

TNO VERTROUWELIJK

Leeghwaterstraat 44
2628 CA Delft
Postbus 6012
2600 JA Delft

www.tno.nl

T +31 88 866 22 00

TNO-rapport**TNO 2022 R10740****Toets op het aangepaste plan van de
gemeente Zeewolde voor de bouw van het
datacenter van Meta**

Datum	21 april 2022
Auteur(s)	Dr.ir. M.C. Clarijs, Dr. R.E.J. Kemp, Ing. W. Kornaat, Dr. L.H. Sloof- Hoek, Dr.ir. I.J.J. van Straalen, Dr.ir. M.R.A. van Vliet
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	23 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	
Opdrachtgever	Rijksvastgoedbedrijf
Projectnaam	Toetsing datacenter
Projectnummer	060.52946

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2022 TNO

TNO VERTROUWELIJK

Managementuittreksel

Titel : Toets op het aangepaste plan van de gemeente Zeewolde voor de bouw van het datacenter van Meta

Auteur(s): Dr.ir. M.C. Clarijs, Dr. R.E.J. Kemp, Ing. W. Kornaat, Dr. L.H. Sloof-Hoek, Dr.ir. IJ.J. van Straalen, Dr.ir. M.R.A. van Vliet

Datum : 21 april 2022

Opdrachtnr. : 060.52946

Rapportnr. : TNO 2022 R10740

In opdracht van het Rijksvastgoedbedrijf (RVB) heeft TNO een toets uitgevoerd op het aangepaste plan van de gemeente Zeewolde¹ voor de bouw van het datacentrum van Meta, op basis van de door het RVB gestelde randvoorwaarden. In voorliggend rapport zijn de resultaten van deze toets uitgewerkt. Om tot een toetsing te komen zijn een viertal toetsvragen beschouwd. In de hoofdtekst van het rapport zijn per toetsvraag de conclusie en toelichting uitgewerkt. In dit managementuittreksel is per toetsvraag de conclusie samengevat.

Toetsvraag 1

Is voor energiegebruik en duurzaamheid door de datacenterexploitant invulling gegeven aan beide onder a en b genoemde randvoorwaarden:

- a. minimaal energiegebruik en maximale duurzaamheid?
 - b. dat de energie-efficiëntie ook in de jaren na ingebruikname dient te voldoen aan de stand van de techniek, volgens de norm van efficiënte datacenters?
- Op dit moment wordt als norm voor de meest efficiënte datacenters door CRa een PUE van 1,1 genoemd².

Conclusie toetsvraag 1a

Het datacenter wordt uitgevoerd met een luchtbehandelings/koelsysteem dat gebruik maakt van vrije koeling aangevuld met directe verdampingskoeling. Voor een gematigd zeeklimaat zoals in Nederland, is dit een energie-efficiënte keuze uitgaande van een goed ontwerp en een goede regeling van het luchtbehandelings/koelsysteem. Volgens opgave is het verwachte jaarlijks verbruik van de servers en netwerk kern circa 91%, hetgeen neerkomt op een PUE van 1,1. Uit algemeen toegankelijke informatie blijkt dat een dergelijke PUE haalbaar is met het voorgestelde luchtbehandelings/koelsysteem. Omdat de PUE vooral een beeld geeft van het energiegebruik van alle secundaire systemen die nodig zijn om de primaire systemen te laten werken, kan gesteld worden dat bij een PUE van 1,1 sprake is van een energie-efficiënt datacenter.

De duurzaamheid die wordt nagestreefd is gebaseerd op de LEED-certificering, waarbij LEED-graad Goud wordt nagestreefd. LEED-graad Goud is echter niet de hoogste LEED-graad Platinum, waardoor er geen sprake is van maximale duurzaamheid. Tevens zijn er intenties aangegeven aangaande besparen van

¹ Brief met memorandum en bijlagen van College B&W Zeewolde aan de minister van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening d.d. 10 maart 2022

² CRa advies Leren van een datacenter in Zeewolde, juli 2021

energie en water, gebruik van lokaal beschikbare materialen en toeleveranciers met zelfde intenties, beperken van afval tijdens de bouw en nastreven van gezonde werkomstandigheden. Echter er zijn geen aanknopingspunten gegeven hoe de duurzaamheid die wordt nagestreefd daadwerkelijk wordt gerealiseerd. De maximale duurzaamheid hiervan is afhankelijk van een totale levenscyclus analyse en een waardering van de op de systemen uitgevoerde processen.

Conclusie toetsvraag 1b

Er is geen aanpak voorgelegd die aangeeft hoe Meta in de komende jaren denkt om te gaan met veranderingen in de stand van de techniek. Op basis van algemeen toegankelijke informatie mag overigens worden verwacht dat de daling in PUE stabiliseert.

Toetsvraag 2

Is qua energieopwekking door de datacenterexploitant invulling gegeven aan de randvoorwaarde dat het ontwerp van het datacenter dusdanig is dat daken en gevels van het datacenter en omliggende terreinen maximaal gebruikt worden voor het opwekken van zonne-energie?

Conclusie toetsvraag 2

De in de anterieure overeenkomst opgenomen 13MWp voor zonne-energie opwekking op het terrein van het datacenter kan niet gezien worden als maximale opwek op die locatie.

Toetsvraag 3

Is voor het koelen van het datacenter door de datacenterexploitant invulling gegeven aan beide onder a en b genoemde randvoorwaarden:

- a. dat voor het koelen gebruik wordt gemaakt van intelligente koeloplossingen, waarin drinkwatergebruik tot een minimum is beperkt en waarbij primair hemelwater wordt opgeslagen en ingezet?
- b. de koeloplossingen ook in de jaren na ingebruikname voldoen aan de actuele stand van de techniek, volgens de dan geldende norm voor efficiënte datacenters?

Conclusie toetsvraag 3a

Voor een gematigd zeeklimaat zoals in Nederland, is een luchtbehandelings/koelsysteem dat gebruik maakt van vrije koeling aangevuld met directe verdampingskoeling, een energie-efficiënte keuze uitgaande van een goed ontwerp en een goede regeling van het luchtbehandelings/koelsysteem. Het uitgangspunt om voor 98% van het jaar vrije koeling te gebruiken en voor ca. 5 dagen per jaar water te gebruiken voor koeling en/of bevochtiging is haalbaar. Er wordt opgemerkt dat dit gebaseerd is op een totaal aantal uren gelijk aan 5 dagen, waarbij deze uren verspreid zijn over meerdere dagen tijdens de zomermaanden.

Er wordt geen drinkwater gebruikt voor het koelen van het datacenter. Voor de momenten dat koelwater noodzakelijk is zal dit onttrokken worden aan het oppervlaktewater. Regenwater wordt opgevangen in bergingsvijvers, maar het is niet duidelijk of dit ook wordt ingezet voor het koelen van het datacenter.

Conclusie toetsvraag 3b

Er is geen aanpak voorgelegd die beschrijft hoe in de komende jaren om wordt gegaan met veranderingen in de stand van de techniek en de dan geldende norm voor efficiënte datacenters.

Toetsvraag 4

Is qua restwarmte invulling gegeven aan de onder a, b en c genoemde randvoorwaarden:

- a. dat de restwarmte van het datacenter daadwerkelijk hergebruikt wordt?
- b. dat de gemeente het initiatief genomen heeft dan wel zal nemen voor de totstandkoming van een warmtenet, zodat de restwarmte die vrijkomt uit het datacenter hergebruikt wordt?
- c. dat de gemeente inzichtelijk gemaakt heeft welke initiatieven zij zal nemen, op welke termijn, en wat de verwachte resultaten daarvan zullen zijn?

Conclusie toetsvraag 4a

Er is geen invulling gegeven aan de randvoorwaarde van daadwerkelijk hergebruik van restwarmte van het datacenter. Aangegeven is dat dit pas geschiedt op het moment van succesvolle inbedrijfname van het warmtenet, met inbegrip van levering van (opgewaardeerde) restwarmte van het datacenter aan de voorziene klanten. Er is een toezegging gedaan voor de bouw van een warmtestation om de warmte van het datacenter te hergebruiken, als er een warmtenet wordt gebouwd in de omgeving van het datacenter.

Conclusie toetsvraag 4b

De gemeente heeft het initiatief genomen voor de totstandkoming van een warmtenet. Daartoe heeft zij de verkennende fase van een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd. Deze dient nog te worden vervolgd met een definitiefase en een finale investeringsbeslissing. Dit is nog geen garantie dat de restwarmte van het datacenter wordt hergebruikt.

Conclusie toetsvraag 4c

De gemeente is van plan de definitiefase te starten en zij geeft aan wat daar de duur en de voorziene activiteiten van zijn. De verwachte resultaten zijn inzichtelijk gemaakt. De gemeente verwacht aan het einde van de definitiefase (1,5-2 jaar) te kunnen aangeven of het warmteproject kan worden uitgevoerd.

Inhoudsopgave

	Managementuittreksel.....	2
1	Inleiding	6
2	Randvoorwaarden energiegebruik en duurzaamheid.....	8
3	Randvoorwaarde energieopwekking	12
4	Randvoorwaarden koeling.....	18
5	Randvoorwaarden restwarmte	20
6	Referenties	22
7	Ondertekening	23

1 Inleiding

In de gemeente Zeewolde zijn vergevorderde plannen voor de bouw van een hyperscale datacenter van Meta. De grond die beoogd is voor de bouw, is deels in bezit van het Rijksvastgoedbedrijf (RVB). De gemeente Zeewolde heeft, samen met de provincie Flevoland, het Rijk verzocht om drie percelen te verkopen voor de bouw van het datacenter. Momenteel zijn deze gronden verpacht voor agrarisch gebruik.

Op basis van een advies van het College van Rijksadviseurs (CRa, ref. [1]) zijn door het Rijksvastgoedbedrijf randvoorwaarden benoemd voor verkoop van de betreffende rijksgronden voor realisatie van het datacenter (ref. [2]).

De gemeente Zeewolde heeft een (aangepast) plan voorgelegd aan het Rijk (ref. [3]), waarbij de gemeente aangeeft aan de door het Rijk gestelde voorwaarden te voldoen. In opdracht van het RVB heeft TNO een toets uitgevoerd op het aangepaste plan van de gemeente Zeewolde voor de bouw van het datacentrum van Meta, op basis van de door het RVB gestelde randvoorwaarden.

Om tot een eenduidige toetsing te komen zijn de volgende toetsvragen door TNO beschouwd, die zijn geformuleerd naar aanleiding van de door het RVB gestelde randvoorwaarden zoals vastgelegd in ref. [2]:

1. Is voor energiegebruik en duurzaamheid door de datacenterexploitant invulling gegeven aan beide onder a en b genoemde randvoorwaarden:
 - a. minimaal energiegebruik en maximale duurzaamheid?
 - b. dat de energie-efficiëntie ook in de jaren na ingebruikname dient te voldoen aan de stand van de techniek, volgens de norm van efficiënte datacenters? Op dit moment wordt als norm voor de meest efficiënte datacenters door CRa een PUE van 1,1 genoemd (ref. [1]).
2. Is qua energieopwekking door de datacenterexploitant invulling gegeven aan de randvoorwaarde dat het ontwerp van het datacenter dusdanig is dat daken en gevels van het datacenter en omliggende terreinen maximaal gebruikt worden voor het opwekken van zonne-energie?
3. Is voor het koelen van het datacenter door de datacenterexploitant invulling gegeven aan beide onder a en b genoemde randvoorwaarden:
 - a. dat voor het koelen gebruik wordt gemaakt van intelligente koeloplossingen, waarin drinkwatergebruik tot een minimum is beperkt en waarbij primair hemelwater wordt opgeslagen en ingezet?
 - b. de koeloplossingen ook in de jaren na ingebruikname voldoen aan de actuele stand van de techniek, volgens de dan geldende norm voor efficiënte datacenters?
4. Is qua restwarmte invulling gegeven aan de onder a, b en c genoemde randvoorwaarden:
 - a. dat de restwarmte van het datacenter daadwerkelijk hergebruikt wordt?
 - b. dat de gemeente het initiatief genomen heeft dan wel zal nemen voor de totstandkoming van een warmtenet, zodat de restwarmte die vrijkomt uit het datacenter hergebruikt wordt?

- c. dat de gemeente inzichtelijk gemaakt heeft welke initiatieven zij zal nemen, op welke termijn, en wat de verwachte resultaten daarvan zullen zijn?

Bij de toetsing is uitgegaan van de wettelijke kaders en technische haalbaarheid van het ontwerp. De toetsing is uitgevoerd op basis van de documenten in ref. [3].

De resultaten van de toets zijn per toetsvraag in de hoofdstukken 2 tot en met 5 uitgewerkt. Daarbij is per hoofdstuk de toetsvraag herhaald, is de conclusie getrokken en is deze voorzien van een toelichting. Deze resultaten en de conclusies in het bijzonder vormen de basis van het managementuittreksel.

2 Randvoorwaarden energiegebruik en duurzaamheid

Toetsvraag

Is voor energiegebruik en duurzaamheid door de datacenterexploitant invulling gegeven aan de onder a en b genoemde randvoorwaarden:

- a. minimaal energieverbruik en maximale duurzaamheid?
- b. dat de energie-efficiëntie ook in de jaren na ingebruikname dient te voldoen aan de stand van de techniek, volgens de norm van efficiënte datacenters? Op dit moment wordt als norm voor de meest efficiënte datacenters door CRa een PUE van 1,1 genoemd (ref. [1]).

Conclusies

Toetsvraag a

Het datacenter wordt uitgevoerd met een luchtbehandelings/koelsysteem dat gebruik maakt van vrije koeling aangevuld met directe verdampingskoeling. Voor een gematigd zeeklimaat zoals in Nederland, is dit een energie-efficiënte keuze uitgaande van een goed ontwerp en een goede regeling van het luchtbehandelings/koelsysteem. Volgens opgave is het verwachte jaarlijks energieverbruik van de servers en netwerk kern circa 91%, hetgeen neerkomt op een PUE van 1,1. Uit algemeen toegankelijke informatie blijkt dat een dergelijke PUE haalbaar is met het voorgestelde luchtbehandelings/koelsysteem. Omdat de PUE vooral een beeld geeft van het energieverbruik van alle secundaire systemen die nodig zijn om de primaire systemen te laten werken, kan gesteld worden dat bij een PUE van 1,1 sprake is van een energie-efficiënt datacenter.

De duurzaamheid die wordt nagestreefd is gebaseerd op de LEED-certificering³, waarbij LEED-graad Goud wordt nagestreefd. LEED-graad Goud is echter niet de hoogste LEED-graad Platinum, waardoor er geen sprake is van maximale duurzaamheid. Tevens zijn er intenties aangegeven aangaande besparen van energie en water, gebruik van lokaal beschikbare materialen en toeleveranciers met zelfde intenties, beperken van afval tijdens de bouw en nastreven van gezonde werkomstandigheden. Echter er zijn geen aanknopingspunten gegeven hoe de duurzaamheid die wordt nagestreefd daadwerkelijk wordt gerealiseerd. De maximale duurzaamheid hiervan is afhankelijk van een totale levenscyclus analyse en een waardering van de op de systemen uitgevoerde processen.

Toetsvraag b

Er is geen aanpak voorgelegd die aangeeft hoe Meta in de komende jaren denkt om te gaan met veranderingen in de stand van de techniek. Op basis van algemeen toegankelijke informatie mag overigens worden verwacht dat de daling in PUE stabiliseert.

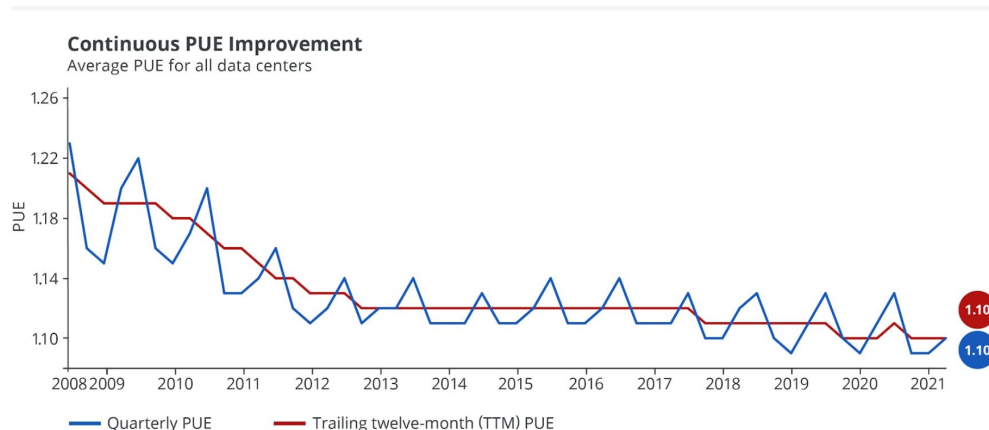
³ LEED staat voor 'Leadership in Energy and Environmental Design'; het systeem is in 1998 opgezet door de US Green Building Council (USGBC), <https://www.usgbc.org/leed>

Toelichting*Toetsvraag a*

PUE staat voor Power Use Efficiency. Het is een waarde die het gehele energiegebruik van een datacenter deelt over het deel van het energiegebruik dat voor de computers/opslag wordt gebruikt. Dit gebeurt meestal over een periode van een jaar. De PUE kan echter ook gemeten worden over een kortere periode maar het nut hiervan is beperkt als gevolg van het effect van veranderende condities, zoals seizoenseffecten op het koelgebruik. Het getal geeft vooral een beeld van hoeveel energie er nodig is voor alle secundaire systemen, zoals koeling, liften, verlichting, keukens etc., om de primaire systemen te laten werken. Omdat de belangrijkste component van het energiegebruik van de secundaire systemen de koeling is, wordt het vaak ook gezien als een indicatie van de efficiëntie van de gebruikte koeling. Een PUE kan per definitie niet onder de 1,0 uitkomen. De PUE is geen vast getal maar kan variëren in de tijd of over verschillende tijdsperiodes.

De werking van datacenters met een laag energiegebruik luchtbehandelings/koelsysteem is niet alleen afhankelijk van het conceptontwerp. Het vraagt ook aandacht voor ontwerp- en inbedrijfstellingsdetails, zoals regelingen, effectieve insluiting van warme/koude gangpaden en efficiënte aansturing van delen van het systeem. De reactie van de server op veranderende omstandigheden (bijvoorbeeld hoe de integrale koelventilatoren worden aangestuurd) is tevens van invloed op de werking van het luchtbehandelings/koelsysteem. Ervaring kan daarom ook van belang zijn bij het bereiken van lage PUE's, in plaats van alleen te ontwerpen voor lage PUE's.

De door Meta gerapporteerde PUE's (ref. [5]) laten zien dat Meta het trackrecord heeft van het ontwerpen en exploiteren van datacenters met een PUE-doelstelling van 1,1 over de periode 2016-2020. De data van Meta worden echter niet per datacenter bekendgemaakt. De datacenters omvatten diverse locaties zoals Texas en Zweden met zeer verschillende klimaten. Bekend is dat het klimaat een impact heeft op de PUE afhankelijk van het ontwerp en van energiezuinige koelingsstrategieën. Naast de informatie van Meta publiceert ook Google energierapporten voor hun datacenters (ref. [6]). Het is niet duidelijk welke koelstrategieën Google gebruikt, maar wel wordt vermeldt dat ook gebruik gemaakt wordt van koeling met buitenlucht. Op basis van de Google rapportage is het mogelijk om waarden vast te stellen voor 'vergelijkbare' locaties als Zeewolde, zoals Ierland, België en (Noord-)Nederland. De gerapporteerde waarden voor deze locaties zijn doorgaans 1,08 – 1,12 voor de afgelopen jaren. Er is een trend naar geleidelijke verlaging van de PUE in de datacenters van Google (zie Figuur 1). Hoewel deze trend nu bescheiden is in vergelijking met 10-15 jaar geleden, zijn er aanwijzingen dat er zeer kleine verbeteringen mogelijk zijn. Deze rapporten suggereren dat een PUE van 1,1 in de praktijk haalbaar is voor hyperscale-datacenters van Meta en Google.



Figuur 1 Verloop in PUE over de jaren (Google, ref. [6])

In bijlage 2 (ref. [3]) wordt aangegeven dat het verwachte jaarlijks energiegebruik van de servers en netwerk-kern 91% bedraagt van het totale energiegebruik van het datacenter. Dit komt neer op een PUE van 1,1 (100%/91%). Op basis van hiervoor genoemde rapporten (ref. [5] en [6]) blijkt dat een PUE van 1,1 haalbaar is voor dit soort datacenters uitgevoerd met vrije koeling aangevuld met verdampingskoeling en dat Meta hiermee ervaring heeft.

In bijlage 2 (ref. [3]) zijn de kernwaarden voor de duurzaamheid verwoord. Enerzijds is aangegeven om LEED certificering niveau Goud te na te streven. Anderzijds zijn er intenties aangegeven aangaande besparen van energie en water, gebruik van lokaal beschikbare materialen en toeleveranciers met zelfde intenties, beperken van afval tijdens de bouw en nastreven van gezonde werkomstandigheden. LEED is een evaluatie- en certificatiesysteem waarbij de duurzaamheid van een gebouw wordt beoordeeld op basis van 'ontwikkeling van duurzame locaties', 'waterbesparing', 'energie-efficiëntie', 'materiaalselectie', 'kwaliteit van de binnen omgeving', 'innovatie en ontwerp' en 'regionale prioriteit'. Opvallend is dat LEED-graad Goud niet de hoogste LEED-graad Platinum is.

Overigens geeft bijlage 2 (ref. [3]) geen verdere aanknopingspunten hoe deze kernwaarden voor de duurzaamheid nu daadwerkelijk zullen worden gerealiseerd. Maximale duurzaamheid is aan de ene kant afhankelijk van de wijze waarop de gebruikte systemen worden geproduceerd. Onder andere door de gebruikte grondstoffen en energie tijdens de productie te minimaliseren en maximale levensduur en vervanging van deze systemen na te streven. Hierbij speelt ook het energiegebruik van de systemen in relatie tot de rekenkracht van bestaande en nieuwe systemen een rol. Een nieuw systeem verbruikt grondstoffen en energie om te worden geproduceerd, maar heeft meer rekenkracht/opslagcapaciteit etc. ten opzichte van een ouder systeem. De maximale duurzaamheid hiervan is afhankelijk van een totale levenscyclus analyse en een waardering van de op de systemen uitgevoerde processen.

Toetsvraag b

Er is in ref. [3] geen aanpak voorgesteld die ingaat op hoe Meta in de komende jaren denkt om te gaan met veranderingen in de stand van de techniek. Daarom is

het moeilijk te zeggen of het huidige systeem flexibel genoeg is om op toekomstig gebruik efficiënt in te spelen.

Wel blijkt uit algemeen toegankelijke informatie, zoals weergegeven in Figuur 1, dat over de afgelopen jaren de daling in PUE stabiliseert. Dit is te verklaren omdat de theoretisch laagst mogelijke waarde voor de PUE 1,0 bedraagt en de momenteel voor de meest efficiënte datacenters van toepassing zijnde PUE-waarden van rond de 1,1 dicht bij deze theoretische waarde liggen. Welke ontwikkelingen in de komende jaren te verwachten zijn in de energie-efficiëntie (op het gebied van niet-IT apparatuur) van datacenters, is daarmee onduidelijk, evenals of het voorgestelde systeem ook in de toekomst als een efficiënt datacenter kan worden beschouwd. Opgemerkt wordt dat, aangezien de theoretische ondergrens voor PUE wordt benaderd, toekomstige verlagingen van de PUE waarschijnlijk beperkt zullen blijven tot incrementele efficiëntieverbeteringen in luchtbehandelingssystemen en -regelingen.

3 Randvoorwaarde energieopwekking

Toetsvraag

Is qua energieopwekking door de datacenterexploitant invulling gegeven aan de randvoorwaarde dat het ontwerp van het datacenter dusdanig is dat daken en gevels van het datacenter en omliggende terreinen maximaal gebruikt worden voor het opwekken van zonne-energie?

Conclusie

De in de anterieure overeenkomst opgenomen 13MWp voor zonne-energie opwekking op het terrein van het datacenter kan niet gezien worden als maximale opwek op die locatie.

Op basis van de aangeleverde informatie is vastgesteld dat:

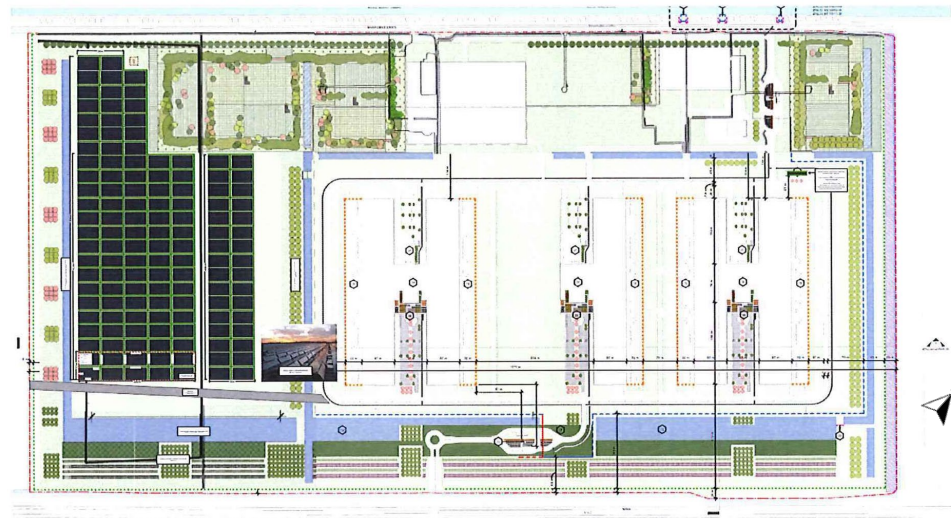
- Er in het beoogde zonnepark meer vermogen kan worden geplaatst dan de nu beoogde 13MWp ⁴, dit op basis van inschatting van het beschikbare oppervlak, aantal panelen per oppervlak en een typisch vermogen per paneel.
- Er geen harde toezeggingen worden gedaan met betrekking tot het realiseren van het zonnepark.
- Er onvoldoende onderbouwing is voor het niet plaatsen van panelen op de daken en gevels van de operationele gebouwen van het datacenter.
- Er meer vermogen kan worden opgesteld op de daken van de bijgebouwen, op basis van het aantal panelen op het dak en een typisch vermogen per paneel.
- Er geen harde toezeggingen worden gedaan met betrekking tot het realiseren van het zonnepanelen op de daken van de bijgebouwen.
- Zonnepanelen op de gevels van de bijgebouwen niet zijn meegenomen.
- Zonnepanelen boven parkeerplaatsen niet zijn meegenomen.
- De open ruimte, locatie 2 in Figuur 2, niet is meegenomen. ⁵
- De argumentatie voor het niet meenemen van deze oppervlakken ontbreekt.

Toelichting

In bijlage 3 (ref. [3]) staat een tekening van het terrein van het datacenter en de beoogde locatie voor opwekking van zonne-energie. Deze tekening is in Figuur 2 overgenomen.

⁴ In het memorandum wordt het geïnstalleerde vermogen uitgedrukt in MW (megawatt) en kWp (kilowattpiek). Officieel wordt het geïnstalleerde vermogen uitgedrukt in wattpiek (Wp) en de variaties MWp en kWp. Het gaat namelijk om het piekvermogen dat een paneel kan opwekken onder gestandaardiseerde condities. In dit rapport zal de officiële schrijfwijze worden gebruikt.

⁵ Er is TNO bekend dat er wel naar deze oppervlakken is gekeken en dat de mogelijke opwekking op deze oppervlakken is beschreven in "Aanvulling MER Trekkersveld IV". Die resultaten zijn hier niet meegenomen omdat er volgens de aangeleverde informatie in ref. [3] geen intentie is tot opwek op deze oppervlakken en er door het ontbreken van de onderbouwing verder niets getoetst kan worden.



Figuur 2 Tekening locatie datacenter en beoogde locatie van het zonnepark op het terrein (ref. [3]).

Op basis van deze tekening kan een aantal locaties geïdentificeerd worden dat op basis van zoninstraling geschikt zou zijn voor opwekking van zonne-energie:

1. Zonnepark
2. Open ruimte tussen het tweede en derde gebouw (van links gerekend)
3. Daken van de gebouwen
4. Gevels van gebouwen
5. Parkeerplaatsen: deze staan niet duidelijk aangegeven op de tekening, maar er mag aangenomen worden dat er parkeerplaatsen op het terrein zullen zijn.

Per locatie is nagegaan hoe invulling kan worden gegeven aan de opwekking van zonne-energie.

1. Zonnepark

In het memorandum (ref. [3]) staat dat de Provincie, Meta en de gemeente, in het voortraject naar de anterieure overeenkomst, onderzoek hebben gedaan naar het maximaliseren van de opwekking van zonne-energie op het bedrijventerrein Trekkersveld IV en het optimaliseren van dergelijke systemen. De resultaten van dit onderzoek zijn niet gedeeld met TNO. De uit het onderzoek voortgekomen afspraken worden wel in het memorandum genoemd: 'op bedrijventerrein Trekkersveld IV zal 20 MWp aan zonne-energiecapaciteit worden gerealiseerd, waarvan 13 MWp *wordt gerealiseerd* op de locatie van het datacenter na voltooiing van de bouw'.

In bijlage 1 (ref. [3]) 'Samenvatting Anterieure Overeenkomst Gemeente Zeewolde, Provincie Flevoland en Polder Networks', is verder te lezen dat men *voornemens* is om 20 MWp aan zonne-energie te realiseren waarvan 13 MWp op het terrein van Polder Networks en 7 MWp op het bedrijfsterrein van de gemeente Zeewolde.

Hoewel het memorandum (ref. [3]) aangeeft dat er 13 MWp op de locatie van het datacenter gerealiseerd gaat worden is dit in de anterieure overeenkomst (bijlage 1 van ref. [3]) slechts een voornemen.

Figuur 2 geeft zoals genoemd een tekening van het zonnepark op de locatie van het datacenter. Hier zou de beoogde 13 MWp geïnstalleerd moeten worden. Op basis van de tekening is het moeilijk in te schatten of 13 MWp een reële inschatting is. Afmetingen van het terrein zijn niet gegeven. Echter is er in het advies van het College van Rijksadviseurs (ref. [1]) te lezen dat volgens TNO op deze locatie in een ecologisch Zuid opgesteld zonne-park zo'n 28 GWh/jaar opgewekt kan worden. Dit is een ondergrens. Een meer intensieve Zuidelijk georiënteerde zonnepark opstelling op deze locatie kan tot 36 GWh/jaar opwekken. De oriëntatie in Figuur 2 geeft aan dat de opstelling Zuid-Oost georiënteerd is. Dit levert een iets lagere opbrengst dan bij een opstelling Zuid georiënteerd, namelijk 34 GWh/jaar voor een intensieve opstelling. TNO neemt aan dat een Zuid-Oost georiënteerde opstelling in Nederland zo'n 0,9 kWh/Wp⁶ opgewekt. In dat geval zal de Zuid-Oost georiënteerde opstelling overeenkomen met een geïnstalleerd vermogen van ca. 29 MWp⁷.

Hierbij moet worden opgemerkt dat in de tekening in het advies van het College van Rijksadviseurs (ref. [1]) het voor de berekening aangenomen oppervlak iets groter lijkt te zijn dan dat in bijlage 3 (ref. [3]) wordt aangegeven. In bovenstaande schatting van ca. 29 MWp is geen rekening gehouden met extra ruimte die nodig is voor rijpaden en andere aanvullende ruimte die nodig is voor de exploitatie van het zonnepark. Het verschil in beoogde 13 MWp en ingeschatte vermogen van ca. 29 MWp kan echter niet worden verklaard met het verschil in aangenomen oppervlak en extra ruimte voor noodzakelijke voorzieningen.

De bevindingen zijn als volgt samengevat:

- De in het memorandum (ref. [3]) voorgenomen realisatie van 20 MWp aan zonne-energie wordt maar voor 13 MWp op het terrein van Polder Networks gerealiseerd. De overige 7 MWp zal op een bedrijfsterrein van de gemeente worden gerealiseerd. Dit bedrijfsterrein is geen onderdeel van het terrein van het datacenter. In de toetsvraag wordt expliciet gevraagd om het ontwerp van het datacenter te beoordelen. Het genoemde zonne-energie systeem op het bedrijfsterrein van de gemeente is dan ook niet meegenomen in de beoordeling of er is voldaan aan de toetsvraag.
- Hoewel in het memorandum staat dat er 13 MWp op het terrein van het datacenter zal worden gerealiseerd, staat in bijlage 1 (ref. [3]) dat men *voornemens* is om dat te doen. Dit geeft dus geen garanties dat de 13 MWp er ook daadwerkelijk gaat komen.

⁶ In 'Ruimtelijk potentieel van zonnestroom in Nederland' van TKI Urban Energie wordt een specifieke opbrengst van 0,95 kWh/Wp gegeven voor een optimaal georiënteerd systeem op basis van huidige PV-systemen en ca 800 kWh/Wp voor Oost-West opstellingen. Ook Zon PV opbrengsten in Nederland (<https://www.solarcare.eu/nl/nieuws/12-gemiddelde-zon-pv-opbrengst-nederland.html>) geeft een specifieke opbrengst voor 2020 van 0,94 kWh/Wp. De werkelijke opbrengst varieert per locatie en per jaar. Uitgegaan is van een gemiddelde van 0,9 kWh/Wp voor een Zuid-Oost oriëntatie.

⁷ Standaard Zuid georiënteerd park 36GWh/jaar; Standaard Zuid-Oost georiënteerd park 34 GWh/jaar. Ratio 34/36=0,94. Ecologisch park Zuid georiënteerd 28 GWh/jaar. In Zuid-Oost oriëntatie $0,94 \cdot 28 \text{ GWh} = 26 \text{ GWh/jaar}$. Met een opwekking van 0,9 kWh/Wp komt dit op 29 MWp. In werkelijkheid zal dit iets lager zijn omdat het in de verwachting ligt dat het ecologische zonnepark minder rij-op-rij beschaduwing heeft en de 0,9 kWh/Wp wat hoger kan zijn.

- De beoogde 13 MWp is een stuk lager dan wat er op basis van oppervlak en huidige paneelvermogens⁸ mag worden verwacht.

2. Open ruimte tussen gebouwen

Op de indicatieve tekening in Figuur 2 is een relatief grote vrije ruimte te zien tussen het tweede en derde gebouw, aangegeven met 2. In ref. [3] wordt niet ingegaan op de mogelijkheden of bezwaren voor energieopwekking middels zonnepanelen op dit oppervlak. Een schatting op basis van de relatieve afmetingen van dit oppervlak ten opzichte van het geplande zonnepark uit 1, geeft aan dat hier zo'n kwart van het vermogen van het geplande zonnepark kan worden opgewekt.

De open ruimte tussen de gebouwen wordt niet gebruikt voor de opwekking van zonne-energie en de onderbouwing voor niet benutten van dit oppervlak ontbreekt.

3. Daken van de gebouwen

Het memorandum (ref. [3]) vermeldt ook dat er onderzocht is of er zonnepanelen kunnen worden geïnstalleerd op de gebouwen van het datacenter, waarbij geconcludeerd wordt dat de installatie van zonnepanelen op daken en gevels van de operationele datacentergebouwen zou leiden tot extra complexiteit en risico's. Deze bijkomende complexiteit en risico's worden door de gemeente als zeer reëel beschouwd. Er wordt daarbij verwezen naar de verzekeraarbaarheid (ref. [8]) en brandbestrijding (ref. [9] en [10]).

De verzekeraarbaarheid van bedrijfspanden met daarop een zonne-energie systeem was in 2020 inderdaad onderwerp van discussie, blijkens de motie Mulder (ref. [11]) en de daarop volgende onderzoeken van TKI (ref. [12]) en IFV (ref. [13]).

Inmiddels zijn er verschillende stappen gezet om de kans en gevolgen van brand met zonnepanelen te reduceren waardoor verzekeraars meer zekerheid hebben gekregen (ref. [14], [15] en [16]).

De kans op brand en de effecten van een brand kunnen geminimaliseerd worden, waardoor verzekeraars mogelijk wel bereid zijn om het datacenter te verzekeren. TNO onderschrijft dat verzekeraarbaarheid lastig kan zijn, maar niet op voorhand onmogelijk. Uit de informatie blijkt niet dat men in contact is geweest met verzekeraars over de verzekeraarbaarheid.

Een weloverwogen afweging zou deze recente ontwikkelingen en een verkenning van de verzekeraarbaarheid middels gesprekken met verzekeraars mee moeten nemen, maar ontbreekt in de onderbouwing om geen zonnepanelen op de operationele gebouwen van het datacenter te plaatsen.

Er wordt wel aangegeven dat er mogelijkheden zijn om zonnepanelen op de bijgebouwen te plaatsen. Informatie over aantal bijgebouwen en de dakoppervlakken ontbreken. Er kan daarom geen toets worden gedaan of er maximale opwekking is op de daken. Er is wel een conceptontwerp gedeeld voor een dakgebonden zonne-energie systeem met een opgesteld vermogen van

⁸ Een typisch paneel heeft een vermogen van 350-400 Wp (peildatum maart 2022). Dit is onder meer afhankelijk van het oppervlak van het paneel. 350 Wp is voor een paneelgrootte van ca. 1m x 1,8m en 400 Wp voor een paneelgrootte van ca. 1m x 2m.

248kWp op één van de bijgebouwen. Dit conceptontwerp is te zien in bijlage 4 (ref. [3]). Ook hier is moeilijk in te schatten of dit een reëel geïnstalleerd vermogen is ten opzichte van het dakoppervlak omdat gegevens over de afmetingen van het dak ontbreken. Maar aannemende dat de verhouding tussen de afmetingen van de ingetekkende panelen en de dak afmetingen klopt, dan is het conceptontwerp qua aantal panelen realistisch. Het gaat daarbij om ca. 850 panelen. Op basis van de huidige typische paneelvermogens zou er met dit aantal panelen meer vermogen geïnstalleerd moeten kunnen worden.

De bevindingen zijn als volgt samengevat:

- Het niet plaatsen van panelen op de daken van de operationele gebouwen van het datacenter wordt onvoldoende onderbouwd.
- Het is niet duidelijk hoeveel bijgebouwen er zullen komen en hoeveel zonne-energie er volgens de gemeente Zeewolde en Polder Networks totaal nog op de bijgebouwen kan worden geïnstalleerd.
- De genoemde 248 kWp voor het dak van de bijgebouwen uit het conceptontwerp is lager dan wat er op basis van de huidige paneelvermogens mag worden verwacht.
- Het gaat om een conceptontwerp waar nog vergunningen voor moeten worden aangevraagd. De zonnepanelen op de bijgebouwen zijn niet in de Anterieure Overeenkomst meegenomen. Het is dus niet zeker dat dit vermogen ook daadwerkelijk geïnstalleerd gaat worden.

4. Gevels van gebouwen

Zonnepanelen op de gevels van gebouwen worden in het memorandum (ref. [3]) genoemd. Zoals hierboven voor de daken aangegeven, zou ook de installatie van zonnepanelen op gevels van de operationele datacentergebouwen leiden tot extra complexiteit en risico's. De beslissing om met het oog op de verzekeraarbaarheid geen zonnepanelen op de gevels van de operationele datacenter gebouwen te plaatsen wordt net als bij de daken onvoldoende onderbouwd.

De gevels van de bijgebouwen worden niet benoemd en afgezien van een algemene opmerking in het memorandum (ref. [3]) over wettelijke eisen met betrekking tot het toetreden van daglicht, wordt er geen onderbouwing gegeven waarom deze niet worden benut. Aangezien tekeningen en informatie over de gevels van deze bijgebouwen ontbreken kan geen uitspraak gedaan worden of het terecht is dat de gevels van de bijgebouwen niet mee worden genomen voor energieopwekking.

Het niet plaatsen van panelen op de gevels van de operationele gebouwen van het datacenter wordt onvoldoende onderbouwd. De gevels van de bijgebouwen worden niet genoemd voor energieopwekking en door het ontbreken van informatie over deze bijgebouwen kan niet beoordeeld worden of er mogelijk wel zonne-energie op de gevels van de bijgebouwen kan worden opgewekt.

5. Parkeerplaatsen

Er wordt in ref. [3] niets gezegd over mogelijke energie opwekking in overkappingen van parkeerplaatsen. Deze optie voor het opwekken van zonne-energie wordt in de

hedendaagse praktijk al veelvuldig gebruikt. In principe zou dit ook een oplossing kunnen zijn voor de locatie van het data center.

Energieopwekking boven parkeerplaatsen wordt niet genoemd en onderbouwing om deze ruimte niet te benutten ontbreekt. Details over positie en oppervlak van de parkeerplaatsen op het terrein ontbreekt, waardoor er geen inschatting kan worden gemaakt van de potentie.

4 Randvoorwaarden koeling

Toetsvraag

Is voor het koelen van het datacenter door de datacenterexploitant invulling gegeven aan beide onder a en b genoemde randvoorwaarden:

- a. dat voor het koelen gebruik wordt gemaakt van intelligente koeloplossingen, waarin drinkwatergebruik tot een minimum is beperkt en waarbij primair hemelwater wordt opgeslagen en ingezet?
- b. dat de koeloplossingen ook in de jaren na ingebruikname voldoen aan de actuele stand van de techniek, volgens de dan geldende norm voor efficiënte datacenters?

Conclusies

Toetsvraag a

Voor een gematigd zeeklimaat zoals in Nederland, is een luchtbehandelings/koelsysteem dat gebruik maakt van vrije koeling aangevuld met directe verdampingskoeling, een energie-efficiënte keuze uitgaande van een goed ontwerp en een goede regeling van het luchtbehandelings/koelsysteem. Het uitgangspunt om voor 98% van het jaar vrije koeling te gebruiken en voor ca. 5 dagen per jaar water te gebruiken voor koeling en/of bevochtiging is haalbaar. Er wordt opgemerkt dat dit gebaseerd is op een totaal aantal uren gelijk aan 5 dagen, waarbij deze uren verspreid zijn over meerdere dagen tijdens de zomermaanden.

Er wordt geen drinkwater gebruikt voor het koelen van het datacenter. Voor de momenten dat koelwater noodzakelijk is zal dit onttrokken worden aan het oppervlaktewater. Regenwater wordt opgevangen in bergingsvijvers, maar het is niet duidelijk of dit ook wordt ingezet voor het koelen van het datacenter.

Toetsvraag b

Er is geen aanpak voorgelegd die beschrijft hoe in de komende jaren om wordt gegaan met veranderingen in de stand van de techniek en de dan geldende norm voor efficiënte datacenters.

Toelichting

Toetsvraag a

Het in bijlage 2 (ref. [3]) voorgestelde luchtbehandelings/koelsysteem dat gebruik maakt van vrije koeling aangevuld met directe verdampingskoeling, is een beproefd systeem. Daarnaast zijn er voorbeelden van het gebruik van zo'n systeem in andere ontwerpen voor datacenterkoeling. Hoewel er beperkte informatie beschikbaar is over deze systemen die daadwerkelijk worden gebruikt in specifieke hyperscale datacenters, is het duidelijk (ref. [4]) dat Meta's datacenter in Prineville, Oregon, een soortgelijk koelsysteemprincipe gebruikt. Ook Meta's vestigingen in Clonee, Ierland en Lulea, Zweden, gebruiken buitenlucht voor koeling.

Het datacenter in Zeewolde wordt uitgevoerd met een luchtbehandelings/koelsysteem dat gebruik maakt van vrije koeling aangevuld met directe verdampingskoeling. In bijlage 2 (ref. [3]) wordt hierover nadere informatie gegeven. Het overgrote deel van het energiegebruik van deze installatie betreft het energiegebruik voor de ventilatoren. Een goede regeling is gebaseerd op het sturen

van de ventilatoren afhankelijk van de buitentemperatuur, waardoor lage lucht volumestromen mogelijk zijn bij lage buitentemperaturen. In een Nederlands klimaat is het hiermee mogelijk het energiegebruik voor de ventilatoren te beperken. Te lage inblaastemperaturen kunnen vervolgens voorkomen worden door warme lucht uit het datacenter te recirculeren (dus zonder extra verwarming).

Om het energiegebruik voor dit soort grote datacenters te limiteren wordt het luchtbehandelings/koelsysteem geregeld binnen ruime grenzen voor de luchttoevoertemperatuur en luchtvochtigheid. Deze grenzen worden bepaald door de operator van het datacenter. Wat deze grenzen zijn, is niet duidelijk op basis van bijlage 2 (ref. [3]). In de ASHRAE TC9.9 worden klassen gegeven voor de gewenste temperatuur en luchtvochtigheid in datacenters (ref. [7]). De meest ruime klasse is klasse A4. Volgens deze klasse zijn luchttemperaturen mogelijk van 5°C tot 45°C en luchtvochtigheden van 10% tot 19 g/kg. Het is redelijk om aan te nemen dat het datacenter nagenoeg volgens deze klasse geregeld zal worden. In dat geval is op basis van enkele eenvoudige beschouwingen te kwantificeren dat vrije koeling kan volstaan gedurende 98% van de tijd en dat het waterverbruik voor koeling en bevochtiging in uren gelimiteerd kan worden tot enkele dagen per jaar, waarbij dit waterverbruik plaatsvindt over meerdere dagen gedurende de zomermaanden.

Uit bijlage 6 (ref. [3]) blijkt dat er geen drinkwater wordt gebruikt voor het koelen van het datacenter. Wel is in bijlage 6 (ref. [3]) aangegeven dat voor het koelsysteem water wordt onttrokken aan het oppervlakte water van de Hoge Vaart. Tevens is aangegeven dat regenwater dat valt op de verharde oppervlakken van de gebouwen en het terrein van het datacenter, wordt opgevangen in bergingsvijvers. Onduidelijk is of dit water ook wordt ingezet voor het koelen van het datacenter.

Toetsvraag b

De keuze voor koeloplossingen is direct gerelateerd aan de optimalisatie van de energie-efficiëntie van het datacenter. De conclusie voor deze toetsvraag komt dan ook overeen met de conclusie zoals gegeven in Hoofdstuk 2 op toetsvraag b: Er is geen aanpak voorgelegd die beschrijft hoe in de komende jaren om wordt gegaan met veranderingen in de stand van de techniek en de dan geldende norm voor efficiënte datacenters.

5 Randvoorwaarden restwarmte

Toetsvraag

Is qua restwarmte invulling gegeven aan de onder a, b en c genoemde randvoorwaarden:

- a. dat de restwarmte van het datacenter daadwerkelijk hergebruikt wordt?
- b. dat de gemeente het initiatief genomen heeft dan wel zal nemen voor de totstandkoming van een warmtenet, zodat de restwarmte die vrijkomt uit het datacenter hergebruikt wordt?
- c. dat de gemeente inzichtelijk gemaakt heeft welke initiatieven zij zal nemen, op welke termijn, en wat de verwachte resultaten daarvan zullen zijn?

Conclusie

Toetsvraag a

Er is geen invulling gegeven aan de randvoorwaarde van daadwerkelijk hergebruik van restwarmte van het datacenter. Aangegeven is dat dit pas geschiedt op het moment van succesvolle inbedrijfname van het warmtenet, met inbegrip van levering van (opgewaardeerde) restwarmte van het datacenter aan de voorziene klanten. Er is een toezegging gedaan voor de bouw van een warmtestation om de warmte van het datacenter te hergebruiken, als er een warmtenet wordt gebouwd in de omgeving van het datacenter.

Toetsvraag b

De gemeente heeft het initiatief genomen voor de totstandkoming van een warmtenet. Daartoe heeft zij de verkennende fase van een haalbaarheidsonderzoek uitgevoerd. Deze dient nog te worden vervolgd met een definitiefase en een finale investeringsbeslissing. Dit is nog geen garantie dat de restwarmte van het datacenter wordt hergebruikt.

Toetsvraag c

De gemeente is van plan de definitiefase te starten en zij geeft aan wat daar de duur en de voorziene activiteiten van zijn. De verwachte resultaten zijn inzichtelijk gemaakt. De gemeente verwacht aan het einde van de definitiefase (1,5-2 jaar) te kunnen aangeven of het warmteproject kan worden uitgevoerd.

Toelichting

Bijlage 7 (ref. [3]) geeft een samenvatting weer van met name de uitgangspunten die er toe hebben geleid dat een bestuursopdracht is uitgevoerd waarin de haalbaarheid van een warmtenet is onderzocht, en de resultaten van dit haalbaarheidsonderzoek. Het is relevant te vermelden dat het haalbaarheidsonderzoek zoals hierboven vermeld, geen onderdeel uitmaakt van de te toetsen informatie. Om die reden zijn er in dit rapport geen uitspraken gedaan over de validiteit van de in de samenvatting vermelde resultaten.

Toetsvraag a

Uit bijlage 7 (ref. [3]) volgt dat invulling van de randvoorwaarde van daadwerkelijk hergebruik van restwarmte van het datacenter pas geschiedt op het moment van succesvolle inbedrijfname van het warmtenet, met inbegrip van levering van

(opgewaardeerde) restwarmte van het datacenter aan de voorziene klanten. Dit betekent dat de gemeente geen invulling heeft gegeven aan deze randvoorwaarde.

Toetsvraag b

Uit bijlage 7 (ref. [3]) blijkt dat de gemeenten Zeewolde en Harderwijk en de provincies Flevoland en Gelderland via een bestuursopdracht de haalbaarheid van een warmtenet hebben laten onderzoeken. Dit geldt als een verkennende fase, die men in een later stadium wil laten volgen door een definitiefase waarin onder andere commitment van partijen zal worden gezocht in een traject richting finale investeringsbeslissing. In dat traject is het aannemelijk dat de gemeente Zeewolde diverse initiatieven zal nemen en activiteiten zal uitvoeren die voor een gemeente in een dergelijk traject gangbaar zijn. Ten aanzien van het tweede deel van de toetsvraag, “zodat de restwarmte die vrijkomt uit het datacenter hergebruikt wordt”, geldt dat genoemde initiatieven geen garantie geven voor de realisatie en succesvolle inbedrijfname van het warmtenet (zie toetsvraag a), en daarmee dus ook niet een garantie geven dat de restwarmte van het datacenter hergebruikt wordt.

Toetsvraag c

Uit bijlage 7 (ref. [3]) blijkt dat de gemeente van plan is de definitiefase te starten en summier is aangegeven wat daar de duur en de voorziene activiteiten van zijn. De verwachte resultaten zijn inzichtelijk gemaakt. De gemeente verwacht aan het einde van de definitiefase (1,5-2 jaar) te kunnen aangeven of het warmteproject kan worden uitgevoerd.

6 Referenties

- [1] CRa advies Leren van een datacenter in Zeewolde, juli 2021
- [2] Brief Rijksvastgoedbedrijf aan Gemeente Zeewolde betreffende Verzoek tot verkoop rijksgronden voor realisatie datacenter, documentnummer 4336824, zaaknummer 4169658 d.d. 10 augustus 2021
- [3] Brief met memorandum en bijlagen van College B&W Zeewolde aan de minister van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening d.d. 10 maart 2022 plus nagezonden stukken in email d.d. 18 maart 2022
- [4] Brady, GA, Kapur, N, Summers, JL et al. (2013) "A case study and critical assessment in calculating power usage effectiveness for a data centre" Energy Conversion and Management, 76. 155 - 161. ISSN 0196-8904
- [5] Facebook 2020 sustainability report. https://sustainability.fb.com/wp-content/uploads/2021/06/2020_fb_sustainability-data.pdf
- [6] Google Data Centers. <https://www.google.com/about/datacenters/efficiency/>
- [7] ASHRAE TC 9.9, Thermal Guidelines for Data Processing Environments – Expanded Data Center Classes and Usage Guidance, 2011
- [8] Kamervragen met antwoorden van minister Wiebes in Aanhangsel van de Handelingen nr.808 van Tweede Kamer der Staten-Generaal 16 november 2020
- [9] Risicomanagement door Commissie Zon-PV, Brandweer Nederland en IFV, december 2020
- [10] Brandincidenten met fotovoltaïsche (PV) systemen in Nederland, TNO 2019 P10287, 13 maart 2019
- [11] Motie van het lid Agnes Mulder c.s. over knelpunten bij het verzekeren van zon-op-dakprojecten, Tweede Kamer der Staten-Generaal, https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2020Z23637&did=2020D49832
- [12] Eindrapport verzekeraarbaarheid van zonnestroomsystemen op bedrijfspanden, Berenschot, 29 september 2021, https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Urban%20energy/publicaties/BT_Eindrapport%20verzekeraarbaarheid%20van%20zonnestroomssystemen%20op%20bedrijfspanden.pdf
- [13] Vooronderzoek depositie bij branden met zonnepanelen, IFV, 14 juli 2021, <https://archieff.nipv.nl/wp-content/uploads/sites/2/2022/03/20210716-IFV-Vooronderzoek-depositie-bij-branden-met-zonnepanelen.pdf>
- [14] Reactie verbond van verzekeraars op onderzoek EZK naar brandveiligheid en verzekeraarbaarheid van zonnepanelen op bedrijfsdaken, 14-10-2021, <https://www.verzekeraars.nl/publicaties/actueel/reactie-verbond-op-onderzoek-ezk-naar-brandveiligheid-en-verzekeraarbaarheid-zonnepanelen-op-bedrijfsdaken>
- [15] Erkenningsregeling Ontwerp, Installatie, Beheer en Onderhoud van Zonnestroomsystemen, InstallQ, 1-1-2021, https://installq.nl/files/erkennen/erkenningsregeling_zonnestroom_bindend_d_d_01-01-2021.pdf
- [16] Scope 12 Inspectie van zonnestroominstallaties, 3-4-2020

7 Ondertekening

Delft, 21 april 2022

TNO

Ir. Ing. M. Steins
Afdelingshoofd

Dr.ir. M.R.A. van Vliet
Projectleider