeveelheden water

Onderstaande tabel geeft de hoeveelheden water weer die door de datacenters verbruikt zijn.



Figuur 6: waterverbruik van 4 datacenters, niet die van Microsoft (bron: Green-IT)

Naar aanleiding van dit onderzoek heeft de provincie Noord-Holland aan de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied (OD NZKG) opdracht gegeven om vervolgonderzoek uit te voeren naar water- en energiegebruik vanwege koeltechnieken bij datacenters. Deze opdracht wordt in het vierde kwartaal 2022 afgerond door de OD NZKG.

Op 18 maart 2021 kopte De Telegraaf: 'Datacenters slurpen zoveel water dat er mogelijk te weinig voor huishoudens overblijft.' Gedoeld werd op bedrijventerrein Agriport in Middenmeer waar Google en Microsoft elk een datacenter hebben. De Telegraaf maakte uit interne stukken van de provincie Noord-Holland op dat de twee datacenters 525.000 liter drinkwater per uur gebruiken. Op jaarbasis zou dat 4,6 miljoen m³/4,6 miljard liter drinkwater zijn en in de toekomst 10 miljoen m³ als alle

23 Onderzoek waterverbruik door datacenters in de provincie Noord-Holland, Green IT, 2 september 2020, te vinden op https://www.noord-holland.nl/Onderwerpen/Water_Bodem/Publicaties/Onderzoek_waterverbruik_datacenters

voorzien datacenters in bedrijf komen.²⁴ Het bericht kreeg nationale aandacht en werd in veel andere media aangehaald.

In de berichtgeving werd verwezen naar het onderzoek van GreenIT en de webinar, maar de genoemde getallen komen niet uit het onderzoek en niet uit de webinar. Vanuit zowel de waterbedrijven als de datacenter sector kwam kritiek op de berekeningen. PWN, het drinkwaterbedrijf, in Noord-Holland meldde dat zij 0,6 miljoen m³ /600 miljoen liter drinkwater voor koeling leverde, waarvan niet alleen aan datacenters.²⁵ De sector wees er op dat de extrapolatie van de genoemde getallen niet correct was. De krant ging er van uit dat de datacenters 24/7 en het hele jaar door met deze hoeveelheid drinkwater gekoeld moeten worden. Het water wordt echter alleen op de heetste dagen van het jaar gebruikt, wanneer openluchtkoeling niet mogelijk is. Op de site van de gemeente Hollands Kroon werd gecommuniceerd dat het waterverbruik ongeveer 20 miljoen liter bedroeg. Dit was het verbruik in 2018. In 2022 werd dit bijgewerkt tot 75 miljoen liter, omdat het datacenter van Microsoft uitgebreid was.

Tijdens de hittegolf-zomer van 2022 kwam het Noord-Hollands Dagblad met het bericht dat het datacenter 0,082 miljoen m³ (82 miljoen liter) had gebruikt. De berichtgeving in de pers deed vermoeden dat het om heel veel water ging en meer dan wat redelijk kon worden verwacht. Het was in ieder geval meer dan de 20 miljoen die eerder was gerapporteerd, maar niet veel meer dan wat al op de site van de gemeente stond.

Wat deze beide situaties laten zien is dat waterverbruik de publieke aandacht heeft, maar dat het niet snel duidelijk is voor perse en publiek wat voor verbruik veel of weinig is. De conclusie die hieruit kan worden getrokken is dat er meer feiten en cijfers nodig zijn voor een goede beoordeling. In de volgende paragraaf worden een aantal getallen bij elkaar gebracht.

6.5 Waterverbruik in Nederland voor verschillende toepassingen

Het CBS²⁶ publiceert statistieken ten aanzien van leidingwaterverbruik (drinkwater en leidingwater). Het totale leidingwaterverbruik in Nederland in 2020 was 1334 miljoen m³. Drinkwater voor huishoudens was in 2020 ongeveer 69%. Drinkwater voor bedrijven was 25% en industriewater was 6%. Het CBS heeft becijferd dat de bedrijfscategorie informatie en communicatie, waar datacenters onder vallen, ongeveer 1 miljoen kubieke meter leidingwater gebruikt. Dat is 0.08% van het totaal.

In antwoord op gestelde Kamervragen liet PWN, waterleverancier in Noord-Holland, in 2021 weten dat 0,6% van al het drinkwater, dat zij levert als koelwater, wordt geleverd aan de industrie als geheel. PWN leverde in 2020 106 miljoen m³ (106 miljard liter). Drinkwater dat wordt ingezet als

²⁴ DATACENTERS SLURPEN WATER. FEIT OF FICTIE?, Hans Oerlemans, H2O, Uitgave van Koninklijk Nederlands Water Netwerk. <https://www.h2owaternetwerk.nl/h2opremium/datacenters-slurpen-water-feit-of-fictie>

²⁵De berekeningen van de Telegraaf werden weersproken door het waterbedrijf PWN. Zij zegt dat 0,6% van haar drinkwater door industrie wordt ingezet als koelwater en daar zijn datacenters een deel van. PWN leverde in 2020 106 miljoen m³ (106 miljard liter) drinkwater. Tussen 0.6 en 0.7 miljoen m³ water voor koeling door industrie is 4 miljoen m³ minder dan dat in de pers werd gerapporteerd. Zie: De inwoners van Noord-Holland kunnen er altijd op rekenen dat er betrouwbaar drinkwater uit de kraan stroomt, vrijdag, 19 maart, 2021 <https://www.pwn.nl/over-pwn/pers-en-nieuws/drinkwater/de-inwoners-van-noord-holland-kunnen-er-altijd-op-rekenen-dat-er>

²⁶ Zie "Huishoudens gebruikten in 2020 meer water, bedrijven minder" <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2022/12/huishoudens-gebruikten-in-2020-meer-water-bedrijven-minder>

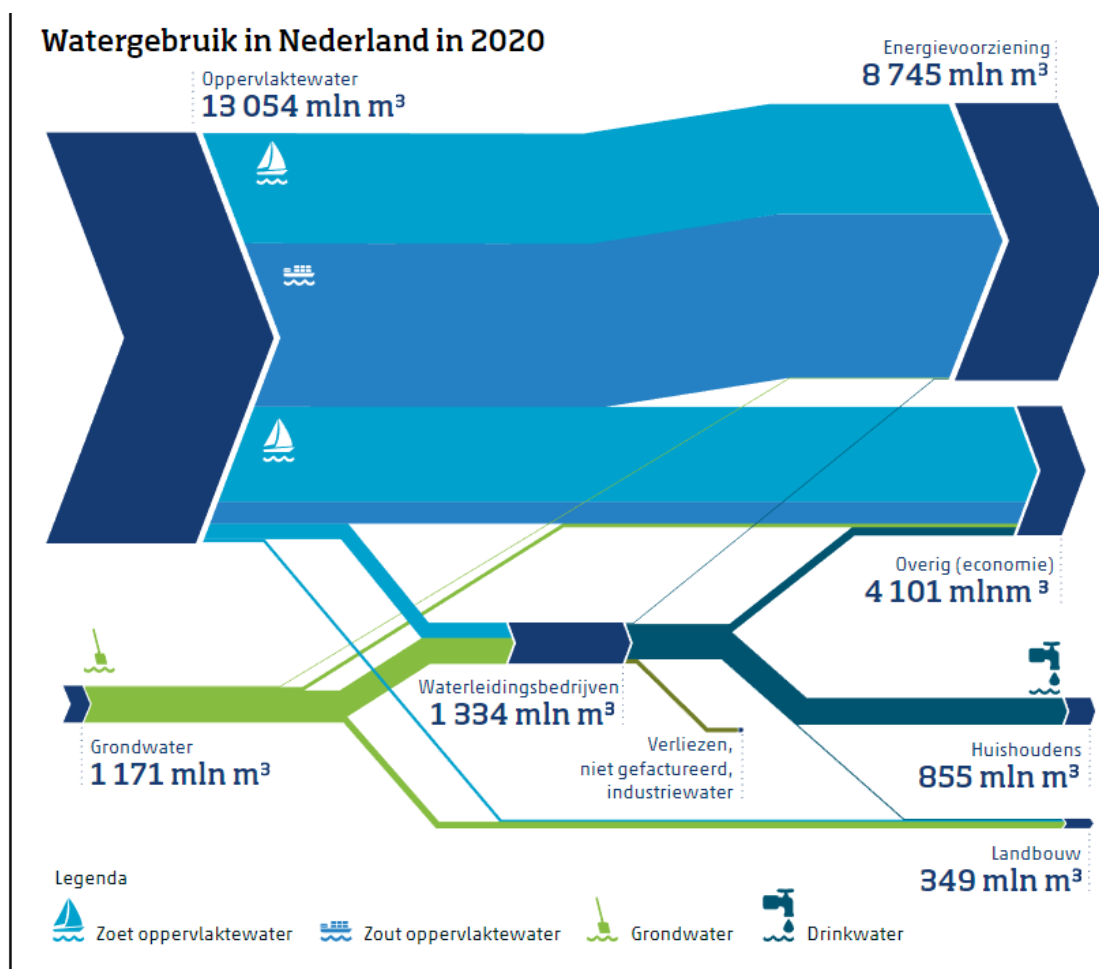
koelwater is hiervan tussen de 0.6 en 0.7 miljoen m³ water. Hiervan is 0,55 miljoen m³ voor datacenters.

Jaar	Huishoudens (drinkwater) (mln m3)	Bedrijven (drinkwater) (mln m3)	Bedrijven (industriewater) (mln m3)
2015	793,7	287	79,2
2016	805,3	290	83,9
2017	808,3	293,1	79,7
2018	837,2	302,8	80,6
2019	818,4	309,2	76,5
2020	855,3	303,3	77

1)Leidingwater bestaat uit drinkwater en industriewater

Figuur 7: levering water door waterbedrijven (bron: CBS 2022)

In de CBS rapportage staat ook een overzicht van het watergebruik van heel Nederland. De totale waterwinning in Nederland bedroeg 14.200 miljoen m³. Drinkwater is daar nog geen 10% van. Het grootste deel van het waterverbruik in Nederland is voor de energievoorziening en industriële toepassingen. Het wordt veelal ingezet als koelwater. Hier wordt zowel zoet als zout oppervlaktewater gebruikt. Ongeveer 51 miljoen m³ van het gewonnen grondwater is voor koeling, volgens het CBS.



Figuur 8: watergebruik in Nederland (bron: CBS 2022)

6.6 Discussie

Het waterverbruik van datacenters is minder groot dan dat sommige krantenkoppen doen vermoeden. Ten opzichte van het landelijke waterverbruik is 0,2 miljoen m³ (200 miljoen liter) beperkt en zeker geen aanleiding om tekorten te verwachten. Het landelijke beleid dat drinkwater voor burgers altijd prioriteit geeft is daarbij ook een waarborg. Dat betekent niet dat er geen aandacht moet zijn voor het drinkwaterverbruik van datacenters. Oppervlaktewater kan ook worden gebruikt voor koeling. Toch is het niet zo dat drinkwater niet gebruikt kan en mag worden. Het kan in enkele gevallen maatschappelijk efficiënter zijn om een datacenter drinkwater te laten gebruiken.

In het beleid dient ook duidelijk te zijn dat wanneer geen drinkwater maar industrieel water wordt gebruikt het water mogelijk wel uit dezelfde bron komt. Het verschil tussen industrieel en drinkwater is in de praktijk vooral een extra aantal filteringen en de toepassingen waarvoor het gebruikt mag worden. Het gebruik van industriewater hoeft dus niet te betekenen dat er minder oppervlaktewater wordt verbruikt. Ook dit geldt in de breedte voor de hele Nederlandse waterhuishouding en is niet specifiek voor datacenters.

6.7 Conclusie

De verschillende soorten waterverbruik worden vaak ten onrechte door elkaar heen gebruikt, is het drinkwater, grondwater of oppervlaktewater waarover men spreekt? Ook worden de eenheden van verbruik, in liters of kubieke meters, soms verkeerd gebruikt.

Het waterverbruik van datacenters is in vergelijking met het totaal aan waterverbruik in Nederland beperkt. Dat betekent niet dat er geen aandacht voor moet zijn. Besparingen zijn gezien de toenemende droogte overal van belang.

De sector heeft zelf ook werk te doen, door zijn watergebruik goed te rapporteren. De situatie met Microsoft in 2022 werd vooral veroorzaakt door onduidelijke communicatie. Ook de sector zelf heeft baat bij een transparante en realistische manier van communiceren, waarmee dergelijke situaties worden voorkomen.

7 Warmte, Koeling en Efficiëntie

In de discussie over datacenters gaat het vaak ook over de efficiëntie van de datacenters. Wat er precies mee wordt bedoeld blijft nog wel eens onduidelijk. Soms wordt er verwezen naar Power Use Efficiency, een relatieve waarde tussen totale energieverbruik van een datacenter en de voor de computers in het datacenter ingezette energie. Maar of dit terecht is en op welke wijze er meer naar kan worden gekeken wordt in dit hoofdstuk en in Annex B uitgelegd.

7.1 Waarom aandacht voor warmte, koeling en efficiëntie?

In de pers en politiek wordt vaak de vraag gesteld of datacenters niet minder energie kunnen gebruiken en efficiënter kunnen functioneren. Ook worden er vragen gesteld over de grootte van sommige datacenters en de noodzaak daarvan. Er zijn ook eisen aan datacenters om efficiënter te opereren. Datacenters zijn vanaf 2019 verplicht om energie te besparen door servers in de 'balanced mode' te zetten als ze niet worden gebruikt. Met dit verplichte 'powermanagement' kan 10 tot 15% energie worden bespaard. De Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied (OD NZKG) heeft het afgelopen jaar geprobeerd afspraken te maken met de sector, maar het akkoord werd op het laatste moment niet ondertekend. Daarom gaat de OD NZKG op verzoek van de gemeente Amsterdam handhaven op de uitvoering van deze wettelijke verplichting. Datacenters zullen worden gecontroleerd en lopen het risico een dwangsom opgelegd te krijgen.

Op het moment dat een datacenter powermanagement toepast, hoeft er veel minder gekoeld te worden en wordt er dus bespaard op elektriciteit én op koelwater. Een deel van de datacenters moet sinds 2019 al powermanagement toepassen, maar als in 2023 de wet Verbreding Energiebesparingsplicht ingaat, geldt dit voor alle datacenters in Nederland. Handhaving zal dus gelden voor de datacenters waar de verplichting nu al geldt, terwijl de andere centers worden aangemoedigd om volgend jaar te voldoen aan de wet. De sector heeft aangegeven voor de overgangperiode slechts een inspanningsverplichting aan te willen gaan, maar dat is volgens de gemeente Amsterdam onvoldoende.²⁷

7.2 Warmte

Computers in een datacenter zetten een groot deel van de energie uit de aangeleverde elektriciteit om in warmte. Hoe sneller de schakelingen in de chip aan en uit gaan, hoe meer berekeningen worden gedaan, hoe meer stroom de chips nodig hebben en hoe hoger het verbruik is. Dit geldt bij gelijkblijvende grootte van de schakeling, hoe kleiner een schakeling hoe minder energie er nodig is om deze om te zetten. De wet van Moore²⁸ zegt dat iedere 18 maanden het aantal schakeling op een bepaald formaat verdubbelt. Een kleinere schakeling heeft minder stroom nodig. Hierdoor daalt het energieverbruik van de chip. Een andere manier om energie te besparen is door een speciale schakeling te maken voor een specifieke veelvoorkomende berekening. Zo hebben de meeste CPU chips (bijv. Intel Pentium) speciale schakelingen voor versleuteling en ontsleuteling, zodat beveiligde internetcommunicatie sneller kan verlopen en met minder verbruik van energie.

²⁷ OD NZKG gaat handhaven op energiebesparing datacenters, 29-03-2022, <https://odnzkkg.nl/od-nzkkg-gaat-handhaven-op-energiebesparing-datacenters>

²⁸ Zie voor uitleg: <https://www.arm.com/blogs/blueprint/performance-per-watt>

De kwaliteit van de software die wordt gebruikt bepaalt uiteindelijk hoe efficiënt het elektriciteitsverbruik voor een bepaalde toepassing is. In hoeverre de applicaties die draaien in datacenters efficiënt gebruiken maken van de onderliggende chips en hardware is punt van discussie. Er zijn een aantal tegengestelde krachten die bepalen of er aandacht is voor efficiënt elektriciteitsverbruik voor toepassingen. Vooral wanneer de partij die de software maakt ook de partij is die de dienstverlening verkoopt, blijkt er aandacht te zijn voor de kwaliteit van software en de bijbehorende efficiëntie. Efficiënte software leidt tot lagere kosten en daarmee tot betere marges voor het bedrijf. Dit is in ieder geval de aanname in de industrie, maar of en hoe dit in de praktijk werkt voor clouddiensten is een complexe discussie, omdat niet alleen elektriciteitsverbruik een rol speelt, maar ook alle aspecten die bij een total-cost of ownership (TCO) analyse dienen te worden betrokken. Voorbeelden als Salesforce, Adyen, ArcGIS laten wel zien dat het voor veel bedrijven aantrekkelijker is om deze diensten in te kopen, dan er zelf een toepassing voor te ontwikkelen en/of deze in te kopen en op eigen servers te laten draaien.

Iedere schakeling die aan of uit gaat genereert warmte. Hoe sneller de chip, hoe meer warmte deze genereert. De chip raakt hierdoor oververhit. Het is om die reden dat chips worden gekoeld. In de veel situaties variërend van de smartphone en laptop tot de servers in datacenters, wordt de warmte afgegeven aan de lucht rond het apparaat. Ventilatoren zorgen ervoor dat de warme lucht snel wordt afgevoerd en koude lucht wordt aangezogen. Op deze manier kan de chip optimaal functioneren. De warmte die wordt afgevoerd verhoogt de temperatuur van de omgeving van de chip. De duizenden chips in een datacenter fungeren daardoor als een grote kachel.

7.3 Koeling

De temperatuur in een datacenter moet niet te hoog worden, want dan verliezen de chips hun functionaliteit. Om te voorkomen dat dit gebeurt wordt met lucht, warmtewisselaars of vloeistof gekoeld. Hoe beter er kan worden gekoeld, hoe meer racks in een datacenter passen en hoe zwaarder de chips worden belast. Dit verhoogt de efficiëntie van dat datacenter, afgemeten in computerkracht per energie eenheid. De koeling zelf vergt echter ook energie en heeft invloed op de efficiëntie van het datacenter. Op dit moment wordt de warmte van de koeling van datacenters afgegeven aan de omgeving, ofwel aan de lucht of aan het oppervlakte water. Of en hoe deze warmte kan worden hergebruikt is een belangrijk onderwerp van discussie en onderzoek. Het kan mogelijk een rol spelen in de energietransitie. In Annex B worden de verschillende vormen van koeling diepgaander besproken.

De eisen ten aanzien van de koeling van datacenters zijn in de afgelopen 20 jaar gewijzigd. Tot het jaar 2000 werd een temperatuur tussen de 20 en 22 graden Celsius als een belangrijke eis gezien. Dit zorgde ervoor dat de koeling van het datacentrum heel complex werd, omdat niet alleen de computers, maar ook de buitentemperatuur en zon het gebouw verwarmden. Daarbij was de afgifte van warme lucht aan de buitenlucht op warme dagen moeilijker, hetgeen de airconditioning extra complex maakt, bijvoorbeeld door extra waterkoeling. De American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) publiceerde in 2004 een aanbeveling voor de koeling van datacenters die stelde dat de temperatuur van datacenters bij voorkeur tussen 20 en 25 graden Celsius moest blijven. Een temperatuurbereik van 15 tot 32 graden Celsius was toegestaan. Dit maakt de inzet van koude gang/warme gang koeling mogelijk. Deze aanbeveling richtte zich vooral op grootzakelijke gebruikers als banken, multinationals en telecombedrijven. In 2011 werd de

aanbeveling uitgebreid met categorieën die zich richtten op de grootschalige colocatie datacenters en hyperscale datacenters. Hiervoor geldt een adviestemperatuur tussen de 5 en 45 graden.²⁹

Het grotere interval waarbinnen de temperatuur van een datacenter mag liggen zorgt ervoor dat de temperatuur van de luchtstroom die een computer in gaat veel lager kan zijn en de temperatuur van de lucht die de computer uit gaat veel hoger. Dat zorgt ervoor dat dezelfde hoeveelheid lucht veel meer warmte kan afvangen. Er hoeft dan minder lucht te worden gecirculeerd. Dit maakt het eenvoudiger en efficiënter om een datacenter te koelen.

Een ander voordeel van het grotere temperatuurbereik is dat het ervoor zorgt dat er eenvoudiger met buitenlucht kan worden gekoeld. Dit wordt ook wel "free air cooling" genoemd. Door de buitenlucht door het gebouw te blazen, kan de koeling met minder complexe systemen worden gerealiseerd, waardoor de koeling van het datacenter minder energie kost en efficiënter kan plaatsvinden. Alleen op de warmste dagen heeft het datacenter dan extra koeling nodig, bijvoorbeeld door de buitenlucht eerst langs watergekoelde koelelementen te leiden, die de luchttemperatuur laten dalen. In een rapport voor de Rijksvastgoeddienst bevestigt TNO dat deze wijze van koelen 98% van de tijd zonder waterkoeling kan en een beperkt aantal dagen per jaar (minder dan 120 uur) waterkoeling nodig heeft.³⁰ Waterkoeling kan nodig zijn omdat op de locatie of door het ontwerp van het gebouw het gebruik van vrije lucht koeling niet mogelijk is. Te denken valt aan een datacenter in een stad of in een toren. Op dit moment betekent dit nog vaak dat de computers worden gekoeld met lucht en de lucht wordt geleid langs warmtewisselaars waar het water de lucht koelt. Dit water wordt daarna afgevoerd (geloosd). In toenemende mate is er interesse in het hergebruik van de warmte. Hiervoor is zowel vloeistof koeling van de chips als de afgifte van de warmte aan een warmtenet van belang. Alhoewel dit nog in de kinderschoenen staat, wordt er verwacht dat deze vorm van koeling snel belangrijker zal worden.

7.4 Hoe wordt de efficiëntie van datacenters gemeten

Efficiency wordt bij een datacenter vaak uitgedrukt in Power Usage Effectiveness.³¹ Dit getal staat voor de verhouding tussen de hoeveelheid energie die gebruikt wordt voor het primaire proces van een datacenter (de computers en netwerken) en de rest (liften, licht, beveiliging, koeling, koffieautomaat, kantoren, etc.). PUE's van 1,1 tot 1,2 zijn op dit moment gangbaar. Dit houdt in dat het datacenter 10% of 20% boven het energieverbruik van de gebruikte computers nog gebruikt voor "de rest" van het datacentrum. De bulk van "de rest" is de koeling van het datacentrum. PUE is een relatief getal en niet absoluut. Het zegt iets over de verhouding tussen het totale verbruik van het datacenter in relatie tot de opgestelde servers en communicatie-apparatuur. Een lagere PUE zegt dus niet dat er minder energie wordt verbruikt, maar dat relatief gezien meer van de verbruikte energie wordt ingezet voor de computers en netwerken. Toch wordt de PUE soms als een absoluut getal gebruikt in spraakgebruik en beleid en willen beleidsmakers een PUE getal als norm stellen.

²⁹ De meest recente aanbeveling van 2021 hanteert ook deze bandbreedte https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/bookstore/supplemental%20files/referencecard_2021thermalguidelines.pdf x

³⁰ TNO 2022 R10740, Toets op het aangepaste plan van de gemeente Zeewolde voor de bouw van het datacenter van Meta, 21 april 2022

³¹ ISO/IEC 30134-2:2016 Information technology — Data centres — Key performance indicators — Part 2: Power usage effectiveness (PUE) <https://www.iso.org/standard/63451.html>

De PUE wordt als volgt berekend: boven de streep staat het totale energieverbruik en onder de streep alleen het energieverbruik van de computers. Het energieverbruik van de koeling is gekoppeld aan het aantal computers, maar andere delen van "de rest", zoals liften, verlichting, koffie en kantoren zijn vaste waarden. Een leeg datacentrum heeft een oneindige PUE. Hoe voller een datacentrum, hoe lager de PUE (i.e. hoe efficiënter het datacentrum). Een lager elektriciteitsverbruik in absolute getallen kan gekoppeld zijn aan een hogere PUE. Dit geldt vooral voor colocatie datacenters, want zij zijn afhankelijk van de klanten.

Een hogere PUE kan gekoppeld zijn aan lager totaal energieverbruik. Als een gemeente 8 racks huurt voor haar computers en er slechts 6 van gebruikt, dan zal dit waarschijnlijk leiden tot een iets hogere PUE voor het colocatie datacenter, omdat de deler kleiner is, terwijl een aantal vaste elementen van de noemer blijven. Aan de andere kant betekent twee lege racks ook dat de gemeente maar in 6 racks apparaten heeft staan en dus zal het totale elektriciteitsverbruik van die computers en de bijbehorende koeling in principe lager zijn, dan wanneer de gemeente alle 8 racks gebruikte. Het kan dus zijn dat een bedrijf door een innovatie nog maar de helft van de apparatuur voor computers en netwerken nodig heeft en daarmee haar energieverbruik bijna halveert, maar wel een hogere PUE zal laten zien.

Hyperscale datacenters hebben veelal de laagste PUE, aangezien die zelf op ieder onderdeel dat effect heeft op de efficiëntie invloed kunnen uitoefenen; van het type chips dat ze gebruiken, de berekeningen die ze uitvoeren tot wanneer en hoe de koeling functioneert.

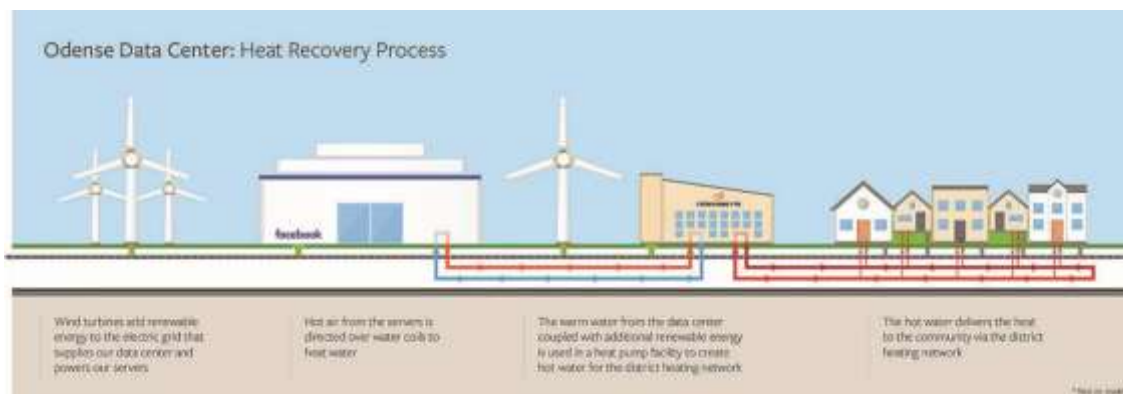
7.5 De cijfers en feiten

Cijfers met betrekking tot de efficiëntie van koeling zijn vaak te achterhalen vanwege de verplichting die bedrijven hebben om energie te besparen. Hierdoor heeft de RVO in principe zicht op de mate waarin dit gebeurt. Het grootste probleem is dat de waarde PUE een relatieve term en niet een absoluut getal is. Het geeft geen inzicht in het totale energieverbruik in het datacentrum. Daarnaast geeft het ook geen inzicht in het energieverbruik buiten het datacentrum. Korthedshalve wordt verwezen naar het voorbeeld van het Rijk dat zijn rekencentra naar datacenters bracht. Hierdoor werd dit verbruik zichtbaar in de statistieken ten aanzien van datacenters, maar volgens zeggen van het Rijk nam het elektriciteitsverbruik wel met 40% af. Zelfs al zouden de nieuwe datacenters niet de allerbeste PUE hebben, dan is de consolidatie van het rijk alsnog een veel efficiëntere oplossing dan 64 rekencentra. Verdere uitleg hierover staat in Annex B.

Ook het hergebruiken van restwarmte speelt een rol. Het gebruik van restwarmte als stadswarmte kan niet alleen tot besparingen leiden bij de ontvanger, maar ook in het datacenter zelf. Het RVO heeft in 2018 onderzoek laten doen naar deze mogelijkheid. Uitkomst hiervan was dat een datacenter weliswaar 24 uur per dag warmte kan leveren van lage temperatuur, maar dat deze niet zomaar ingezet kan worden voor andere toepassingen.³² Toch is de inschatting dat de overgrote meerderheid van datacenters geschikt is om dit met enige aanpassingen te kunnen doen. Daadwerkelijke toepassing vraagt wel om lokaal maatwerk. Er moet een lokaal warmtenet zijn, of anders een directe koppeling met organisaties. Ook zijn er vragen rond leveringszekerheid. Dit zorgt voor extra complexiteit bij de (ver)bouw van een datacenter die niet zomaar is opgelost.

³² Warmte uit Datacenters, RVO, 2018
<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/11/Warmte%20uit%20datacenters%20-%20november%202018.pdf>

Sinds 2018 zijn er verdere ontwikkelingen ten aanzien van het gebruik van restwarmte. Nederlandse start-ups, zoals Asperitas en iXora ontwikkelen systemen voor vloeistof koeling. De koppeling van datacenters aan warmtenetten begint ook te komen. Zo heeft Facebook in Odense een koppeling gemaakt met het warmtenet van die stad.³³ Dat, ondanks de positieve geluiden van big tech bedrijven over het bereiken van netzero, de praktijk toch weerbarstig, is, blijkt wel uit een recent



Figuur 9: schematische weergave hergebruik warmte Facebook Odense (bron: Facebook)

bericht uit Denemarken. Van de zes datacenters waarvan werd aangekondigd dat deze warmte zouden leveren aan warmtenetten is Facebook Odense tot nu toe de enige die het ook heeft waargemaakt.³⁴

Er zijn wel andere locaties waar restwarmte wordt ingezet. De mate waarin is soms nog niet goed duidelijk. Zo zou een datacenter van Amazon bij Dublin zijn restwarmte terug gaan leveren. In Nederland zijn er discussie en intentieverklaringen over de levering van warmte en ook enkele kleinere projecten. Er zijn ook plannen voor grotere datacenters die bijvoorbeeld naast een energiecentrale staan en gekoppeld zijn aan een warmtenet. Zo zegt het Silver Falcon datacenter op zijn site dat vloeistofkoeling en koppeling op het warmtenet voorzien is. Een plan van het Nederlandse Switch is om een datacentrum met vloeistof te koelen en daardoor zoveel mogelijk warmte te kunnen afvangen. Deze warmte wordt daarna gebruikt om water tot boven de 60 graden te verhitten, waardoor het water kan worden ingezet voor stadsverwarming.

7.6 Waarom efficiëntie en restwarmte moeilijk zijn in analyses

Hoewel het gebruik van restwarmte voor stadswarmte al in meerdere verbanden voor enthousiasme zorgt en er beleid op wordt gemaakt, is de uitwerking ervan vaak minder makkelijk dan het lijkt. Zeker bij hyperscale datacenters, die vaak relatief ver van stedelijke gebieden worden gebouwd, zijn er tussenstappen nodig om het rendabel te maken. Hoewel hergebruik van warmte zeker in tijden van stijgende gasprijzen dus een goed idee lijkt, zal het niet altijd lukken om dit in de praktijk van de grond te krijgen.

De discussie over hergebruik van warmte in warmtenetten is ook relevant in de discussie over PUE. Een warmtenet kost extra energie voor het datacenter en doet de PUE dus stijgen. Echter bespaart

³³ Zie https://sustainability.fb.com/wp-content/uploads/2020/12/FB_Denmark-Data-Center-to-Warm-Local-Community.pdf

³⁴ <https://www.dr.dk/nyheder/viden/teknologi/techgiganters-datacentre-kan-varme-massevis-af-danske-huse-men-goer-det-ikke>

het ergens anders weer energie omdat het een gebouw verwarmt. Een mogelijke manier om hier rekening mee te houden is het verrekenen van de warmte in een separaat getal, een netto-PUE.

7.7 Discussie

Koeling blijft nodig want een groot deel van de door datacenters gebruikte energie wordt omgezet in warmte. De warmte wordt op dit moment veelal niet hergebruikt maar afgegeven aan de omgeving via de lucht of door de lozing van koelwater. Hergebruik van warmte lijkt opportuun gezien de energietransitie. Dit vergt een andere bouw van de computers in de datacenters. De huidige koeling van chips met lucht en van het datacenter met buitenlucht of water is minder efficiënt voor het afvangen en hergebruiken van de warmte. De sector is aan het zoeken naar standaard oplossingen voor vloeistofkoeling van chips en die warmte af te geven aan warmtenetten. Feit is dat er voorlopig veel enthousiasme is, maar nog weinig initiatieven zijn om warmte op deze manier te hergebruiken.

Andere koelingsopties zijn voorlopig meer in gebruik. Zo leent het Nederlandse klimaat zich het gros van het jaar prima voor koeling met buitenlucht. Hiermee gaat de warmte wel verloren, maar kost de koeling ook het minst. Als kostenpost en energieverbruiker krijgt koeling in ieder geval veel aandacht, zowel van de bedrijven zelf als vanuit de overheid.

Harde eisen ten aanzien van het behalen van een bepaalde efficiëntie uitgedrukt in PUE waardes zijn niet praktisch en werken mogelijk belemmerend voor de innovatie van vloeistofkoeling en warmtenetten. Mogelijke ongewenste effecten zijn een datacenter eigenaar of gebruiker die een computersysteem dat minder energie gebruikt niet inzet, omdat de PUE daardoor omhoog gaat. Of, een warmtenet aansluiting wordt niet gebruikt omdat deze de PUE laat stijgen. De vraag is vooral hoe overheden en sector samen kunnen werken om de warmte die datacenters produceren efficiënt te kunnen hergebruiken. Dit vergt standaardisatie en innovatie, maar ook druk vanuit regulering om marktpartijen te bewegen deze standaarden en innovaties toe te passen.

7.8 Conclusie

Warmte is een belangrijk restproduct van datacenters. Koeling is nodig om oververhitting van de chips te voorkomen. Efficiënte koeling bepaald in grote mate de efficiëntie van het datacentrum als geheel. Hergebruik van de warmte zou in het kader van de energietransitie wenselijk zijn. Alhoewel maatstaven als Power Use Efficiency veelgebruikt worden en waarden van 1,1-1,3 de norm zijn, is het niet een harde waarde en is het niet verstandig om beleid te baseren op een harde interpretatie van dit getal.

8 Datagroei

Er is steeds meer data. Iedere nieuwe generatie ICT maakt het eenvoudiger om meer data te genereren, te verzenden, te ontvangen en te verwerken. Deze datagroei wordt in veel beschouwingen direct gekoppeld aan de bouw van datacenters en de effecten op energieverbruik, ruimtegebruik, watergebruik, warmte, koeling en efficiëntie. In dit hoofdstuk wordt deze datagroei en het effect daarvan besproken.

8.1 Waarom aandacht voor datagroei?

De groei aan data is in veel berichten direct gekoppeld aan meer datacenters, meer energieverbruik etc. In persberichten en wetenschappelijke studies wordt bijvoorbeeld gesproken over de koppeling tussen de groei in streaming video en datacenters of het energieverbruik van netwerken. Milieudefensie liet ooit uitrekenen hoeveel energie alle online advertenties zouden verbruiken, waarbij een belangrijke component was het verzenden, ontvangen en verwerken van alle data. Consumenten wordt geadviseerd om hun e-mail op te schonen of minder foto's op te slaan in de cloud, omdat dat energie zou besparen. Bij iedere datacenter dat wordt gebouwd wordt verwezen naar de datagroei. De vraag is echter of die koppeling wel zo kan worden gemaakt. In dit hoofdstuk wordt kort aangestipt waarom die koppeling niet 1 op 1 kan worden gemaakt.

8.2 Wat is data?

Data wordt wel eens omschreven als nog niet geïnterpreteerde gegevens. Na interpretatie krijgen ze betekenis en wordt het informatie. Dat is een optimistische manier van kijken naar data, alsof er nog iets met de gegevens zal worden gedaan. In informatie- en communicatietechnologie is dat eigenlijk geen uitgangspunt meer. De nullen en enen die worden gegenereerd worden misschien wel nooit geïnterpreteerd. Ze zijn het gevolg van het actief zijn van systemen, zonder dat er (zelfs voor dat systeem) een inhoud in zit. Deze filosofische bespiegeling is nodig, omdat de datagroei vaak gekoppeld wordt aan een oorzaak, een doel en een gevolg en dan lijkt het alsof die data de stroom, het water of de ruimte gebruiken, terwijl die koppeling niet altijd rechtstreeks kan worden gemaakt. Van de data die wel geïnterpreteerd wordt en verwerkt tot informatie wordt een significant deel omgezet in gegevens die een samenvatting zijn van de onderliggende gegevens. Zo kan een elektriciteitsmeter iedere seconde een waarde registreren, maar uiteindelijk zijn de gegevens per kwartier van belang voor de aanbieder.

8.3 Data is veelal vluchtig

Digitale data bestaat uit nullen en enen, die soms zeer vluchtig zijn en maar een paar milliseconden bestaan en andere die opgeslagen worden voor decennia. De vluchtige data zijn bijvoorbeeld de digitale TV-kanalen die kabelnetwerken verspreiden. De data komt bij ieder huis of er nu gekeken wordt of niet. Een deel van de data is om verkeer in en buiten netwerken te routeren van het ene naar het andere apparaat. Vaste en mobiele telecomnetwerken zenden data de hele dag door, of er nu een gebruiker is of niet, om hun aanwezigheid te melden, om de verbinding in stand te houden etc. Een groot deel van de data wordt door onze apparaten verwerkt, getoond op schermen en weer

vergeten. Webpagina's, Youtube filmpjes, Netflix series, ze worden niet langer bewaard dan nodig en in het geheugen van onze apparaten overschreven met de volgende scene of content.

Dit geldt ook voor de systemen die de (sociale) media content distribueren. Een filmpje op TikTok geplaatst door een beroemdheid wordt wereldwijd naar datacenters en de caches van content delivery networks gekopieerd, nog voordat een volger het heeft kunnen zien. Op deze wijze wordt voorkomen dat de stormloop van miljoenen volgers het systeem kan overbelasten. Een aantal dagen later kan het filmpje al weer verwijderd zijn op de bulk van deze systemen, omdat het niet meer (zo) populair is. Het is nog steeds op meerdere locaties opgeslagen, maar er is minder data.

8.4 Datacenters voor data met langere bewaartermijn

In datacenters staat meestal data die een langere bewaartermijn heeft. Bedrijfsgegevens, webpagina's, foto's, filmpjes, alles wat we niet kwijt willen raken wordt in toenemende mate in datacenters opgeslagen. Deze data wordt opgeslagen op verschillende opslagsystemen, variërend van supersnelle disks voor data die veel wordt gebruikt tot langzame tapes voor data die jaren moet worden bewaard, bijvoorbeeld vanwege verplichtingen uit regelgeving, maar waar maar beperkt gebruik wordt van gemaakt. De steeds verder gaande miniaturisering, verbetering in opslagtechnieken, etc. (o.a. de wet van Moore) zorgen ervoor dat met iedere generatie technologie de kosten en de impact qua energieverbruik en dergelijke vermindert.

8.5 Groei van opgeslagen data

Het is niet eenvoudig om de gevolgen van de groei in opgeslagen data goed op waarde te schatten. Door verbeterde technieken kunnen meer Petabytes worden opgeslagen op disks en tape. Door concentratie en gebruik van cloud worden de opslagmedia efficiënter benut. Servers hadden 20 jaar geleden een aantal harddisks per server, die nooit helemaal vol konden zijn, want anders kon data niet verplaatst, bijgeschreven en verwijderd worden. Nu delen ze deze in storage netwerken of cloud systemen. Dat zorgt voor een hogere benutting. Maar, de hoeveelheid data is ook gegroeid. Er zijn meer toepassingen die van data gebruik maken. De besparingen die door efficiëntere techniek en toepassingen op de ene plek worden gerealiseerd zijn elders weer de basis voor nieuwe toepassingen die nieuwe servers, netwerken, energie en dergelijke vergen.

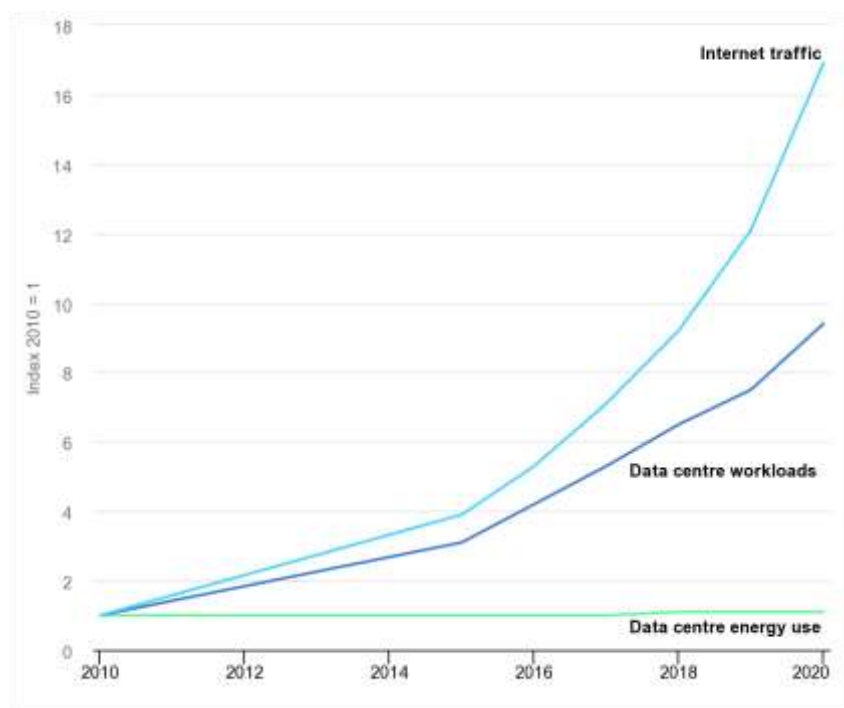
8.6 Energieverbruik bij productie

De grootste ecologische impact van de digitale economie zit bij de productie van de apparaten. Het maken van chips, schermen, lasers, kasten en alle bijbehorende apparatuur en het vershippen hiervan over de wereld kost heel veel energie. De ecologische impact gerekend in gebruik van grondstoffen, energieverbruik, waterverbruik en milieuverontreiniging is groot. Langer gebruik maken van elektronische apparatuur draagt bij het verminderen van het verbruik van de gehele sector. Het voert hier te ver om daar diep op in te gaan.

8.7 Dataverbruik niet rechtstreeks gekoppeld aan energieverbruik

Er zijn veel studies die lijken te zeggen dat meer opgeslagen data of meer over netwerken verzonden data leidt tot meer energieverbruik. Analyse van deze studies laat zien dat ze theoretische

extrapolaties maken en niet kijken naar het daadwerkelijke energieverbruik van netwerken. De aanname is dat het energie kost om data te verzenden en op te slaan en dat meer data meer energie kost. Deze koppeling blijkt voor het opslaan van data maar beperkt te gelden en voor netwerken eigenlijk in het geheel niet. De IEA ziet dan ook geen koppeling tussen de werklast, het dataverbruik en het energieverbruik van datacenters.³⁵



Figuur 10: energieverbruik datacenters vergeleken met werklasten en dataverkeer (bron: IEA)

Het energieverbruik van opslagmedia tijdens het gebruik is vooral gekoppeld aan het stroomverbruik in rust en in beperkte mate extra stroom. Simulaties van de Universiteit Twente laten zien dat het energieverbruik van opslag waarschijnlijk afneemt, maar dat die van de servers zal toenemen. Het opslaan van data verbruikt minder energie, maar wat er met de data wordt gedaan vergt meer energie.³⁶

³⁵ The carbon footprint of streaming video: fact-checking the headlines, Kamiya, IEA, 2020 <https://www.iea.org/commentaries/the-carbon-footprint-of-streaming-video-fact-checking-the-headlines>

³⁶ Koot, Martijn & Wijnhoven, Fons, 2021. "Usage impact on data center electricity needs: A system dynamic forecasting model," Applied Energy, Elsevier, vol. 291(C).

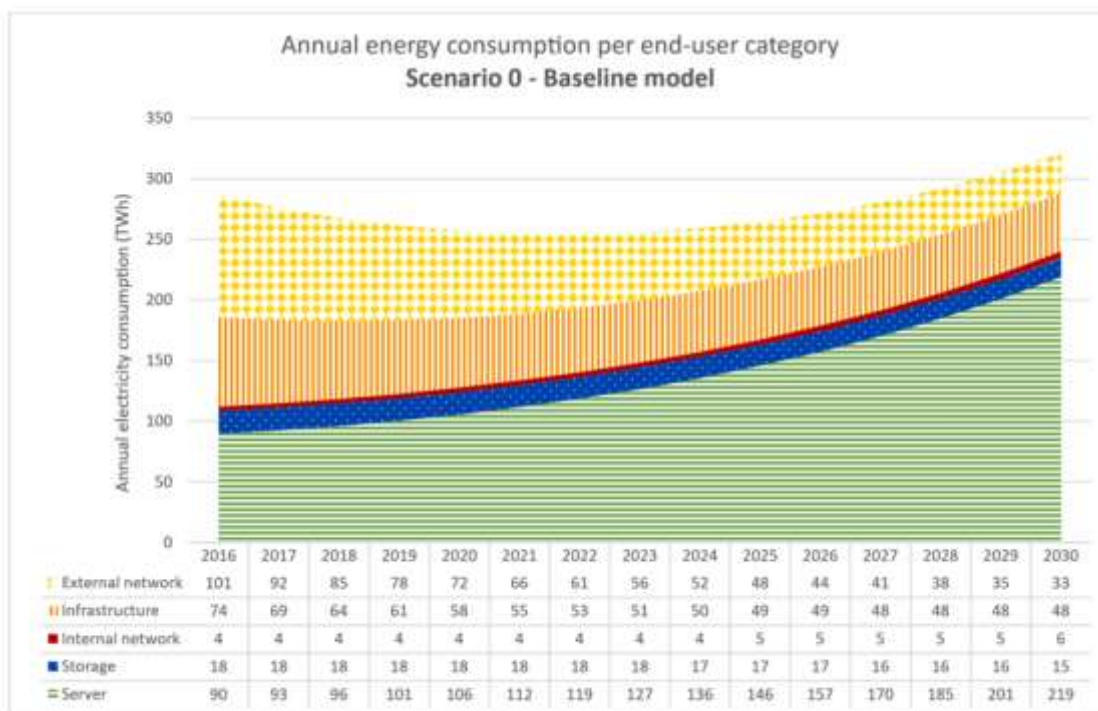


Fig. 3. Energy consumption per end-user category predicted with the baseline model.

Figuur 11: energieverbruik datacenters per categorie systemen (bron: Koot en Wijnhoven)

Voor netwerken zien de onderzoekers een vergelijkbare ontwikkeling, het energieverbruik daalt, terwijl het dataverbruik stijgt. Dit is in tegenspraak met een groot aantal studies die de afgelopen jaren zijn verschenen. Onderzoekers zoals Andrae, het Franse Shift project en dergelijke berekenden het energieverbruik van netwerken door het aantal verzonden GB te delen over het energieverbruik en zo tot een kWh/GB getal te komen. Extrapolaties van het datagebruik lieten daarna een groei van zowel datagebruik als energieverbruik zien. Opvallend is dat iedere nieuw onderzoek van dit type met lagere schattingen kwam van zowel het energieverbruik per GB als het totaal in de toekomst. In academische kringen was er weinig kritiek op deze methode, maar vanuit de beheerders van netwerken was er wel kritiek.

Het probleem is dat kWh/GB een betekenisloos getal is. Het is alsof het energieverbruik van de lantaarnpalen langs een snelweg gedeeld wordt over het aantal voorbij rijdende auto's. Een GB is een indicatie van de bezettingsgraad van het netwerk, maar niet van de capaciteit. Op een snelweg zijn de banen de capaciteit, de auto's de bezettingsgraad. Netwerken worden gebouwd rond piekcapaciteit. Thuiswerken tijdens Covid leidde wel tot 50% meer dataverkeer, maar de groei in piekverbruik was beperkter, rond de 20-30%. De vulgraad van het netwerk steeg, doordat overdag veel meer data werd gebruikt, maar dat zorgde niet voor een stijging in energieverbruik.

Netwerken verbruiken vooral energie om communicatie mogelijk te maken. Ze staan altijd aan. Dit was al zo bij oude kopertelefoonnet. Het hele netwerk stond onder stroom. De telefoon had geen stroomaansluiting in huis nodig. In glasvezelnetwerken staan de laser en ontvanger altijd aan en zenden ook altijd gegevens over en weer. De data is een modulatie op het signaal dat wordt verzonden. Of die data betekenis heeft is afhankelijk van het netwerk en de toepassingen. In een kabeltelevisienetwerk worden de hele dag honderden tv-kanalen en internetverbindingen naar een

grote groep aansluitingen gestuurd. Dit zijn terabytes per dag of mensen nu wel of niet TV kijken. Met IP-TV krijgt de klant alleen de stream van het kanaal dat hij kijkt. Of dat veel of weinig bits en bytes zijn maakt niet uit voor het netwerk.

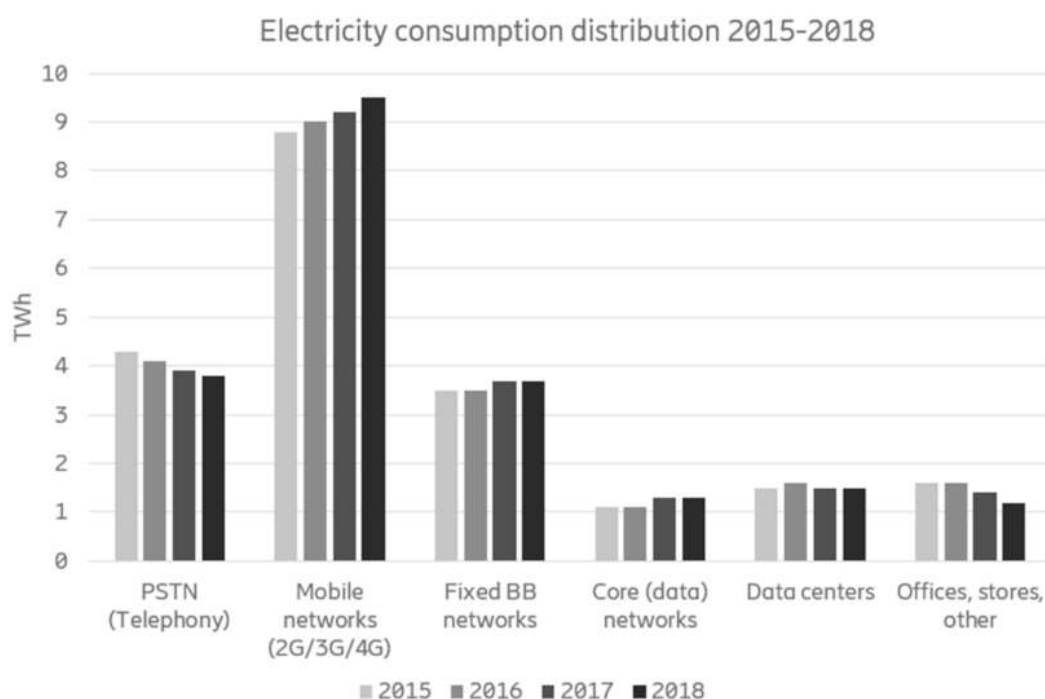
Het natuurkundige principe dat hieraan ten grondslag ligt is: "Hoe groter de afstand waarover moet worden verzonden hoe meer energie het signaal nodig heeft." De modulatie vergt nauwelijks extra energie, ook omdat voor het in stand houden van de verbinding de beide kanten continue data zenden, moduleren en ontvangen. Het verhogen van de zendenergie is niet zonder nadelen, want hoe sterker het signaal, hoe moeilijker het is voor de ontvanger om de informatie te onderscheiden. Het is vergelijkbaar met hard schreeuwen of een luide luidspreker, het is dan moeilijk om nuances te onderscheiden. Het is om die reden dat de ontwerpers van netwerken zich tot doel stellen zo weinig mogelijk energie te gebruiken, zodat de ontvanger de verschillende modulaties goed kan herkennen, maar niet zo weinig dat het signaal in het geheel niet aan komt.

Meer capaciteit kan wel tot meer energieverbruik leiden in netwerken. Te denken valt aan extra frequenties in mobiele netwerken of extra kleuren licht op een glasvezel. Deze maken het wel mogelijk om meer bandbreedte te gebruiken te verzenden. De gigabytes zijn een teken van de bezettingsgraad van het netwerk, maar zijn niet de stuwende kracht achter het energieverbruik van het netwerk. Het is wel zo dat bijvoorbeeld mobiele netwerken bij lager gebruik, frequenties afschakelen om energie te besparen. Hierdoor daalt de capaciteit van het netwerk en als gevolg daar van het energieverbruik. Bij normale operatie is het energieverbruik van netwerken vrij stabiel. Het is alleen bij geen verbruik dat er minder kan worden gebruikt, terwijl het energieverbruik stijgt als het netwerk overbelast raakt, omdat de processor van de routers en modems harder moeten werken de data te verwerken. Het is om die reden dat netwerken veelal nog niet tot 30% vol zitten. Dit geeft ruimte voor groei, piekmomenten en bespaard energie.

Problematisch is dat de oudere onderzoeken nog steeds worden gebruikt. Zo stelde het Franse 'the Shift Project', dat met de auto naar een videotheek rijden om een DVD op te halen minder energie zou gebruiken dan het streamen van dezelfde film. Het onderzoek kreeg veel aandacht en wordt nog steeds geciteerd, ondanks dat de onderzoekers toe gaven dat ze bits en bytes verwisseld hadden, waardoor hun schatting 8x te hoog was, en daarnaast nog andere methodologische fouten hadden gemaakt. Onder andere de IEA toonde aan dat deze studies vele factoren naast de realiteit zaten. De grootste energieverbruiker is het scherm waar de film op wordt gekeken, niet het netwerk; Hoe groter de televisie, hoe meer energieverbruik, het beste is om op een smartphone te kijken.³⁷ Regelmatig schrijven kranten en websites dat consumenten energie kunnen besparen door oude e-mail weg te gooien of minder streaming media te kijken. Maar het zou meer energie besparen wanneer huishoudens de grote televisie niet gebruiken en op de smartphone een film kijken.

³⁷The carbon footprint of streaming video: fact-checking the headlines, George Kamiya, IEA, 11 december 2020 <https://www.iea.org/commentaries/the-carbon-footprint-of-streaming-video-fact-checking-the-headlines>

8.8 Kengetallen energieverbruik netwerken



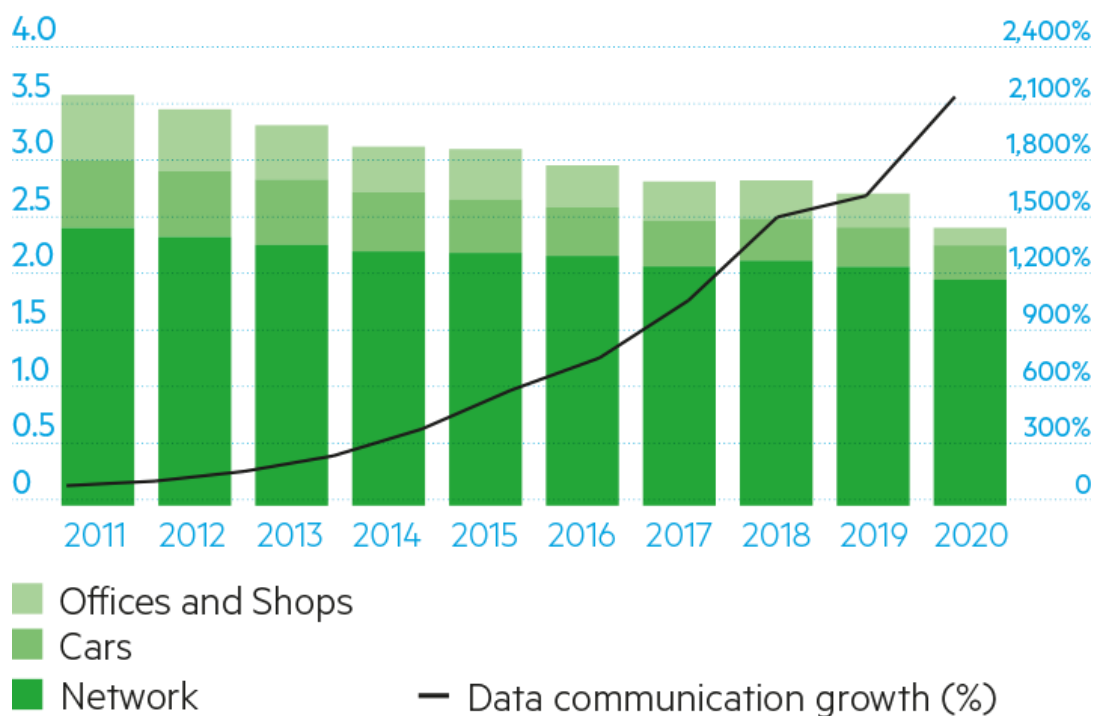
Figuur 12: energieverbruik van Europese telecom netwerken (bron: Lunden et al)

Onderzoek van Lunden, Malmodin en Bergmark³⁸ naar het energieverbruik van Europese telecommunicatie aanbieders die aangesloten zijn bij ETNO (de traditionele telecoomaanbieders) laat zien dat hun energieverbruik stabiel bleef in het afgelopen decennium, ondanks een groei in het dataverbruik. Groei was er vooral bij mobiele netwerken, vooral omdat het aantal zendmast locaties steeg. Tussen individuele netwerken kunnen wel verschillen zitten. In Nederland rapporteren de verschillende netwerken ook hun energieverbruik.

KPN

KPN rapporteert dat het in het afgelopen decennium 45% minder energie verbruik heeft gerealiseerd, terwijl het dataverbruik groeide. KPN rapporteert het totale energieverbruik en niet van verschillende netwerken apart. Het afschakelen van oude netwerken draagt bij KPN bij aan het verminderen van het energieverbruik.

³⁸ Lundén, D.; Malmodin, J.; Bergmark, P.; Lövehagen, N. Electricity Consumption and Operational Carbon Emissions of European Telecom Network Operators. Sustainability 2022, 14, 2637. <https://doi.org/10.3390/su14052637>



Figuur 13: energieverbruik KPN sinds 2011

VodafoneZiggo

VodafoneZiggo zag een stijging van energieverbruik in het vaste netwerk, maar een daling in zijn mobiele netwerk. Het bedrijf rapporteert ook energieverbruik per exabyte, alhoewel dit getal weinig zeggend is (zie pagina 45) laat ook dit een daling zien.

Fixed Network Energy Use (in MWh) year-on-year changes	159,767	183,070 15%	180,373 -1%
Fixed Network Data Traffic (in Exabyte) year-on-year changes	7.5	9.1 21%	12.9 42%
Energy use per Exabyte / annum (in MWh) year-on-year changes	21,302	20,118 -6%	13,982 -30%

Stijging in het Vaste Netwerk (2018, 2019, 2020)

Mobile Network Energy Use (in MWh) year-on-year changes	123,431	111,977 -9%	111,892 0%
Energy use per Terabyte / annum (in MWh) year-on-year changes	1.07	0.73 -32%	0.50 -32%

Figuur 14: energieverbruik VodafoneZiggo

T-Mobile

Op basis van een dergelijk getal zou het mobiele netwerk van T-Mobile het meest efficiënt zijn, want T-Mobile klanten verbruiken bijna de helft van al het mobiele dataverkeer. T-Mobile rapporteerde in 2021 een elektriciteitsverbruik van 132.616 MWh voor zijn mobiele netwerk, hetgeen wel meer is dan VodafoneZiggo rapporteerde. Een verklaring kan zijn dat de beide netwerken niet dezelfde rekenwijze hanteren of verschillende generaties apparatuur met verschillende capaciteit gebruiken. Het energieverbruik van de voorgaande jaren is moeilijker vergelijkbaar bij T-Mobile, omdat hier de integratie (en afschakeling) van het Tele2 netwerk nog in zat. Het vaste netwerk van T-Mobile groeit door haar uitrol van glasvezel en daarmee stijgt ook het energieverbruik van het netwerk.



Figuur 15: energieverbruik T-Mobile Nederland

Wat dit vooral laat zien is dat datagroei en het energieverbruik van netwerken niet gecorreleerd zijn. Datanetwerken verbruiken energie en hoe meer aansluitingen er zijn en hoe meer capaciteit er is, hoe meer energieverbruik er in principe zal zijn. Technologische verbeteringen zorgen ervoor dat de groei van het energieverbruik beperkt blijft.

8.9 Discussie

Datagroei staat in grote mate los van het energieverbruik van datacenters en netwerken. Ja, meer data vereist meer opslag, maar het is vooral wat er met de data wordt gedaan dat de komende jaren energie zal vergen. Nieuwe toepassingen vergen meer berekeningen en daarmee meer energie. De opslag en transmissie zijn in ieder geval volgens de schattingen van de Universiteit Twente van minder belang. Het energieverbruik hiervoor daalt naar verwachting zelfs. Hoe de ontwikkeling van het energieverbruik van servers zich naar de toekomst toe ontwikkeld is moeilijk in te schatten, nu de energieprijzen stijgen en er maatschappelijke discussies zijn over de bouw van datacenters.

8.10 Conclusie

Veel van de groei van datagebruik is in vluchtig datagebruik. Veel content wordt gekeken en verdwijnt weer. Het energieverbruik van de netwerken waar de data overheen gaat blijft stabiel en daalt voor sommige netwerken zelfs, dit ondanks de datagroei. Het is vooral de uitbreiding van netwerken, bijvoorbeeld voor betere dekking op het platteland die leidt tot een stijging van energieverbruik. Technologische innovatie leidt aan de andere kant ook weer tot besparing. De balans voor netwerken is een redelijk stabiel energieverbruik.

De permanente data gebruikt meer opslag, maar ook dat legt niet extra beslag op bijvoorbeeld de energievoorziening. Het is vooral het verwerken van data, de innovatievere toepassingen en bijbehorende servers die meer energieverbruik veroorzaken. Toch geldt ook hier dat het totale verbruik niet zozeer stijgt door de datagroei en meer door wat er mee wordt gedaan.

9 Conclusie

Dit document was in de eerste plaats bedoeld om een handzame introductie te zijn in wat datacenters zijn. Het beoogt om bestaande data te verzamelen, ordenen en waarderen. Het document is groter geworden dan oorspronkelijk gedacht, met meer nuances. Om vanuit verschillende beleidsperspectieven naar datacenters te kijken is niet eenvoudig. Toch hopen we dat beleidsmakers die vragen krijgen over datacenters in dit document handvatten vinden om deze vragen te beantwoorden. Dit document zou hen moeten wijzen op veel geziene misverstanden en moeten behoeden voor veelgemaakte fouten. Sommige aspecten van de discussie over datacenters blijven in dit document ook onbehandeld, omdat deze zich niet of nauwelijks lenen voor een objectieve beschouwing (denk hierbij bijvoorbeeld aan de impact van datacenters op het landschap).

Tijdens het schrijven is een aantal inzichten verkregen die van belang zijn voor beleidsmakers die met datacenters te maken hebben:

1. Het is een groot probleem dat correcte getallen over datacenters en de ICT-sector schaars is. De data die er is, is soms onjuist, soms onvolledig en soms niet goed geïnterpreteerd. Er is betere data nodig. Dat is een opgave voor CBS, overheden, elektriciteitsbedrijven en de sector zelf. In Annex A staat een aantal voorbeelden van hoe overheidsdata elkaar tegenspreken.
2. Een complex probleem is het in samenhang zien van het energieverbruik van ICT op locatie bij bedrijven en huishoudens en het energieverbruik in datacenters. Wanneer het Rijk zijn rekencentra sluit en de ICT onderbrengt in datacenters, dan is dit een besparing voor de Nederlandse economie, zowel in kosten als energieverbruik. De besparing aan de kant van het Rijk is echter in de statistieken niet of maar beperkt zichtbaar, terwijl de stijging in energieverbruik aan de kant van de ICT-sector veel explicieter naar voren komt.
3. De discussie over waterverbruik van datacenters lijkt vooral gedreven door emotie. Fouten in rapportages door de sector zelf helpen niet mee, maar het verbruik van de sector is met ongeveer 1 miljoen m³ beperkt ten opzichte van het totale waterverbruik -circa 13.000 miljoen m³- in Nederland. Waarmee overigens niet gezegd is dat het waterverbruik door datacenters geen aandacht behoeft.
4. Het hergebruik van warmte verdient veel aandacht. Het wekt maatschappelijke weerstand op wanneer de energie die wordt gebruikt om chips op te warmen, vervolgens de lucht of het oppervlaktewater opwarmen. Er zijn initiatieven om die warmte te kunnen hergebruiken voor bijvoorbeeld de verwarming van woningen en bedrijven. Dat vergt wel veel samenwerking tussen verschillende sectoren en internationale standaardisatie van oplossingen. Dat is niet snel, noch eenvoudig te realiseren, maar vergt vasthoudendheid over vele jaren.

In de beide annexen staan nog wat specifieke voorbeelden van de complexiteit en elkaar tegensprekende getallen die Stratix is tegengekomen.

De digitale sector is een essentieel onderdeel van onze samenleving. Datacenters horen daar bij. Goed ontworpen en goed beheerd kunnen ze hun diensten leveren, terwijl ze efficiënt omgaan met elektriciteit, ruimte, water en warmte. Deels vervangen datacenters de oude rekencentra en serverruimtes. Deels maken datacenters nieuwe toepassingen mogelijk die efficiënter zijn dan die ze vervangen (denk bv aan slimme thermostaten of slimme navigatiesystemen). Ook maken datacenters nieuwe toepassingen mogelijk die er niet waren en die hun eigen beslag leggen op de

maatschappij en haar middelen. Datacenters zijn er en zullen blijven. De uitdaging ligt erin hoe een goede beleidsmatige en maatschappelijke afweging te maken die wordt ondersteund door de juiste aannames en data.

Annex A Energie

I. Energie in het datacenter: een introductie

Het energieverbruik is een relevant onderwerp bij de inpassing van nieuwe datacenters en het internet in het algemeen. In dit hoofdstuk gaat het over het energieverbruik en de manieren waarop hiernaar gekeken kan worden. We nemen door wat de juiste cijfers, feiten en bronnen zijn. Ook gaan we in op de bekende valkuilen bij het interpreteren van gegevens en bieden we enkele handvatten voor de beoordeling van onderzoek en onderzoeksresultaten.

Het elektriciteitsverbruik van een datacenter maakt de overgrote meerderheid van het energieverbruik uit. Afhankelijk van de gekozen koelsystemen is er ook waterverbruik en de warmte die in de computers ontstaat is in sommige situaties geschikt voor hergebruik.

II. Cijfers en afkortingen: hoe lees je ze?

In de rapporten omtrent datacenters vliegen de waardes en de afkortingen je om de oren. Uiteindelijk gaat het erom hoeveel energie er verbruikt wordt en dat kan een aantal manieren worden opgeschreven. Het lastige is met name dat niet alle waardes rekening houden met de tijd: sommige geven het energieverbruik per seconde, anderen per jaar.

Even wat geschiedenis, dit soort krachten en waardes zijn eind 19^e eeuw op papier gezet. Het begint klein voor het begrip van de eenheden, daarna maken we een eerste vertaalslag naar de schaal van een datacenter en het nationale energieverbruik zoals dat in de rapporten terugkomt. De Engelsman James Watt classificeerde stoommachines aan de hand van de hoeveelheid vermogen die ze leveren, wat uiteindelijk leidde tot een definitie van energie over tijd: 1 Watt is 1 Joule energie per seconde. Een Joule is de energie die je nodig hebt om iets 1 meter te verplaatsen met de kracht van 1 Newton – als je die kracht dus gedurende 1 seconde levert heb je 1 Watt.

Met de schaal van datacenters zijn de getallen snel erg groot en om het leesbaar te houden worden toevoegingen gebruikt, zoals kilo voor duizend en mega voor 1 miljoen. In het onderstaande overzicht zijn de belangrijkste waardes opgenomen. Dit voorkomt met name het gebruik van de wiskundige notatie.

Tabel 2: waardes en toevoegingen

Naam	Symbool	Factor
		1
deca	da	10
hecto	h	100
kilo	k	1.000
mega	M	1.000.000
giga	G	1.000.000.000
tera	T	1.000.000.000.000
peta	P	1.000.000.000.000.000
exa	E	1.000.000.000.000.000.000

Vermogen kan zowel in eenheid Watt (W) en de eenheid Volt-Ampere (VA) worden uitgedrukt, deze betekenen hetzelfde. Voor elektriciteitsverbruik van datacenters wordt megawatt per uur (MWh) gerekend. Dat is het equivalent van een megawatt vermogen voor een uur. Omgerekend is dat 3,6 miljard Joule. Een MWh kan echter over een langere of kortere periode dan een uur worden verbruikt, dit is afhankelijk van het vermogen. Een aansluiting waarover 10 Megawatt vermogen wordt afgenomen verbruikt 1 MWh iedere 6 minuten.

Praktijkvoorbeeld: een led lamp heeft maar een paar Watt nodig om je kamer te verlichten, een televisie gebruikt 100 Watt. De waterkoker op het aanrecht gebruikt 1000 Watt. Soms wordt in plaats van Watt de eenheid VA gebruikt, Volt-Ampere. Dat is hetzelfde. Watt is namelijk het product van Volt (spanning) x Ampere (stroom). De lader van een laptop neemt bijvoorbeeld 65 Watt af bij 220 Volt en dat is dan ongeveer 0,3 Ampère. Een groot datacenter heeft bijvoorbeeld de aansluitcapaciteit van 80 Megavoltampère (MVA) en dat is gelijk aan 80 Megawatt ofwel 80.000 kiloWatt.

Er zijn verschillende bronnen voor energie; zon, wind, verbranding van biomassa of fossiele brandstoffen. Allemaal leveren ze joules aan energie. Deze energie wordt soms op locatie opgewekt door verbranding van gas in een CV-ketel of de verbranding van benzine in een motor. Of de energie wordt getransporteerd via een netwerk bijvoorbeeld het elektriciteitsnetwerk of een warmtenet. Het energieverbruik van Nederland als geheel wordt uitgedrukt in Peta Joule (PJ) en is volgens het CBS 2946 PJ per jaar. Welk deel de ICT-sector verbruikt is echter onduidelijk:

- Volgens de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) gebruikt de ICT sector 16 PJ,
- het Centraal Bureau Statistiek (CBS) heeft het over 4TWh aan elektriciteitsverbruik, 4 Terawatt per uur, wat per jaar neerkomt op 14,4 PJ.
 - o Hiervan gebruiken de datacenters in 2020 3,2 TWh, wat neerkomt op 11,5 PJ per jaar.

In de volgende paragrafen gaan we hier dieper op in.

Een complicerende factor

Het grootste deel van het Nederlandse energieverbruik wordt geleverd via de omzetting van fossiele brandstoffen als steenkool, aardolie en aardgas. Een deel daarvan wordt in elektriciteitscentrales omgezet naar elektriciteit en daarna via het hoogspanningsnetwerk vervoerd. Een ander deel wordt op locatie omgezet. In de beoordeling van het energieverbruik van datacenters wordt vaak vergeleken met het elektriciteitsverbruik van Nederland. Hierbij wordt vergeten dat elektriciteit maar 17% is van het eindverbruik van 2280PJ aan energiedragers in Nederland. Het doel van de energietransitie is dat de fossiele brandstoffen volledig worden vervangen door duurzame energievormen. In de EU wordt nu 28% van het energieverbruik voor transport gebruikt. Tot voor kort gebruikten alleen treinen elektriciteit en alle andere vormen van transport gebruikten fossiele brandstoffen. Door de innovatie in elektrische auto's wordt het mogelijk hiervoor elektriciteit te gebruiken. Dat betekent wel dat deze elektriciteit eerst moet worden geproduceerd en getransporteerd en daarna opgeslagen in de batterijen van de voertuigen. Anders gezegd, de elektriciteitsproductie zal moeten stijgen³⁹

³⁹ <https://www.energieinederland.nl/wp-content/uploads/2022/01/A4-digitaal.pdf> en (Energieverbruik NL: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2021/14/energieverbruik-met-3-procent-gedaald-in-2020>)

Datacenters zijn grootverbruikers van elektriciteit. Zij zijn hiervoor aangesloten op het middenspanningsnet en hyperscale datacentra op het hoogspanningsnet. Het hoogspanningsnet wordt zo genoemd omdat het voltage op het net hoger is. Dit wordt zo genoemd, omdat een hogere spanning het mogelijk maakt om meer vermogen te transporteren (1 Watt is Volt * Ampère: dus een hogere spanning is meer vermogen). Via transformatoren, onderstations en wijkstations wordt de spanning verlaagd en verdeeld, om uiteindelijk bij de bedrijven en woningen uit te komen. Hoogspanningslijnen van 380 kilovolt (kV) zijn de zwaarste en grootste hoogspanningslijnen die we in Nederland en België hebben. Verbindingen van deze spanning hebben over het algemeen een grote lengte en een indrukwekkende transportcapaciteit die vrijwel altijd meer dan 1000 tot zelfs over 2500 MVA bedraagt.⁴⁰ Het ENTSO-E hoogspanningsnetwerk strekt zich uit over Europa. Deze interconnectie zorgt ervoor dat pieken en dalen in de productie door onderhoud aan centrales of variaties in wind en zonne-energie in de ene regio kunnen worden opgevangen in andere regio's.

In de discussie over datacenters wordt vaak gesproken over Nederlandse groene stroom en hoeveel procent datacenters hiervan gebruiken. Door de interconnectie van elektriciteitsnetwerken en de energietransitie is het een misverstand om op deze manier over het energieverbruik van datacentra te spreken. Een datacentrum dat gekoppeld is aan het ENTSO-E hoogspanningsnetwerk zal immers (net als een Nederlands of Oostenrijks huishouden) gebruik maken van de totale productie van alle elektriciteit in Europa, ongeacht of het datacentrum in Nederland, Denemarken of Spanje staat. In het deel over groene energie wordt hier nog iets verder op ingegaan.

III. Aansluitwaarde versus geleverde energie

Weten wat een aansluiting technisch kan leveren geeft geen inzicht in het daadwerkelijk verbruik van de aansluiting. In huishoudens in Nederland is dit bijvoorbeeld zichtbaar wanneer er in de meterkast een aanpassing nodig is omdat er een inductiekookplaat of laadpaal voor een elektrische auto wordt aangesloten. In het netwerk naar het huis verandert er niets, maar de aansluiting kan wel een hoger piek vermogen aan en zal (waarschijnlijk) meer elektriciteit verbruiken gedurende het jaar.

Bij de beoordeling van het elektriciteitsverbruik van datacenters (en andere aansluitingen) zijn de volgende waarden van belang:

- Het technisch vermogen van de aansluiting is wat de aansluiting maximaal aan kan.
- Het gecontracteerde vermogen van de aansluiting is wat het datacenter bij de netbeheerder heeft besteld. Op basis hiervan bepaalt een netbeheerder of een onderstation nog transportcapaciteit heeft.
- Het verbruik van het datacenter is dat vermogen dat het datacenter daadwerkelijk gebruikt. Dit verbruik van het datacenter kan weer worden verdeeld in:
 - o Piekvermogen; het hoogste aantal kW dat op enig moment op een locatie kan worden afgenomen, ook wel kW-max genoemd.
 - o Verbruik over een jaar; dat wordt uitgedrukt in MWh
- Het aantal elektriciteitsaansluitingen (aansluiting identificatie code') (EAN) voor datacenters.

⁴⁰ <http://www.hoogspanningsnet.com/hetnet/380kv/>

Tabel 3: bron monitoring datacenters MRA (bron: Liander, cijfers afgerond)

A	B			C			D			E		
	Aantal van EAN			Som van MW - max			Som van gecontracteerd vermogen actueel			Som van technisch vermogen		
	Okt 2020	April 2021	Feb 2022	Okt 2020	April 2021	Feb 2022	Okt 2020	April 2021	Feb 2022	Okt 2020	April 2021	Feb 2022
A'dam	29	29	29	97	99	105	131	130	132	265	265	265
H'meer	15	15	15	92	92	119	250	256	279	291	314	314
Overig	7	7	7	25	22	24	37	54	54	64	81	81
Totaal	51	51	51	214	213	248	418	440	465	620	660	660

Voor het daadwerkelijke gebruik van energie door datacenters in de regio rond een onderstation moet worden gekeken naar het piekvermogen (het hoogste aantal KW dat op een locatie is afgenomen) en het jaarverbruik (uitgedrukt in MWh). Data van Liander uit 2022 zijn in bovenstaande tabel weergegeven. Ze laten zien hoe deze getallen in de praktijk in verhouding tot elkaar staan. In 2022 is de som van het technisch vermogen 660MVA van datacenters in de MRA. Het gecontracteerde vermogen van deze datacenters is 465MVA en het bijbehorende piekverbruik is 248MVA. Dus zelfs al hebben de datacenters rond Amsterdam contracten die hen de mogelijkheid geven om tot 465MVA te verbruiken, de daadwerkelijke piek zit daar op dit moment nog 200MVA onder. Dit betekent dat in 2022 het piekverbruik van de datacenters in de MRA 53% van het gecontracteerde vermogen is.

Dit vertaalt zich ook door in het jaarverbruik van de datacenters. Uit cijfers van het CBS blijkt dat het verbruik van datacenters in de MRA 1230GWh was in 2019. Dit totale verbruik, de continue belasting van het netwerk, ligt op 74% van het totale piekvermogen per jaar. Het daadwerkelijke verbruik is niet constant op dat piekvermogen, het fluctueert.

Tabel 4: Levering van elektriciteit via het openbaar net aan datacenters, 2017-2019 (bron: CBS)

Tabel 1 Levering van elektriciteit via het openbaar net aan datacenters in Nederland, 2017-2020						
Onderwerp	Leveringscategorie	Eenheid	2017	2018	2019	2020*
Levering elektriciteit datacenters	Totaal	GWh	1.648	2.362	2.742	3.178
	< 10 GWh	GWh	353	382	360	367
	> 10 GWh	GWh	1.295	1.980	2.382	2.810
t.o.v. totaal elektriciteitsverbruik	Totaal	%	1,48	2,08	2,42	2,85
	< 10 GWh	%	0,32	0,34	0,32	0,33
	> 10 GWh	%	1,16	1,75	2,1	2,52
t.o.v. totaal elektriciteitslevering via openbaar net	Totaal	%	1,67	2,34	2,72	3,21
	< 10 GWh	%	0,36	0,38	0,36	0,37
	> 10 GWh	%	1,31	1,96	2,37	2,84
Adressen	Totaal	aantal	200	200	205	205
	< 10 GWh	aantal	170	170	165	165
	> 10 GWh	aantal	35	35	40	40

Bron: CBS

Opvallend is dat de datacenters in Amsterdam procentueel met piekvermogen dichter in de buurt zitten van hun gecontracteerde vermogen met 79% vergeleken met de datacenters in de Haarlemmermeer, die op 43% zitten. Als percentage van het technisch vermogen is dat weer vergelijkbaar. Andersom geldt dat in de Haarlemmermeer het gecontracteerde vermogen veel dichter in de buurt van het technisch vermogen zit. Voor de netbeheerders is het vooral belangrijk om te weten wat het gecontracteerde vermogen is. In de Haarlemmermeer is er meer ruimte voor groei in het energieverbruik door de datacenters.

In geval van een hyperscale werkt dit anders. Bedrijven als Google, Facebook en Microsoft hebben veel meer grip op infrastructuur, die ze hebben en zien een datacenter als een grote computer. Deze grote computer moet zo optimaal mogelijk functioneren. Hierdoor zijn ze theoretisch in staat om aansluitcapaciteit en afgenomen energie dichter op elkaar te laten aansluiten.

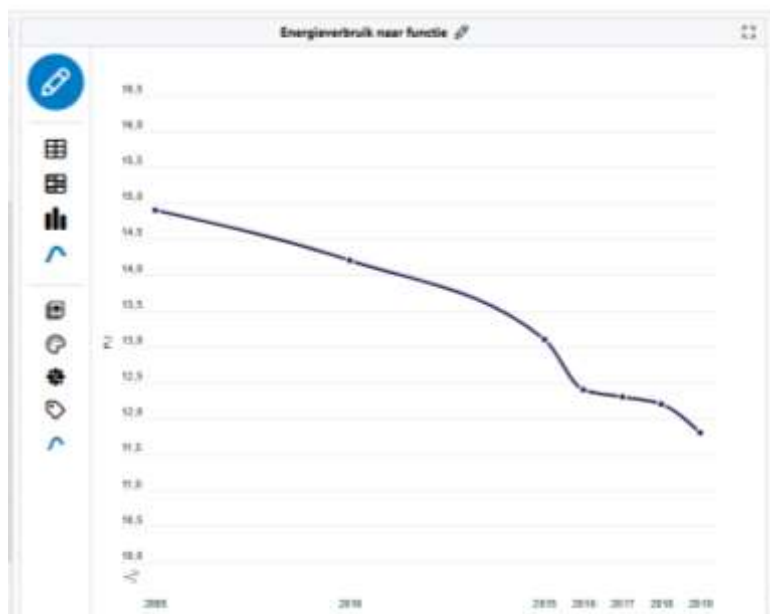
Bij het beoordelen van het energieverbruik van datacenters is het daarom zaak om de verschillende getallen en hun betekenis goed van elkaar te scheiden. Technisch vermogen en piekvermogen vertalen zich niet 1 op 1 door naar daadwerkelijk verbruik. Er zijn vele oorzaken voor de verschillen. Belangrijk is dat wanneer er uitspraken worden gedaan over verbruik dat altijd wordt getoetst over welk vermogen en verbruik wordt gesproken.

IV. Hoeveel energie? Een lastige puzzel

In de vorige paragrafen werd al duidelijk dat er verschillende waarden zijn die de energieaansluiting en het energieverbruik beschrijven. De vraag is dan hoeveel energie ICT in Nederland verbruikt en welk aandeel datacenters daar in hebben. Deze vraag wordt gesteld om een gevoel te krijgen voor de relatieve omvang van het energieverbruik van datacenters.

De cijfers over het werkelijke stroomverbruik van datacenters, netwerken en de gebruikersapparatuur zijn lastig te achterhalen. Aangezien iemand met kennis van zaken op basis van het werkelijke verbruik van een datacenter snel kan uitrekenen hoeveel computers er staan wordt dit onder de pet gehouden: het is concurrentiegevoelige informatie. Daar doet de sector zichzelf geen plezier mee, want mede hierdoor zijn er ook incorrecte cijfers en rare verhalen in omloop gekomen.

In deze paragraaf proberen we vanuit het energieverbruik van de sector als geheel in te zoomen op datacenters. De interessante bronnen zitten zo dicht mogelijk op de bedrijven zelf: bijvoorbeeld de informatieplicht die een deel van de sector heeft aan RVO en aan de regionale milieudiensten en informatie uit bijvoorbeeld de sociale jaarverslagen. Wordt bij de bepaling van het energieverbruik echter gebruik gemaakt van modellen, en dan hangt het sterk af van de gekozen factoren en kengetallen hoe relevant de uitkomsten zijn.



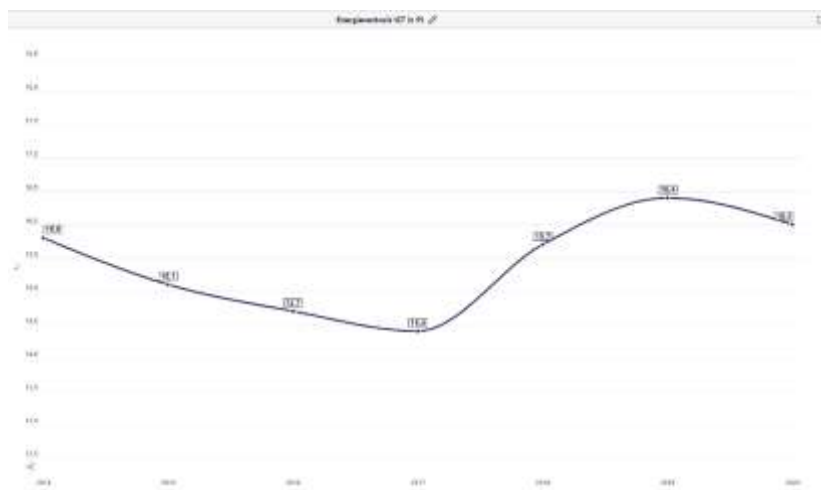
Figuur 16: energieverbruik ICT, ongecorrigeerde rapportage (bron: RVO/TNO)

In Nederland hebben RVO en TNO een poging gedaan om het energieverbruik van de ICT sector als geheel te modelleren. Deze cijfers lieten jarenlang een dalend energieverbruik zijn. Begin 2022 was er met terugwerkende kracht een correctie op het stroomverbruik van 30-50% naar boven.

In Figuur 16: energieverbruik ICT, ongecorrigeerde rapportage (bron: RVO/TNO) ziet u de grafiek van het Energieverbruik van de ICT⁴¹, zoals deze tot recent werd gerapporteerd en hieronder in Figuur 17: energieverbruik ICT, gecorrigeerd (bron: RVO, TNO) het energieverbruik zoals dat nu wordt gerapporteerd.

⁴¹https://energiecijfers.databank.nl/jive?workspace_guid=51256338-65bc-46ab-b4b9-bfb99bdf6e69

Dit is inclusief het energieverbruik van datacenters. De correctie laat zien dat de gebruikte modellen niet correct het energieverbruik van de sector inschatten. Dit onderzoek laat zien dat ook deze correctie nog nader gecorrigeerd zal moeten worden.



Finaal energieverbruik in de dienstensector voor de functie ICT, in Peta joule, 2013-2020

Jaar	ICT
2013	16
2014	16
2015	15
2016	15
2017	14
2018	16
2019	16
2020	16

Figuur 17: energieverbruik ICT, gecorrigeerd (bron: RVO, TNO)

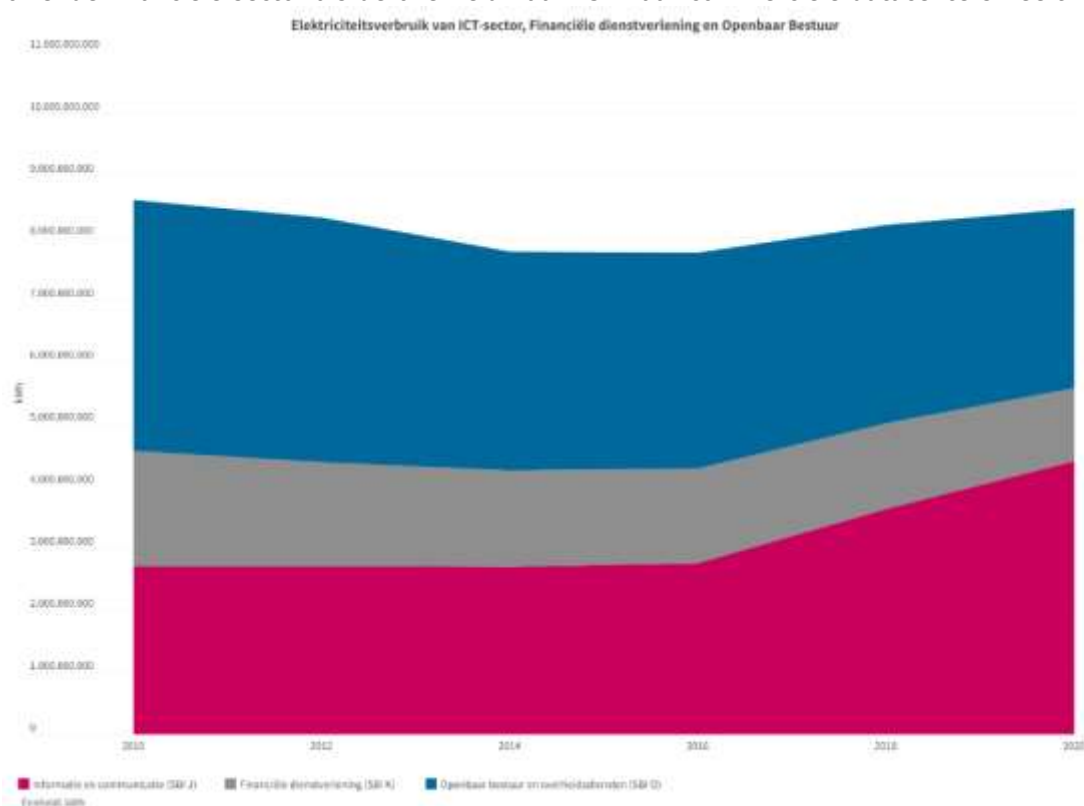
In het kader van het energieconvenant 'Meer Jaren Afspraak 3': MJA3 levert de RVO ook energiecijfers voor de ICT sector. Hiervoor rapporteren 40 organisaties over hun energieverbruik en de besparingen daarin. RVO schrijft aan Stratix over het energieverbruik: "Het totale werkelijke energieverbruik van de sector bedroeg 18.676,7 TJ in 2020. Dit is ongeveer 0,7% lager dan in 2019." De verklaring hiervoor zoekt RVO enerzijds in de pandemie, de efficiency verbetering in de sector en anderzijds in het aflopen van het MJA3 convenant, waardoor nieuwe vestigingen met veel groei niet in deze cijfers zijn meegenomen. Dit laatste deel van de zin is opvallend, omdat het impliceert dat een deel van de nieuwe locaties van deelnemers niet wordt genoemd. Het hier genoemde getal van 18.676,7 TJ (18,7PJ) is hoger dan de cijfers die RVO rapporteert in het kader van de Energieverbruik van de dienstensector voor de functie ICT.

Toch kunnen er nog vraagtekens worden gesteld bij de getallen zoals door RVO gerapporteerd. Zo nemen er maar 40 organisaties deel aan MJA3. Dit zijn de grote telecombedrijven, een aantal datacenter bedrijven en een aantal grote ICT-dienstverleners. 15 van de bedrijven zijn verschillende locaties van 2 colocationdatacenter bedrijven. Het MJA-Sectorrapport 2020 ICT zegt hierover; "De deelnemers van het MJA3-ICT convenant dekken nu ongeveer de helft van het energieverbruik van de complete ICT-sector."⁴² Als het getal van 18,7PJ maar de helft is, waar is dan de rest? Een deel van de verklaring zit volgens de rapportage in nieuwe vestigingen van de deelnemers. Die nieuwe vestigingen zijn in ieder geval een aantal colocationdatacenters. Google en Microsoft zijn geen deelnemers in de MJA3 afspraken en dus zijn hun hyperscale datacenters niet genoemd. Daarnaast zijn grootverbruikers van ICT, zoals het Rijk geen deelnemer in deze afspraken, omdat ze niet tot de ICT-sector behoren. Bovendien doen niet alle ICT-bedrijven mee met MJA3 afspraken. Mogelijk dat

⁴²MJA Sectorrapport ICT 2020 ICT, <https://www.nldigital.nl/wp-content/uploads/2021/11/Sectorrapport-ICT-2020.pdf>

ook een deel zit in energieverbruik van bijvoorbeeld het wagenpark van de consultants van grote ICT-dienstverleners.

De classificatie van de ICT-sector lijkt sowieso problematisch, lang niet iedere grootschalige gebruiker van ICT valt onder de sector. Dit lijkt in ieder geval ten dele te worden bevestigd door de CBS cijfers van het elektriciteitsverbruik van verschillende sectoren. De Informatie en Communicatiesector valt onder SBI klasse J. Het elektriciteitsverbruik van deze sector is gestegen tot 4,4TWh. Maar is dat wel al het energieverbruik die toegeschreven kan worden aan ICT? Als voorbeeld het elektriciteitsverbruik voor overheid en financiële dienstverlening. In dezelfde periode is het elektriciteitsverbruik van de financiële sector en de publieke sector gedaald. Het netto resultaat is dat van deze 3 sectoren het totale elektriciteitsverbruik stabiel is gebleven. Het is bekend dat zowel de financiële sector als de overheid haar ICT naar commerciële datacenters heeft verplaatst.



Figuur 18: elektriciteitsverbruik van ICT, publieke sector en financiële dienstverlening (bron: CBS)

Een intern rekencentrum viel mogelijk niet onder de sector ICT en dezelfde ICT in een commercieel datacenter wel.

In een onderzoek van Stratix voor de gemeente Haarlemmermeer werd ontdekt dat verschillende bedrijven die meestal wel tot de ICT-sector worden gerekend, niet als zodanig geregistreerd staan in het bedrijfsregister. Microsoft Datacenter Netherlands B.V. op Schiphol heeft een registratie als Financiële Holding en valt daarmee onder SBI - Financiële Instellingen (geen verzekeringen en pensioenfondsen), Microsoft's datacenter in Middenmeer is een nevenvestiging en valt dus ook onder deze SBI-sector. InterXion is een Beleggingsinstelling in financiële activa. Dit zien we ook met bedrijven die veel van hun verkopen via Internet doen, zo zijn Bol.com en Coolblue detailhandel via postorder. Dit maakt het nog weer complexer om een goede inschatting te maken van de grootte van de ICT-sector.

Het is ook waarschijnlijk dat er dubbeltellingen zijn in het energieverbruik van datacenters en het energiegebruik van gebruikers van datacenters. Zo kan het zijn dat de gebruiker van een datacenter zelf zijn energieverbruik bijhoudt en publiceert in corporate social responsibility rapporten, terwijl ook de uitbater van het datacenter dit doet. Dit type dubbeltellingen gebeurt soms zelfs door bedrijven in de sector, omdat dienstverleners (bijvoorbeeld webhosting bedrijven) ruimte en capaciteit huren bij andere datacenters en dit onder eigen naam en dienstverlening verkopen aan klanten. Het is dan ook niet eenvoudig voor de statistici om dit goed duidelijk te krijgen.

Het CBS heeft onderzoek gedaan waaruit blijkt dat in 2019 twee derde van de 4,4 TWh elektriciteit van de complete ICT-sector zich concentreert in datacenters (3,2 TWh). Dit is een kleine groep locaties die verantwoordelijk is voor 80% van het energieverbruik van datacenters in Nederland.

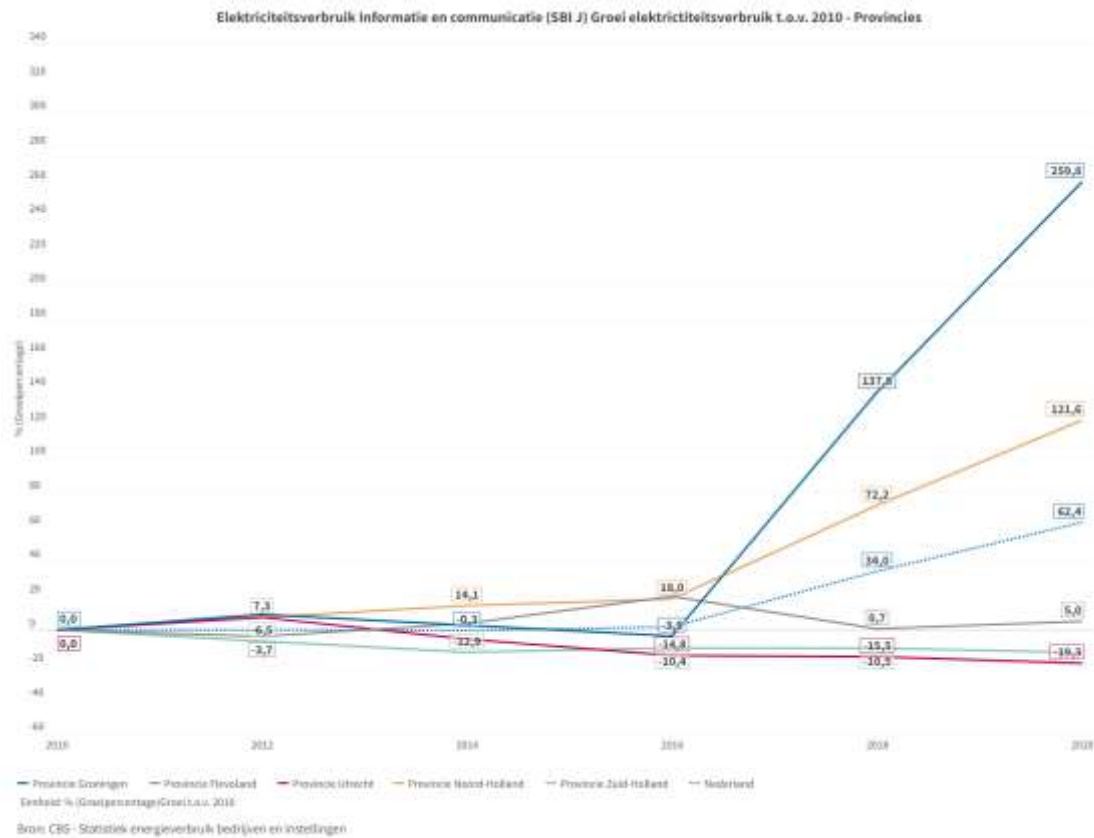
De kleinere locaties zijn in aantal en verbruik langere tijd stabiel. Met een gemiddeld verbruik van 2GWh per locatie is dit type datacenter maar 10% van het elektriciteitsverbruik. De CBS cijfers uit 2020 voor datacenters kennen niet dezelfde onderverdeling als de cijfers van 2019 die eerder werden aangehaald. Opvallend in de cijfers van 2020 is dat het aantal datacenters niet stijgt over de hele rapportage periode.⁴³

De 3,178TWh die het CBS vindt is 11,4PJ aan elektriciteitsverbruik door datacenters. De 4,4TWh is gelijk aan 15,8PJ voor de sector. Zelfs als we ruimhartig rekenen met het energieverbruik van leaseauto's etc. dan nog lijkt dit een grote afwijking te zijn met de 18,7PJ van RVO ten aanzien van MJA3, die dan weer de helft zou zijn van de sector.

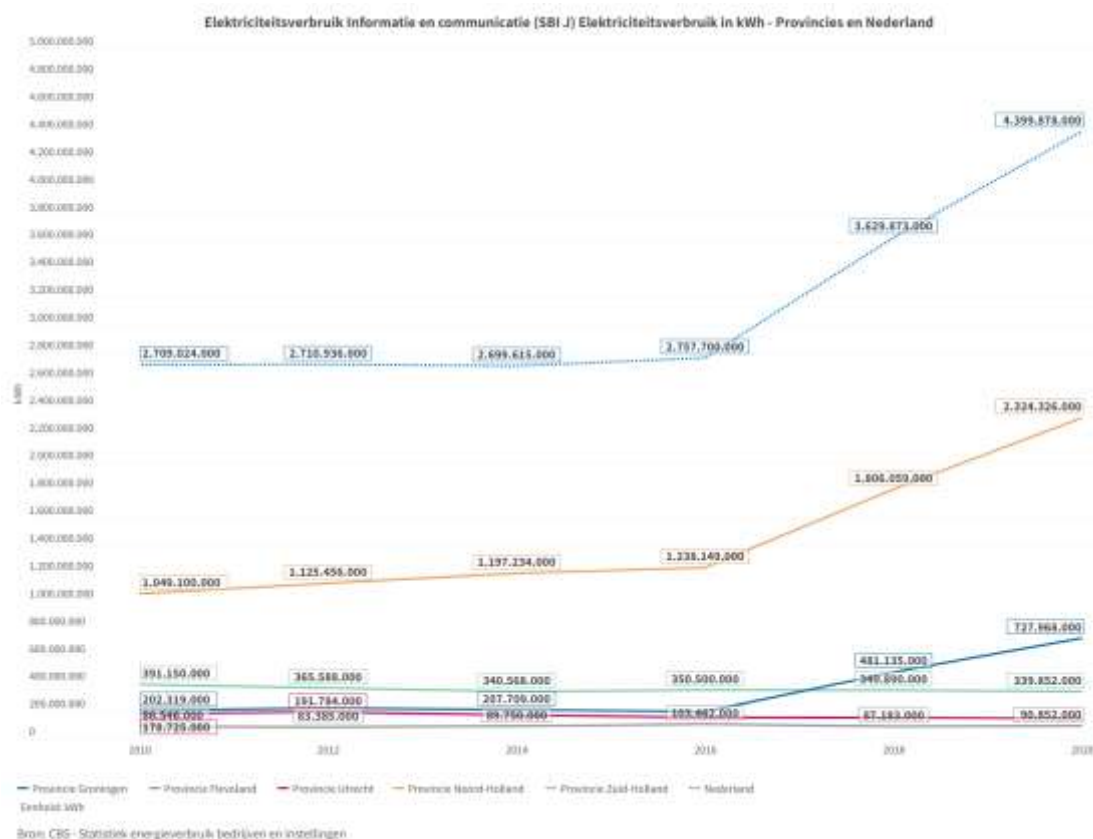
De Klimaatmonitor geeft wel gegevens over het elektriciteitsverbruik van de ICT-sector per provincie. Dit geeft een opvallend beeld, omdat het elektriciteitsverbruik in een aantal provincies sterk gestegen is, terwijl deze in andere gelijk is gebleven. In heel Nederland is het elektriciteitsverbruik gemiddeld met 62% gestegen, maar in Groningen is dat 260% en in Noord-Holland 120%. Vertaald naar absolute getallen dan blijkt ook daar dat in Noord-Holland en Groningen de groei in het elektriciteitsverbruik van de sector zeer sterk gestegen is. De groei in het verbruik in die twee provincies is met 1.6TWh vergelijkbaar met de groei in het elektriciteitsverbruik van de datacenters uit de statistieken van het CBS. Deze groei lijkt heel goed samen te vallen met het actief worden van een aantal grootschalige colocation en hyperscale datacenters. Waarom dat niet zichtbaar is in het aantal adressen dat het CBS onderscheidt is nog onduidelijk.

Het lijkt er op dat de wijze waarop het CBS, TNO, RVO en PBL hun gegevens verzamelen leidt tot een bepaalde mate van onderrapportage van het elektriciteitsverbruik van ICT in Nederland. Een deel van het verbruik zit nog in de individuele sectoren. Een deel van deze sectoren, zoals bijvoorbeeld de financiële dienstverlening en de publieke sector laten vrij substantiële daling van het energieverbruik zien. Een deel van deze daling in elektriciteitsverbruik zal te maken hebben met het sluiten van gebouwen en locaties en energiebesparende maatregelen, maar het toenemende gebruik van ICT en professionele datacenters zal ook effect hebben. Het Rijk heeft zijn datacenters gereduceerd van 64 naar 4, waarvan 2 commercieel worden ingekocht. Het elektriciteitsverbruik van de commercieel ingekochte datacenters wordt gerapporteerd onder de ICT-sector, terwijl de eigen datacenters van het Rijk vallen onder de Publieke Sector.

⁴³ Let op, er zit een fout in de tabel, waarbij voor 2017 en 2018, maar 200 adressen bij het totaal worden genoemd, maar niet 205 zoals uit het deel aantal volgt.



Figuur 19: groei elektriciteitsverbruik sector ICT per provincie (bron: CBS)



Figuur 20: elektriciteitsverbruik sector ICT per provincie (bron: CBS)

De statistische organisaties zijn zich al meer bewust van de mogelijke problemen met hun gegevens. Naar aanleiding van het maatwerkonderzoek van het CBS naar aan datacenters geleverde energie passen TNO en het Planbureau voor de Leefomgeving hun modellen ook aan. In deze modellen werd een afwijking van 2 miljard kWh geconstateerd, op een waarde van 0,7 miljard kWh voor het elektriciteitsverbruik van datacenters. Het is tekenend voor de informatie die over de sector beschikbaar is dat zelfs deze respectabele instituten moeite hebben om goede cijfers boven tafel te krijgen en positief dat hierover openlijk gecommuniceerd wordt.⁴⁴

⁴⁴ TNO 2020 P11691 Verwachte effecten van de energiebesparingsplicht uit de Wet milieubeheer <https://publications.tno.nl/publication/34638001/2jkXMi/TNO-2020-P11691.pdf>

Tabel 3. Energieverbruik in de dienstensector per bedrijfstak en het deel daarvan dat behoort tot de doelgroep van de energiebesparingsplicht. Bron: PBL, KEV 2020.

Bedrijfstak	Gebouwtypen en sectoren	Totaal energieverbruik			Energieverbruik doelgroep	
		Gas [mln m ³]	Elektriciteit [mln kWh]	% m ² gbo	Gas [mln m ³]	Elektriciteit [mln kWh]
Autoschade + Mobiliteit	Autoschadeherstelbedrijf plus garage en showroom in sector G	116	878	67%	78	589
Bedrijfshallen	Bedrijfshallen in G t/m O, S en U	1.041	9.684	98%	1.019	9.478
Datacenters	Datacenter in sector J	3	703	100%	3	701
Detailhandel	Supermarkt en winkel zonder koeling in sector G, J t/m Q, S	315	3.015	72%	226	2.158
Gezondheid	Ziekenhuis, tehuis met overnachting en praktijk in sector Q en praktijk in sector G	473	3.047	89%	419	2.705
Hotels en restaurants	Hotels en restaurants in sector G, hele sector I behalve bedrijfshallen	343	2.029	92%	316	1.867
Kantoren	Alle gebouwen in sector J t/m O, S en U behalve bedrijfshallen en winkels	620	3.842	87%	537	3.332
Onderwijs	Basisonderwijs, voorgezet onderwijs en hoger onderwijs in sector P plus dagopvang in sector Q	338	1.520	83%	282	1.266
Sport en recreatie	Alle gebouwen in sector R en bijeenkomst in sector S	383	1.584	90%	345	1.425
Totaal		3.632	26.300	89%	3.224	23.521

¹ Uit onderzoek van CBS blijkt dat het elektriciteitsverbruik van datacenters in 2019 zo'n 2,7 miljard kWh was. Zie [Elektriciteit getevoerd aan datacenters, 2017-2019 \(cbs.nl\)](#). Dit is veel hoger dan de 0,7 miljard kWh in 2018 die is verondersteld in de KEV2020. Met de nieuwe cijfers van CBS zal in de KEV 2021 meer verbruik aan de datacenters worden toegerekend. Omdat het totale elektriciteitsverbruik van de dienstensector in 2019 in de KEV 2020 wel overeenkomt met de CBS statistiek uit de energiebalans, zal het elektriciteitsverbruik van andere gebouwtypen lager zijn.

Figuur 21: aanpassing door RVO

V. Relatieve beslag ICT en datacenters

Aanbod en verbruik van elektriciteit		2015	2016	2017	2018	2019**
Totaal verbruik		119,0	120,1	120,8	122,1	122,0
w.v.	Energiesector ¹⁾	5,7	5,8	5,6	5,7	5,6
	Nijverheid ²⁾	34,4	35,7	35,9	35,9	35,7
	Woningen ³⁾	22,6	22,6	22,6	23,0	23,4
	Vervoer ⁴⁾	1,7	2,0	2,0	2,1	2,4
	Dienstverlening, landbouw en visserij ⁵⁾	45,4	45,1	46,2	47,7	48,1
	Inzet voor omzettingen ⁶⁾	4,5	4,2	3,8	3,4	3,5
	Distributieverliezen en statistische verschillen ⁷⁾	4,7	4,8	4,7	4,3	3,3
Totaal verbruik		428,3	432,3	434,7	439,5	439,1

Bron: CBS 2021a (aanbod van elektriciteit), CBS 2021b (verbruik van elektriciteit)

Figuur 22: verbruik van elektriciteit per sector (bron: CBS 2021)

Het energieverbruik van datacenters steekt af tegen de cijfers voor energieverbruik in Nederland als geheel. Voor heel Nederland daalt het energieverbruik aldus het CBS, van 3139 Peta Joule in 2016 naar 2946 Peta Joule in 2020. Het elektriciteitsverbruik stijgt licht, van 428,3 miljard kWh in 2015 naar 439,1 miljard kWh in 2019. De cijfers voor de ICT sector als geheel zijn hiermee in overeenstemming. Omdat het energieverbruik en elektriciteitsverbruik van de sector licht stijgen en die van Nederland licht dalen, stijgt het aandeel dat met name de grootste datacenters hierin hebben. Maar in hoeverre dit groei is of verplaatsing vanuit andere sectoren is onduidelijk.

In Duitsland is begin 2022 de actuele situatie beschreven, specifiek voor datacenters. Voor de trendanalyse wordt teruggegrepen op oudere cijfers van het onderzoeksinstituut Borderstep, dat in 2020 publiceerde. De groei van het energieverbruik in de sector is lager dan in Nederland, wanneer de trend met de CBS cijfers wordt vergeleken, maar ook hier is het patroon van een stijgend energieverbruik te zien. Door de onderzoeker wordt hierbij opgemerkt dat de capaciteit van de beschikbare infrastructuur in dezelfde periode zeker vervijfvoudigd is.

Energiebedarf von Rechenzentren in Deutschland

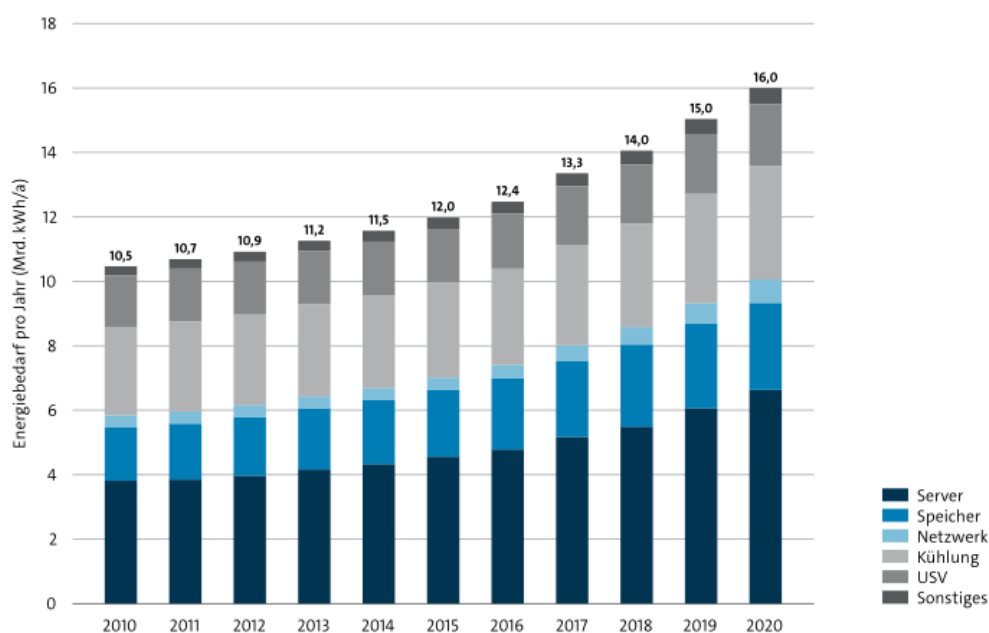


Abbildung 28 – Energiebedarf der Rechenzentren und kleineren IT-Installationen in Deutschland (in Mrd. kWh/a)

Quelle: Borderstep 2020

Figuur 23: energieverbruik rekencentra in Duitsland (bron: Borderstep)

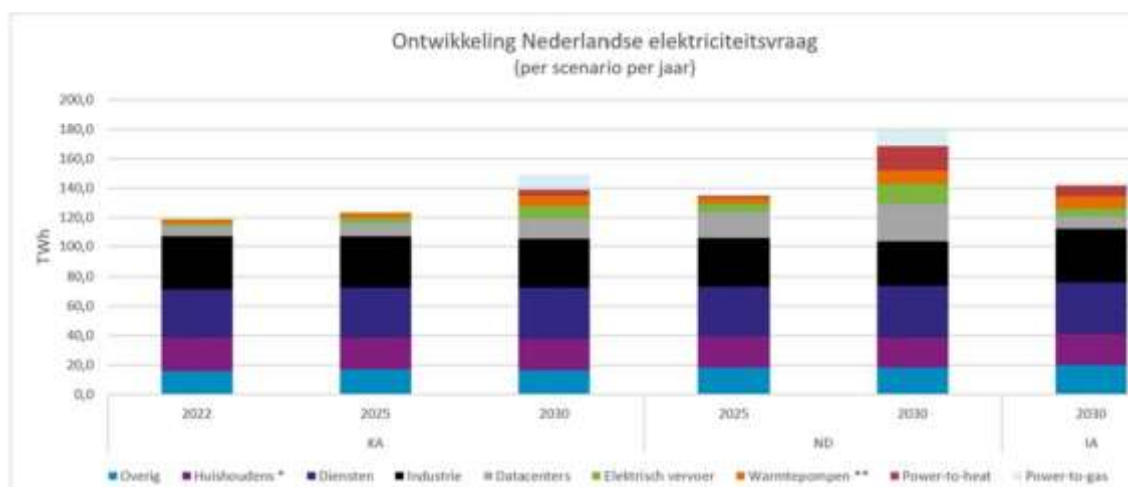
Deze cijfers brengen vooral de trends in beeld. Binnen de ICT sector is het stroomverbruik stabiel, maar door de groei van de datacenters geldt daar voor de som van alle locaties in Nederland een stijging. In het vervolg plaatsen we dit in context: aan de hand van het gebruik van de functionaliteit, door te kijken naar de mogelijkheden voor energiebesparing en door te kijken naar de aansluitingen en aansluitcapaciteit van het stroomnetwerk.

VI. Groei energieverbruik en aansluitcapaciteit

Gezien de ontwikkelingen in de sector is er vraag genoeg naar nieuwe datacenters. Het vestigingsbeleid van de Metropool Regio Amsterdam en de keuzes van de Rijksoverheid zijn hierbij sturende factoren, die bepalen of bouw- en uitbreidingsplannen al dan niet succesvol zijn. Zo wordt op dit moment gewerkt aan landelijk beleid voor hyperscale datacenters en is een moratorium ingesteld (persbericht BZK 2022).

Een van de belangrijkste randvoorwaarden voor de groei van datacenters is de aanwezigheid van een betrouwbare stroomvoorziening. In de regio Amsterdam is Liander hiervoor de aangewezen partij, die uiteindelijk op het landelijke netwerk van Tennet aansluit. In die situaties waarin de capaciteit van Liander tekort schiet wordt ook gewerkt aan een directe aansluiting op het netwerk van Tennet (situatie Facebook, Liander 2019, 2021).

Er is sprake van krapte op het stroomnetwerk in de regio. Dit is het gevolg van investeringskeuzes in het verleden, waardoor de ontwikkeling van het elektriciteitsnet versneld wordt om aan te sluiten op de groei van het elektriciteitsgebruik. Daarnaast zetten de energietransitie en de groei van het energieverbruik in algemene zin druk op het net. Er sluiten teveel grootverbruikers aan, uit alle takken van de industrie. Liander geeft aan dat hierdoor het aansluiten van datacenters op het normale net onhoudbaar is (Liander 2019, Parool 2021).



Figuur 24: verwachting Liander elektriciteitsverbruik datacenters (bron: Liander)

Liander lijkt er vanuit te gaan dat in Nederland de energiebehoefte van datacenters zal groeien van de huidige 3,2TWh (conform CBS) naar 22-24TWh zal gaan in 2030. Liander gaat daarbij uit van een extrapolatie van een studie van CE Delft en Buck Consulting uit 2020.



Figuur 25: schatting markt vraag (bron: Buck/CE Delft)

Buck en CE Delft stelden in 2020 nog dat het meest extreme scenario nog niet extreem genoeg was. Zij stelden: "De observatie van de belangrijke partijen die actief zijn in de MRA-datacentermarkt is dat de vraag sneller groeit dan voorzien in 2018, en dat (als vraagindicatie) het maximale scenario

van Stratix (2.000 MW bijbouwen) het meest realistisch lijkt (en waarschijnlijk een onderschatting is)".⁴⁵

Scenario	Tot 2030 bij te bouwen in de MRA
Amsterdam Datah(e)aven	2 GW
# Delete Facebook	200 MW
Vastlopen op het elektriciteitsnet	200MW in MRA, 500MW erbuiten
Overaanbod	1 GW, maar echt gebruik blijft achter

Figuur 26: scenario's groei datacenters (bron: Stratix)

Deze studie baseert zich weer op een scenario van Stratix (Amsterdam Datah(e)aven) uit 2018 waar in gezegd werd dat als er in en rond Amsterdam geen enkele beperking ten aanzien van datacenters zou aandoen en er geen enkel bouwplan zou worden afgekeurd, dat dan het energieverbruik zou kunnen toenemen tot 2 Gigawatt. Hier is door Buck en CE Delft nog een kop op gezet omdat zij de toenmalige aanvragen als hoger inschatten dan waar Stratix vanuit ging en zij schatten in dat het energieverbruik van de netwerken tussen de datacenters en in Nederland gigantisch zou stijgen door de datagroei. Beide situaties hebben zich niet voorgedaan. Er gaan tot 2030 zeker geen 10 tot 20 datacenters ter grote van dat van Meta in Zeewolde bijgebouwd worden. Daarbij bleken de studies over het energieverbruik van data in netwerken op de verkeerde wijze het energieverbruik om te rekenen naar een energieverbruik per Gigabyte (kWh/GB) en dit daarna te extrapoleren met de groei in dataverbruik. Recente studies, zoals die van Bergmark, Lunden en Malmodin (2022) laten overduidelijk zien dat er geen koppeling is tussen energieverbruik en dataverkeer. Sterker nog, Stratix wil hier wel stellen dat de veel gebruikte waarde kWh/GB uit academische studies zou moeten worden verbannen.

⁴⁵ https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/03/CE_Delft_190375_MRA-strategie-datacenters_DEF.pdf

Annex B Koeling en efficiency

Naast de stroom die de computers zelf nodig hebben is er in een datacenter nog een grote factor van belang, en dat is de koeling.

I. Soorten koeling

De computers zetten een groot deel van de energie om in warmte. Hierdoor worden de chips heet. Hoe sneller de chips werken, hoe meer warmte ze produceren. De temperatuur mag niet te hoog zijn, want boven een bepaalde temperatuur kunnen de chips minder goed functioneren. Om deze reden zitten er koelers op de meest energie-intensieve chips. Deze laten een luchtstroom of een vloeistof over een warmtewisselaar gaan om de hitte af te voeren. Deze warmte geven ze af aan de lucht en apparatuur rond de computers, waardoor de omgevingstemperatuur stijgt. Dit is weer van invloed op de temperatuur van de chip en daarom is ook de koeling van de omgeving van de computers van groot belang.

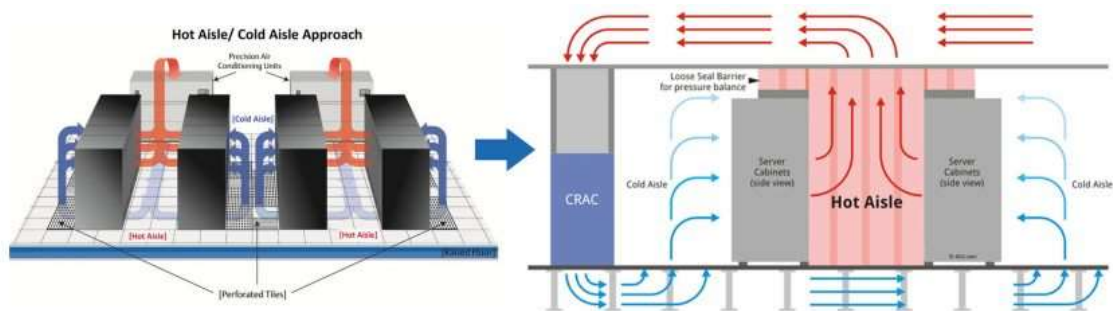
Er zijn verschillende vormen van koeling:

- Met buitenlucht (net zoals het openzetten van een raam in huis, maar op grotere schaal).
- Met actieve koeling en warmtewisselaars (vergelijkbaar met de airconditioning en koelkast in huis).
 - o Hiervoor kan water worden ingezet, zie hoofdstuk 6 'Water'.
 - Waterkoeling kan gebruikt worden om de buitenlucht koeling te versterken, door op warme dagen de lucht voor te koelen door middel van verdamping.
 - Waterkoeling kan werken door koud water (uit bijvoorbeeld de zee door het datacenter te pompen).
 - Water kan ook het medium zijn waar de warmte mee wordt afgevoerd, bijvoorbeeld naar een warmtenet.
- Met vloeistofkoeling in de servers.

Het voordeel van het Nederlandse klimaat is dat het zich goed leent voor koeling met buitenlucht: behalve tijdens de warmste periodes in de zomer kan er goed met buitenlucht gekoeld worden. En in tegenstelling tot hele koude landen hoeft de lucht in de winter niet voorverwarmd te worden. Als kostenpost en energieverbruiker krijgt de koeling veel aandacht, zowel van de bedrijven zelf als vanuit de overheid.

De Nederlandse context is zo dat de koeling gelaagd kan worden opgebouwd: een basissysteem met een back-up voor zeer warme dagen. De basis wordt gevormd door een efficiënt koelsysteem dat op basis van luchtkoeling werkt, wat goed gaat zolang de buitentemperatuur niet te hoog is. De back-up is een aanvullend systeem dat wordt ingezet voor de warme dagen en bijzondere situaties. Het is de garantie dat het datacenter kan blijven functioneren.

In het datacenter zelf wordt de koeling ingericht afhankelijk van de bezetting en situatie in het pand. Het is mogelijk een volledige ruimte te koelen, maar inmiddels is het gebruikelijk de koeling specifiek in te zetten daar waar warmte geproduceerd wordt. Dit doet men door koude en hete gangen in te richten en ervoor te zorgen dat de lucht zich niet kan mengen.



Figuur 27: koude en warme gangen in datacenters

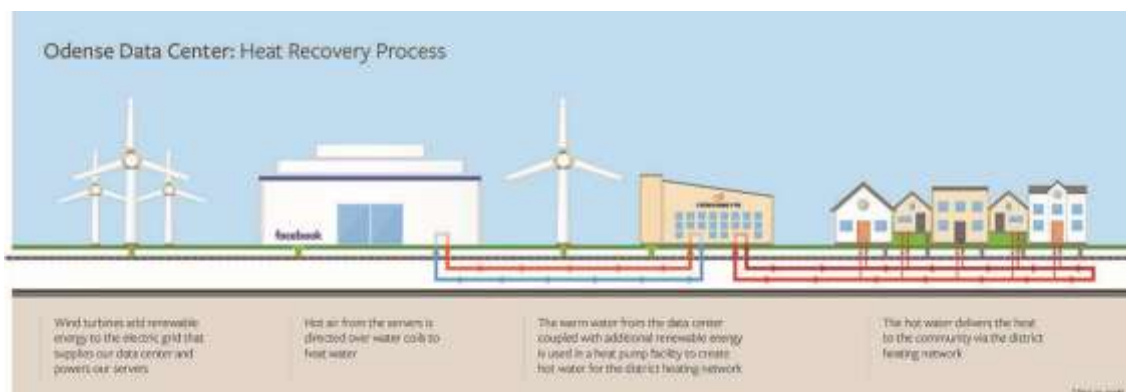
De nieuwste ontwikkeling is volledige vloeistofkoeling en komt uit de hoek van de supercomputers. Het onderdompelen van een rack of individuele server in koelvloeistof maakt het mogelijk om de chips op hogere snelheden te laten functioneren. De vloeistof kan hogere temperaturen bereiken dan lucht en deze middels warmtewisselaars afgeven aan bijvoorbeeld een warmtenet. In Nederland zijn enkele startups actief met deze techniek (o.a. <https://www.ixora.eu>) maar ook grote organisaties als Microsoft berichten erover als een nieuwe manier om de efficiency van datacenters te verhogen.

Het debat over de toepassing van efficiëntere koeling speelt al lang. Rond 2000 werden datacenters ingericht op basis van de ervaringen van de rekencentra van bedrijven en overheden. Per rack werd uitgegaan van 2000W aan computerverbruik en dus warmte. Na 2000 maakten innovaties in software (Linux) en netwerken het mogelijk om veel meer chips in een rack te stoppen en al snel 10 kW in een rack te herbergen. Het gevolg was dat veel datacenters maar voor een kwart gevuld waren omdat ze de warmte niet konden verwerken. Sindsdien is innovatie van koeling zeer belangrijk, ook omdat de efficiency van het koelsysteem bepaald hoe zwaar de computers kunnen worden belast en hoeveel stroomverbruik het datacenter heeft. Vanuit de verplichting die bedrijven hebben om energie te besparen is er veel aandacht voor (AgentschapNL, 2012, DCMR, 2013). In de maatregelenlijst van RVO wordt tot in detail over koeling gesproken en worden voorstellen gedaan om hiermee energie te besparen. De mate waarin dit wordt toegepast is rapportageplichtig, waardoor RVO in beginsel zicht heeft op de mate waarin deze maatregelen worden toegepast (RVO 2020).

II. Koelen om te verwarmen

Onderdeel van de energietransitie en van efficiency in energiegebruik is het benutten van restwarmte. Als de warmte uit een datacenter via een warmtewisselaar kan worden afgevangen en geschikt te maken is voor gebruik op een andere locatie kan dit interessant zijn, zeker in het licht van de stijging van de energieprijzen. De warmteafgifte kan niet alleen tot besparingen leiden bij de ontvanger maar ook in het datacenter zelf (RVO 2018).

De kansen voor restwarmte zijn onderzocht in opdracht van RVO (2018). Een datacenter kan 24 uur per dag warmte leveren van een lage temperatuur, die zonder aanvullende maatregelen niet zomaar ingezet kan worden voor andere toepassingen. Toch is de inschatting van de onderzoekers dat – afhankelijk van de ontwikkeling van de energieprijzen – de overgrote meerderheid van de datacenters geschikt zou zijn om energie te leveren aan andere verbruikers.



Figuur 28: schematische weergave hergebruik warmte Facebook Odense (bron: Facebook)

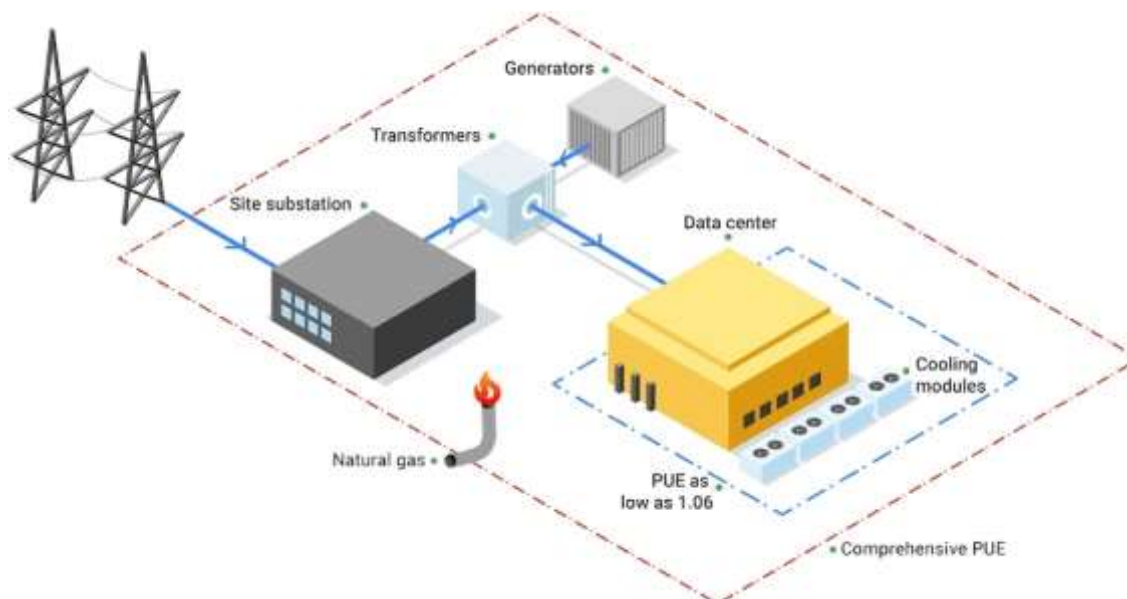
De uiteindelijke toepassing vraagt tot nu toe om lokaal maatwerk: is er een warmtenet in de buurt waarop aangesloten kan worden? Of worden organisaties direct aan elkaar gekoppeld, en hoe zit het dan met leveringszekerheid? Dat maakt het gebruik van restwarmte een aanvullende complexiteit bij de bouw en uitbreiding van datacenters, waarbij er zowel vanuit de sector als vanuit de omgeving enthousiasme lijkt te bestaan voor het aangaan van dergelijke samenwerkingsverbanden (expertisecentrumwarmte 2021).

In de Regionale Energie Strategie voor de regio Noord-Holland-Zuid komt het gebruik van restwarmte ook terug, met als actie het opstellen van beleid (2021). Aangezien er al verschillende praktijkvoorbeelden zijn lijkt dit wat terughoudender te zijn dan strikt noodzakelijk.

III. Efficiency van datacenters

De efficiency van een datacenter wordt uitgedrukt in de PUE, Power Usage Effectiveness, een maat voor de hoeveelheid extra energie die nodig is om het primaire proces (de computers en netwerken zelf) te laten functioneren. Een decennium geleden was een datacenter met een PUE van 2 heel gebruikelijk, op dit moment ligt de lat bij maximaal 1,1 tot 1,2. Het berekenen van de PUE vergt wel enige aandacht.

PUE geeft de verhouding aan tussen de hoeveelheid elektriciteit die gebruikt wordt voor het primaire proces van een datacenter en wat er nodig is om de rest van de systemen te ondersteunen. Dat betekent dat zowel boven als onder de deelstreep een verandering kan optreden die effect heeft. Een datacenter dat leeg is heeft een oneindige PUE. Zelfs al branden alleen de lampjes van de nooduitgang, dan nog wordt er energie verbruikt en er zijn geen computers en netwerken actief. Boven de streep staan de kantoren voor het personeel van het datacenter, de liften, beveiliging, noodstroom, aggregaten, airconditioning voor kantoren, koffieautomaat, etc. De rapportage van PUE door marktpartijen is niet altijd eenduidig. Zo zegt Google ook haar stroomvoorziening inclusief onderstation mee te nemen. Andere partijen rapporteren alleen de PUE van het servergebouw.



Figuur 29: structuur van een datacenter. Onderdelen die in PUE worden gerekend (bron: Google)

Onderaan de streep staan de netwerken, computers en opslag die de dienstverlening mogelijk maken. De mate waarin de computers worden belast en daarmee hun stroomverbruik verlaagt de PUE. Hoe voller een datacentrum is, hoe lager de PUE van het datacentrum. Dit is ook de reden dat hyperscale datacentra de laagste PUE kunnen hebben. Zij bouwen de datacentra rond het gewenste verbruik van de servers. Een collocatie datacentrum heeft geen zeggenschap over hoe haar klanten hun ICT verbruiken en of ze alle racks en faciliteiten optimaal benutten. Er kan zelfs de situatie ontstaan, dat wanneer klanten hun stroomverbruik reduceren, door bijvoorbeeld een deel van de servers in eco-modus te draaien de PUE van het datacenter iets stijgt, omdat een deel van de faciliteiten een vast verbruik heeft.

De discussie over hergebruik van warmte in warmtenetten is een aandachtspunt in de discussie over PUE. Een warmtenet kost extra energie voor het datacentrum en doet de PUE stijgen. Het bespaart ergens anders wel energie doordat bijvoorbeeld een gebouw wordt verwarmd. Een mogelijke manier om hier rekening mee te houden is om de afgegeven warmte te verrekenen in een separaat getal, een soort netto-PUE.

IV. PUE: niet de basis voor beleid

Het energieverbruik van een datacenter is een afgeleide van de oppervlakte van het datacenter en de IT-apparatuur die wordt gebruikt. De collocatie datacenters die in Amsterdam staan hebben een diverse hoeveelheid apparatuur op de datacentervloer staan. Zoals gezegd is er een substantieel verschil tussen verbruik en gecontracteerd vermogen. In Amsterdam is de beperkende factor voor het verbruik vooral de oppervlakte die kan worden gebruikt. Er is niet veel ruimte om grootschalig te bouwen en dat beperkt het energieverbruik in zekere zin.

Ten aanzien van het energieverbruik worden soms eisen gesteld, met als doel een zo efficiënt mogelijk datacenter te realiseren. Zo stelde het Rijksvastgoedbedrijf de eis dat het datacenter van Meta in Zeewolde een Power Usage Effectiveness (PUE) moest hebben van 1.1. Beheerders van

datacenters zijn bekend met de PUE factor en sturen aan op een steeds lagere waarde. PUE is een getal dat uitdrukt wel deel van het totale stroomverbruik van een datacenter te maken heeft met de geplaatste IT. Overheden sturen graag op een lage PUE, omdat dit lijkt te zeggen dat het datacenter efficiënt is.

Voor het sturen op een lagere PUE zijn er verschillende redenen. Het eerste reden is dat bij een colocation datacenter een lage PUE simpelweg betekent dat er meer stroomcapaciteit overblijft voor klanten. Om de PUE te verlagen is er meer nodig dan het eenmalig sturen op zuinige Operationele Techniek (OT): onder andere de installaties voor koeling, blussen en de monitoring van het gebouw. Elke verandering aan de inrichting van het gebouw en de IT van klanten zorgt voor een andere verhouding tussen totaal beschikbaar vermogen en het door de IT opgenomen vermogen. Met andere woorden een PUE-waarde zal bijna altijd enige variatie kennen.

Hyperscalers zijn een uitzondering op die regel, omdat daar de standaardisatie van IT en OT-hardware zo ver is doorgevoerd dat de schommelingen bij de PUE zeer gering zijn. Ook speelt een rol dat dit type gebouw vanaf de start van de operatie beter gevuld zal zijn dan een nieuwe zaal of vleugel van een colocation datacenter.

De tweede reden voor een lage PUE-waarde is dat bedrijven zich willen onderscheiden en de PUE laat zien dat men in staat is op een efficiënte en zuinige wijze de dienstverlening aan te bieden. Lang niet alle klanten van colocation datacenters zien de PUE factor als een belangrijk criterium voor het bepalen van de keuze. Ofwel ze zien geen direct voordeel of ze zijn bekend met de kritiek op deze eenheid. Want kritiek op de PUE is er zowel nationaal als internationaal. Bij aanbestedingen kan er om gevraagd worden of hanteert men een maximale waarde. Mede daarom communiceren vooral colocation datacenters die zich op markten richten waar aanbestedingen voorkomen vaker over de PUE.

De PUE factor is geen vaste waarde. Net als de vullingsgraad van de ruimte met IT, bepalen ook de IT-belasting, de buitentemperatuur en luchtvochtigheid wat de verhouding tussen beschikbaar vermogen en door de IT verbruikt vermogen is. Sterker nog, soms stijgt de PUE door energiebesparende acties. In Amsterdam zijn er bijvoorbeeld afspraken om servers die niet op vol vermogen functioneren minder hard te koelen of in eco-stand te laten functioneren. Hierdoor stijgt de PUE van het datacenter, omdat de IT minder elektriciteit verbruikt.

Er zijn scenario's denkbaar, waarbij het strak sturen op een lage PUE andere doelen, zoals het beschikbaar stellen van bruikbare restwarmte in de weg staat. Om die restwarmte aantrekkelijk te maken ligt het gebruik van koeling op basis van vloeistof meer voor de hand dan luchtkoeling. Het PUE-calculatiemodel stamt echter uit een tijd (2007) dat er alleen luchtkoeling bestond. Het rondpompen van vloeistof en het hebben van warmtepompen kan betekenen dat de ondersteunende systemen meer energie verbruiken ten opzichte van de IT. Dat dit elders in de keten wel grote besparingen oplevert, doordat bijvoorbeeld huizen en gebouwen niet hun eigen warmte hoeven op te wekken, wordt niet in de berekening van PUE meegenomen. Vasthouden aan het bestaande, oude model, kan dus zinvolle en waardevolle innovaties hinderen. Alleen al daarom verdient het de voorkeur bij beleid de PUE geen doorslaggevende rol te laten spelen.