

dialogic

Onderzoek voor *onderbouwd* beleid.



Rapport

Onderzoek naar benodigde digitale infrastructuur en rekencapaciteit in de provincie Noord-Holland

Auteurs

Menno Driesse

Laura Smulders

Peter Vermeulen

In samenwerking met



Rapport

Onderzoek naar benodigde digitale infrastructuur en rekencapaciteit in de provincie Noord-Holland

Auteurs

Menno Driesse
Laura Smulders
Peter Vermeulen

Opdrachtgever

Provincie Noord-Holland

Publicatienummer

2025.183-11043

Citeren als

Dialogic (2026). *Onderzoek naar benodigde digitale infrastructuur en rekencapaciteit in de provincie Noord-Holland*. In opdracht van de provincie Noord-Holland.

Datum

4 juni 2026

Beeld omslag

Via Pexels - Brett Sayles: [[pexels.com](https://www.pexels.com)]

Inhoud

Managementsamenvatting	4
1 Inleiding	7
1.1 Beleidscontext van dit onderzoek	7
1.2 Doel- en vraagstelling	8
1.3 Onderzoeksaanpak	9
1.4 Leeswijzer	10
2 Analyse kader: Digitale infrastructuur in een digitaal ecosysteem	11
2.1 Indeling van digitale infrastructuur	11
2.2 Samenhang van het digitaal ecosysteem	12
3 Stand van digitale infrastructuur in Noord-Holland	15
3.1 Aansluitnetwerken	15
3.2 Backbone en core-netwerken	19
3.3 Internationale netwerken (land en zee)	20
3.4 Datacenters	22
3.5 Internet exchanges	27
3.6 Hosting en cloud	28
4 AI-ecosysteem in Noord-Holland	30
4.1 Innovatie op het gebied van AI	30
4.2 AI en digitale infrastructuur	36
5 De impact van datacenters in Noord-Holland	46
5.1 Toekomstscenario's	46
5.2 Inzichten uit scenario's	47
5.3 Conclusies	59
6 Conclusies	60
6.1 Korte beantwoording van de onderzoeksvragen	60
6.2 Aanbevelingen	64
Verwijzingen	66
Bijlage 1. Overzicht interviewrespondenten en gesproken personen	67
Interviews	67
Validatiesessie	67
Bijlage 2. Innovatiespotter-analyse	68

Managementsamenvatting

Kernboodschap van dit onderzoek

Noord-Holland kan ook in de toekomst een sterke digitale en economische positie behouden, maar alleen wanneer de provincie selectief stuurt op het type digitale infrastructuur dat zij wil faciliteren. De basis van de digitale infrastructuur in Noord-Holland is sterk, de positie van de regio als digitaal knooppunt is internationaal uitzonderlijk, en ook het AI-ecosysteem behoort tot de nationale top. Tegelijkertijd zijn ruimte, netcapaciteit, waterbeschikbaarheid en maatschappelijk draagvlak schaars. Verdere autonome groei is daarom niet vanzelfsprekend wenselijk. Europese beleidsontwikkelingen maken bovendien duidelijk dat digitale infrastructuur, cloud en reken capaciteit niet alleen een markt- of vestigingsvraagstuk zijn. Ze maken steeds meer onderdeel uit van een breder industrie-, innovatie- en autonomiebeleid. De centrale beleidsopgave is om digitale infrastructuur niet generiek en ongericht te faciliteren, maar deze nadrukkelijk te verbinden aan publieke doelen zoals innovatie, strategische autonomie, verduurzaming en een toekomstbestendig vestigingsklimaat. Dit vraagt tot slot om slimme locatiekeuze, in nauwe samenspraak met de omgeving.

Binnen dit onderzoek staat de vraag centraal welke digitale infrastructuur en reken capaciteit nodig zijn om een toekomstbestendig, strategisch autonoom en concurrerend vestigingsklimaat te behouden. Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de provincie Noord-Holland, in het licht van de herijking van de Omgevingsvisie, het Toekomstbeeld van de economie en de herijkte datacenterstrategie. Daarbij kiest het rapport nadrukkelijk voor een brede benadering. Het gaat niet alleen om datacenters, maar om de volledige keten van aansluitnetwerken, core-netwerken, internationale verbindingen, internetknooppunten, hosting en cloud. Juist die brede benadering is van belang, omdat de economische waarde van digitale infrastructuur verder reikt dan de fysieke voorzieningen waarin de ruimtelijke en maatschappelijke druk zichtbaar wordt.

Het rapport laat zien dat Noord-Holland in de volle breedte sterk is gepositioneerd binnen de digitale infrastructuur. De provincie, en in het bijzonder de metropoolregio Amsterdam, is een internationaal knooppunt door de concentratie van datacenters, de aanwezigheid van AMS-IX, de hoge dichtheid van glasvezelverbindingen en de sterke internationale connectiviteit over land en zee. Daarmee maakt Noord-Holland deel uit van een bredere Europese hoofdstructuur van digitale infrastructuur, waarin Amsterdam nog altijd tot de toonaangevende clusters behoort naast andere grote Europese vestigingslocaties (locaties waar in sommige gevallen overigens ook grenzen aan de groei zijn bereikt). Ook de kwaliteit van de vaste en mobiele netwerken is hoog. Deze basisinfrastructuur vormt daarmee geen beperkende factor voor verdere digitalisering, waaronder de ontwikkeling en adoptie van AI. De zwaarste fysieke en

bestuurlijke afwegingen concentreren zich echter bij datacenters, omdat juist daar de druk op ruimte, energie en water samenkomt. Dat maakt dat besluitvorming over datacenters niet los kan worden gezien van bredere afwegingen over economische meerwaarde, ruimtelijke kwaliteit en publieke waarden.

Ook op het gebied van AI heeft Noord-Holland een erg sterke uitgangspositie.

Amsterdam is de belangrijkste AI-hub van Nederland, met een concentratie van kennisinstellingen, onderzoeksfaciliteiten, bedrijven en publiek-private samenwerkingen. Netwerken als Amsterdam AI en ICAI, en voorzieningen als SURF en Snellius, ondersteunen de kracht van dit ecosysteem. Het onderzoek laat echter ook zien dat een sterke AI-positie niet automatisch betekent dat de provincie grootschalig extra lokale datacentercapaciteit nodig heeft. Voor veel toepassingen kan rekencapaciteit op afstand worden benut via bestaande cloud- en HPC-voorzieningen. Alleen in specifieke gevallen, bijvoorbeeld bij lage latency-eisen, gevoelige data of gedeelde onderzoeksvoorzieningen, kan geografische nabijheid van rekencapaciteit extra relevant zijn (maar kan Nederland of zelfs Europa nog steeds 'dichtbij' genoeg zijn).

Voor de beleidsduiding is daarbij vooral het onderscheid tussen AI-gebruik en AI-ontwikkeling van belang.

Het merendeel van de organisaties gebruikt AI-toepassingen, maar slechts een klein deel ontwikkelt of traint zelf modellen op substantiële schaal. Voor breed AI-gebruik zijn vooral betrouwbare en betaalbare cloudvoorzieningen van belang. Voor AI-ontwikkeling zijn gespecialiseerde hardware, data, expertise en een sterk innovatie-ecosysteem doorslaggevend. Europese beleidsontwikkelingen, zoals de AI Act, EuroHPC, het AI Continent Action Plan en de voorgenomen Cloud and AI Development Act, ondersteunen dat toegang tot hoogwaardige Europese rekencapaciteit en datacenterinfrastructuur steeds meer als strategisch vraagstuk wordt benaderd. Dat betekent dat versterking van de AI-economie niet automatisch vraagt om ongerichte ruimte voor commerciële datacenteruitbreiding. Wanneer de provincie wil sturen op innovatie, kennisopbouw en strategische autonomie, ligt een gerichte voorziening, zoals een AI-fabriek of andere gedeelde rekenfaciliteit, beleidsmatig meer voor de hand dan generieke groei van commerciële capaciteit.

De scenariostudie laat vervolgens zien dat de provincie voor een principiële

beleidskeuze staat. Tot 2030 is de sturingsruimte beperkt, omdat veel ontwikkelingen al in voorbereiding of uitvoering zijn en netcongestie en vergunningprocedures de snelheid van verandering begrenzen. Na 2030 lopen de scenario's duidelijker uiteen. In het nulscenario groeit de sector door op basis van lopende ontwikkelingen en het bestaande datacenterbeleid van de provincie (waarmee ook solitaire uitbreidingen buiten de bestaande clusters onder strenge voorwaarden mogelijk zijn). In een scenario van strenge regulering wordt die groei sterker afgeremd. In een scenario van een gerichte innovatiehub wordt selectief ruimte geboden aan voorzieningen die direct bijdragen aan onderzoek, innovatie en strategische autonomie. In het ruimste scenario,

waarin Noord-Holland zich ontwikkelt tot competitieve internationale hub, nemen het aantal datacenters, het ruimtegebruik en vooral de energievraag sterk toe.

De kern van de beleidsafweging is daarmee niet alleen hoeveel groei wenselijk is, maar vooral welk type groei de provincie wil faciliteren en onder welke voorwaarden (incl. locatie). We merken hierbij wel op dat de 'harde' sturingsmogelijkheden beperkt zijn. Gemeenten en provincie willen in toenemende mate invloed kunnen uitoefenen, bijvoorbeeld op de herkomst van de exploitant of de prioritering van het gebruik. Op de meeste punten zijn overheden door de Europese aanbestedingswetgeving echter gehouden om niet-discriminerend te handelen. Daardoor zal een groot deel van de beoogde inzet bovenwettelijk en dus vrijwillig zijn. Wel kan de provincie, net als andere overheden, als *launching customer* andere inkoopkeuzes maken, bijvoorbeeld door haar eigen afhankelijkheid van (niet-Europese) Big Tech af te bouwen.

De uitkomsten van de scenariostudie maken duidelijk dat de grootste spanningen liggen op het vlak van ruimte, energie en maatschappelijke inpassing. Datacenters kennen een relatief hoge economische productiviteit per hectare, maar kunnen lokaal een flinke ruimtelijke en maatschappelijke impact hebben. Vooral de energievraag loopt in de ruimere scenario's sterk op en maakt het energiesysteem tot een harde randvoorwaarde voor verdere groei. Efficiëntieverbeteringen en verduurzaming van datacenters zijn belangrijk, maar compenseren de volumegroei niet vanzelf. Ook waterbeschikbaarheid moet nadrukkelijk in de afweging worden betrokken. Voor restwarmte geldt dat benutting alleen kansrijk is wanneer afnemers nabij zijn en de benodigde infrastructuur aanwezig is. Tegelijkertijd laat het rapport zien dat de werkgelegenheid en toegevoegde waarde van datacenters van betekenis zijn, maar dat de directe werkgelegenheid beperkt blijft en de grootste maatschappelijke betekenis vooral ligt in hun randvoorwaardelijke rol voor de bredere digitale economie.

De bestuurlijke hoofdboodschap van dit rapport is daarom tweeledig. Ten eerste ligt een selectieve en toetsbare benadering van nieuwe datacenterontwikkelingen voor de hand. Groei is alleen verdedigbaar wanneer deze aantoonbaar bijdraagt aan publieke doelen en past binnen randvoorwaarden voor ruimte, netcapaciteit, water, energieflexibiliteit en duurzaamheid. **Ten tweede heeft Noord-Holland de kans om zijn sterke positie in AI en digitale innovatie gericht te benutten.** Niet door onbegrensd ruimte te bieden aan generieke groei, maar door samen met gemeenten, kennisinstellingen, netbeheerders, het Rijk en marktpartijen te verkennen waar een gerichte innovatiehub, AI-fabriek of andere gedeelde rekenvoorziening daadwerkelijk publieke meerwaarde heeft. Ook kunnen deze partijen, juist omdat de beleidsinzet vooralsnog bovenwettelijk is, samen werken aan betere monitoring, transparante rapportage en een actieve dialoog met de omgeving. Zo kunnen zij economische ontwikkeling, strategische autonomie en publieke waarden duurzaam met elkaar in balans brengen.

1 Inleiding

Op verzoek van de provincie Noord-Holland heeft Dialogic innovatie & interactie (hierna: Dialogic) onderzoek uitgevoerd naar de benodigde digitale infrastructuur en rekencapaciteit in Noord-Holland.

1.1 Beleidscontext van dit onderzoek

De provincie Noord-Holland werkt aan een herijking van haar Omgevingsvisie. Te midden van toenemende ruimtelijke schaarste en ontwikkelingen op het gebied van klimaatverandering, digitalisering van de economie en internationale onzekerheid wil de provincie scherpere keuzes maken. In het verlengde daarvan wordt ook het 'Toekomstbeeld van de economie' opgesteld, een van de activiteiten uit de Uitvoeringsagenda Duurzame en Circulaire Economie 2025–2028. Met dit Toekomstbeeld wil de provincie richting geven aan wat een toekomstbestendige economie voor Noord-Holland inhoudt, welke randvoorwaarden daarvoor nodig zijn en op welke manier de provincie daarop kan sturen. In de discussie over een toekomstbestendige economie wordt bovendien steeds duidelijker dat de bijdrage van economische clusters in Noord-Holland aan de strategische autonomie van Europa een steeds belangrijkere rol speelt.

Recentelijk is ook de Datacenterstrategie van de provincie herzien. Deze zet het beleid ten aanzien van datacenters voort en loopt tot en met 2027. In deze strategie worden onder andere drie gemeenten aangewezen waar datacenters kunnen worden ontwikkeld of uitbreidingsruimte krijgen: Amsterdam, Haarlemmermeer en Hollands Kroon. Daarnaast is een 'Richtlijn duurzame vestigingsvoorwaarden' opgesteld, die borgt dat bij vestiging en uitbreiding aandacht wordt besteed aan duurzaamheid, landschappelijke inpassing, een toekomstbestendig energiesysteem en een gezonde leefomgeving.

Tegelijkertijd ontwikkelt de behoefte aan uitbreidingsruimte vanuit de datacentersector zich razendsnel als gevolg van de groei van datagebruik. Ook het gebruik van kunstmatige intelligentie neemt sterk toe. Dit vergroot mogelijk de behoefte aan uitbreiding van de onderliggende infrastructuur, waaronder (en dus niet uitsluitend) datacenters. Daardoor neemt de vraag naar nieuwe uitbreidingslocaties toe. Binnen de bestaande clusters in Noord-Holland is de planologische ruimte echter schaars. In combinatie met de grote uitdaging rond netcongestie en de beperkingen op het gebied van drinkwater^[1] is daarmee in toenemende mate een inpassingsvraagstuk ontstaan. Tegelijkertijd vormt de metropoolregio Amsterdam een digitaal knooppunt op Europees en mondiaal niveau. Om deze positie te behouden en verder te versterken, en tegelijk bij te dragen aan de Europese strategische autonomie, is investering in de digitale infrastructuur noodzakelijk.

Op basis van de uitkomsten van dit onderzoek bepaalt de provincie zelf of zij haar datacenterstrategie (al dan niet vroegtijdig) wil aanpassen. Dit onderzoek draagt daarnaast bij aan het opstellen van het 'Toekomstbeeld van de economie' en daarmee indirect aan de Omgevingsvisie van de provincie Noord-Holland.

1.2 Doel- en vraagstelling

Het doel van dit onderzoek is inzicht te geven in welke omvang en welk type digitale infrastructuur nodig is in de provincie Noord-Holland om ook in de toekomst een concurrerend vestigingsklimaat te behouden. We kijken daarbij breder dan alleen datacenters en richten ons op de hele keten die samen digitale infrastructuur vormt.

1.2.1 Onderzoeksvragen

De volgende hoofdonderzoeksvraag staat centraal in het onderzoek:

Wat is de benodigde digitale infrastructuur en rekencapaciteit in de provincie Noord-Holland om een toekomstbestendig, strategisch autonoom en concurrerend vestigingsklimaat te behouden, en welke randvoorwaarden zijn nodig om dit te faciliteren?

Deze hoofdonderzoeksvraag valt in de volgende deelvragen uiteen:

1. Hoe verhoudt Noord-Holland zich op Europees strategisch niveau:
 - a. tot andere landen op het gebied van vraag en aanbod van digitale infrastructuur?
 - b. tot bestaande en toekomstige Europese wet- en regelgeving die invloed heeft op de concurrentiepositie van Noord-Holland op het gebied van digitale infrastructuur?
2. Welke bedrijven en kennisinstellingen binnen de provincie Noord-Holland houden zich bezig met innovatie op het gebied van AI of gebruiken voor andere doeleinden veel rekenkracht? In hoeverre speelt voor deze partijen de geografische nabijheid van digitale infrastructuur een rol in hun afweging om in de provincie Noord-Holland te blijven?
3. Welke kennisclusters, sleuteltechnologieën en sectoren hebben (extra) digitale infrastructuur, rekenkracht en datacenters nodig om de concurrentiepositie van Noord-Holland minimaal te behouden en de strategische autonomie te vergroten?
4. Welke handelingsperspectieven zijn er voor de provincie Noord-Holland om digitale connectiviteit op niveau te houden?
 - a. Waar moet de provincie fysieke ruimte voor maken vanaf 2030?

- b. Welke energievraag hoort bij deze ruimte vanaf 2030?
 - c. Hoe kunnen bestaande (incl. uitbreidingen) en zo nodig nieuwe datacenters bijdragen aan de behoefte aan digitalisering? (Bijvoorbeeld door herstructurering van bestaande locaties.)
5. Welke koppelkansen zijn er te benutten bij verdere uitbreiding van digitale infrastructuur? We richten ons hierbij zowel op fysieke aspecten (bijv. ruimtegebruik en restwarmte) als economische aspecten (bijv. dual-use).
6. Hoe sluit de behoefte aan energie en water vanuit deze sector aan op de duurzame doelstellingen van de PNH 2030-2050 op het gebied van energieverbruik, waterverbruik, circulariteit en emissies (scope 1 en scope 2)¹?
 - a. Wat is de verwachte ontwikkeling daarvan?
 - b. Hoe kan dit worden gemonitord?

1.2.2 Korte reflectie op de onderzoeksvragen

Wij herkennen in de onderzoeksvragen (en daarmee ook in dit rapport) vier hoofdthema's:

- **Foto van de digitale infrastructuur** – een brede inventarisatie van de stand van de digitale infrastructuur in Noord-Holland, waarbij wij naast datacenters ingaan op de gehele digitale infrastructuur.
- **Stand van AI-onderzoek en -innovatie in Noord-Holland** – inzicht in de positie van Noord-Holland op het gebied van onderzoeksinstellingen en bedrijvigheid.
- **Relatie tussen AI en rekenkracht** – uitleg en onderbouwing in welke mate AI-ontwikkeling en -gebruik leiden tot een grotere (lokale) vraag naar digitale infrastructuur.
- **Scenariostudie datacenters in Noord-Holland** – de verwachte impact van beleidskeuzes rond datacenters op de korte (2030) en middellange (2035) termijn, in termen van ruimte, energie en duurzaamheid.

1.3 Onderzoeksaanpak

Voor dit onderzoek is een combinatie van onderzoeksmethoden en databronnen gebruikt, die hieronder nader worden toegelicht.

¹ Scope 3 emissies (elders in supply chain, bijv. bij productie van servers) zijn voor dit onderzoek nauwelijks te meten en ook niet direct relevant voor dit onderzoek.

Deskstudie

Een deel van dit onderzoek bestond uit deskstudie op basis van publiek beschikbare informatie, zoals beleidsdocumenten, (wetenschappelijke) studies en websites van individuele bedrijven en samenwerkingsverbanden.

Data-analyse

De dataset van Innovatiespotter is gebruikt om informatie te verzamelen over netwerken en bedrijven. De Innovatiespotter-database maakt gebruik van webscraping en kunstmatige intelligentie (AI) om informatie te verzamelen over vrijwel alle bedrijven in Nederland, inclusief het mkb. Deze database is gebruikt om inzicht te krijgen in het aantal bedrijven dat zelf AI-systemen ontwikkelt, traint en/of toepast, inclusief hun regionale spreiding.

Interviews

We hebben interviews uitgevoerd om de huidige en toekomstige behoefte aan digitale infrastructuur en rekencapaciteit in kaart te brengen bij bedrijven, kennisinstellingen en clusterorganisaties in Noord-Holland. Daarnaast zijn de interviews bedoeld om inzicht te verkrijgen in welke sectoren, sleuteltechnologieën en AI-toepassingen het meest rekenintensief zijn, waar groeikansen en knelpunten in de digitale infrastructuur liggen, het belang van geografische nabijheid, en de mogelijke effecten op het vestigingsklimaat en de concurrentiepositie. We hebben met zestien personen in elf (groeps)interviews gesproken.

Modellering

Op basis van de database van Pb7 zijn vier scenario's uitgewerkt. De modellering brengt in kaart wat de impact van deze scenario's is op het aantal datacenters, de economie (toegevoegde waarde en werkgelegenheid), het ruimtegebruik, energie- en waterverbruik, en emissies.

1.4 Leeswijzer

Na deze inleiding schetst hoofdstuk 2 het analysekader en de afbakening van digitale infrastructuur binnen een breder digitaal ecosysteem. Hoofdstuk 3 geeft vervolgens een overzicht van de stand van de digitale infrastructuur in Noord-Holland. In hoofdstuk 4 gaan wij in op het AI-ecosysteem in Noord-Holland en de relatie tussen AI, rekencapaciteit en geografische nabijheid. Hoofdstuk 5 bevat de scenariostudie naar de impact van datacenters op onder meer ruimte, energie, water, werkgelegenheid en toegevoegde waarde. Tot slot beantwoorden wij in hoofdstuk 6 de onderzoeksvragen op hoofdlijnen en formuleren wij aanbevelingen voor het provinciale beleid. De bijlagen bevatten een overzicht van de gesproken personen en een toelichting op de Innovatiespotter-analyse.

2 Analysekader: Digitale infrastructuur in een digitaal ecosysteem

Om de rol van digitale infrastructuur en rekencapaciteit in de provincie Noord-Holland te kunnen onderzoeken, hebben wij een analysekader met een heldere afbakening nodig. In dit hoofdstuk schetsen wij de verschillende schakels van de digitale infrastructuur (zie §2.1) en plaatsen die in hun bredere context (zie §2.2). Infrastructuur is immers nooit een doel op zichzelf, maar is primair gericht op het bedienen van maatschappelijke en economische vraag.

2.1 Indeling van digitale infrastructuur

Digitale infrastructuur wordt in dit rapport gedefinieerd als “het geheel aan schakels dat de eindgebruiker in staat stelt om toegang te krijgen tot digitale content en applicaties”^[3]. Dit omvat onder andere telecomnetwerken, (zee)kabels, datacenters, hosting, internet exchanges en cloudtoegang.

In rapporten en publicaties over digitale infrastructuur hanteren auteurs en onderzoekers verschillende afbakeningen. De vraag daarbij is tot waar sprake is van infrastructuur en waar de daarop voortbouwende digitale dienstverlening begint.

Bij meer traditionele telecomonderdelen, zoals aansluitnetwerken, is deze afbakening relatief duidelijk. Naarmate echter meer actieve componenten en diensten in beeld komen, bijvoorbeeld bij verschillende vormen van hosting, vervaagt het onderscheid tussen infrastructuur en dienstverlening. TNO is door EZK gevraagd om meer duidelijkheid te bieden in mogelijke onderverdelingen. Hoewel deze indeling conceptueel sterk en goed is opgebouwd, gaat het voor dit onderzoek te ver om alle afzonderlijke componenten en randvoorwaarden (meer dan 25) te behandelen bij het beschrijven van de huidige stand van digitale infrastructuur in Noord-Holland en het maken van internationale vergelijkingen.

In deze studie delen we digitale infrastructuur daarom op in zes functionele componenten, in lijn met de indeling die wij ook in een eerder onderzoek hebben toegepast [1]. We onderscheiden aansluitnetwerken (vast en draadloos), core-netwerken, internationale verbindingen (land en zee), datacenters, internet exchanges en *peering*, en tot slot hosting en cloud (zie Figuur 1).



Figuur 1. Indeling digitale infrastructuur binnen dit onderzoek (bron: Dialogic o.b.v. o.a. TNO)

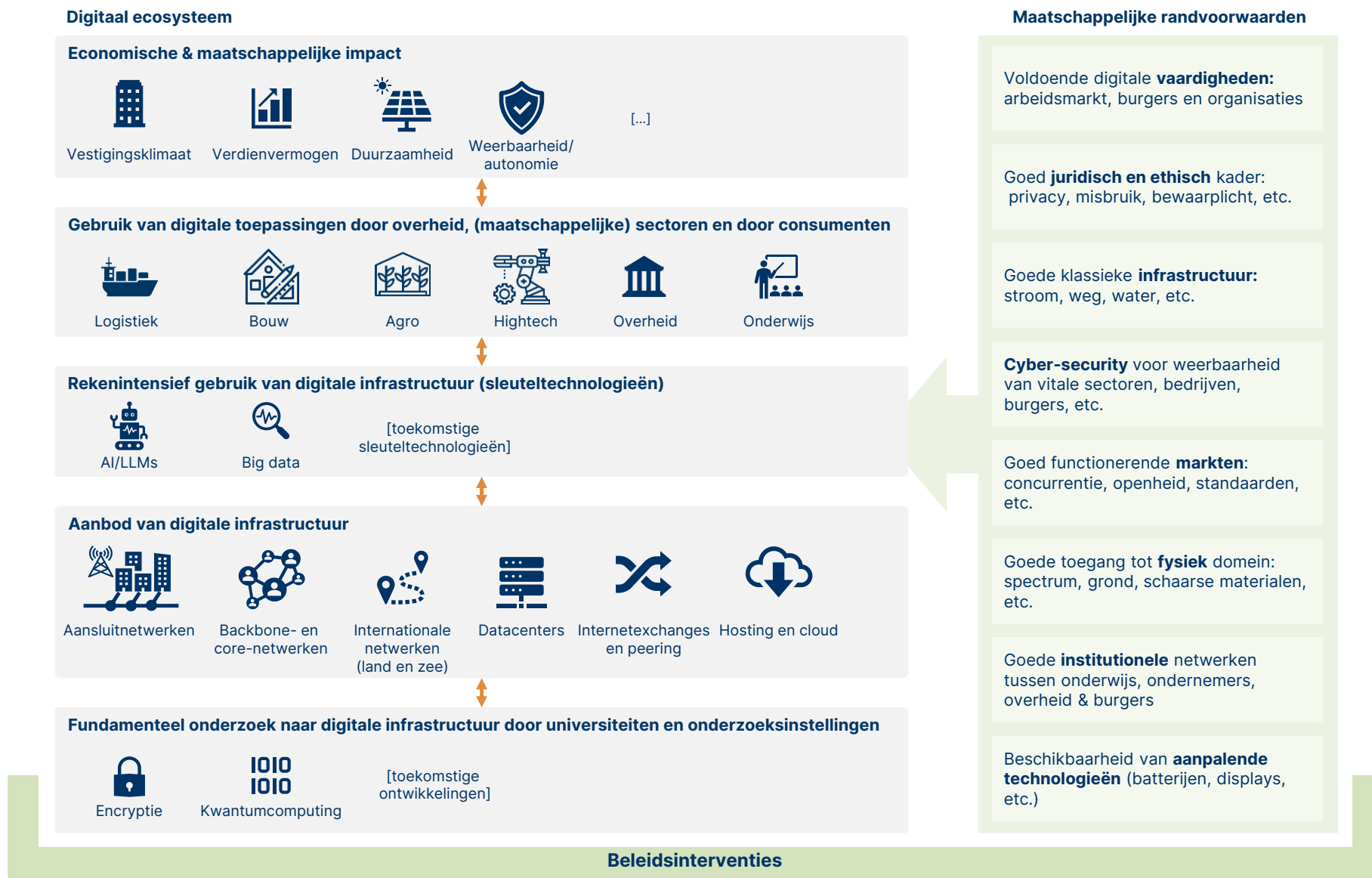
2.2 Samenhang van het digitaal ecosysteem

Digitale infrastructuur staat niet op zichzelf, maar vervult een faciliterende en ondersteunende rol voor toepassingen in onze maatschappij en economie (zie Figuur 2). De figuur laat zien dat het aanbod van digitale infrastructuur onderdeel is van een breder digitaal ecosysteem. De volgende blokken hebben wij in dit model een plaats gegeven (geredeneerd vanuit de ontwikkeling van de technologie en daarmee van onder naar boven in de figuur):

- **Fundamenteel onderzoek naar digitale infrastructuur** – Digitale infrastructuur ontwikkelingen starten in de laboratoria van onderzoeksinstituten en universiteiten. Ver voordat wij digitale infrastructuur gaan gebruiken, onderzoeken wetenschappers de fundamentele principes die ten grondslag liggen aan digitale infrastructuur. Dit onderzoek richt zich onder meer op de ontwikkeling van krachtigere rekencapaciteit en grotere opslagmogelijkheden. Een uitkomst van onderzoek is de versterking en doorontwikkeling van de digitale infrastructuur.
- **Aanbod van digitale infrastructuur** – Fundamenteel onderzoek wordt opgepakt door ICT-bedrijven die (ook in gezamenlijkheid met kennisinstellingen) digitale infrastructuur ontwikkelen. Het aanbod bestaat uit aansluitnetwerken, core-netwerken, internationale netwerken (land en zee), datacenters, internet exchanges en peering en hosting en cloud.
- **Rekenintensief gebruik van digitale infrastructuur (sleuteltechnologieën)** – Het aanbod van digitale infrastructuur wordt opgepakt door ICT-bedrijven die diensten ontwikkelen. Toepassingen die intensief gebruikmaken van digitale infrastructuur, zoals Artificial intelligence en big data, bouwen direct voort op deze digitale infrastructuur en stellen hoge eisen aan rekenkracht, opslag en connectiviteit. Zij vormen een sleuteltechnologie voor de uiteindelijke toepassing in maatschappelijk-economisch sectoren.
- **Gebruik van digitale infrastructuur** – Deze digitale infrastructuur en rekenintensieve toepassingen komen terecht in de maatschappij, en worden daadwerkelijk gebruikt. De digitale infrastructuur wordt benut door verschillende gebruikersgroepen, waaronder de overheid, het bedrijfsleven,

maatschappelijke organisaties en consumenten. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen sectoren die relatief dicht tegen de digitale infrastructuur aanzitten, zoals de ICT sector, en het gebruik in de bredere economie. Zo is de afhankelijkheid van de digitale infrastructuur het grootst in de digitale economie, zoals e-commerce, IT-bedrijven of online platforms. Maar ook bedrijfstakken buiten de digitale economie zijn inmiddels sterk afhankelijk van de digitale infrastructuur. Voor bedrijven die diensten leveren rondom cloud, datacenters, hosting en internetknooppunten, of bedrijven die sterk van deze diensten afhankelijk zijn, is hoogwaardige digitale infrastructuur een doorslaggevende vestigingsfactor.

- **Economische en maatschappelijke impact** – Uiteindelijk is het doel van zowel de ontwikkeling als het gebruik van digitale infrastructuur het realiseren van economische en maatschappelijke impact. Deze impact bestaat onder andere uit een aantrekkelijk vestigingsklimaat, versterkt verdienvermogen, verduurzaming, maatschappelijke weerbaarheid en strategische autonomie.
- **Randvoorwaarden** – Om de vijf genoemde schakels goed te laten functioneren, zijn een aantal randvoorwaarden cruciaal. Deze randvoorwaarden zorgen ervoor dat digitale infrastructuur (ontwikkeling en gebruik) gestimuleerd wordt, en ook dat negatieve impact geminimaliseerd wordt. Dit zijn met name aangrijpingspunten voor overheidsbeleid.



Figuur 2. Samenhang digitale infrastructuur en digitaal ecosysteem

3 Stand van digitale infrastructuur in Noord-Holland

In dit hoofdstuk geven we een beknopt overzicht van de stand van de digitale infrastructuur in Noord-Holland. We plaatsen de Noord-Hollandse context in Nederlands en internationaal perspectief en gaan met name in op de aandachtspunten die wij zien in relatie tot dit onderzoek. Het doel is dus niet om een uitputtend overzicht te presenteren van alle infrastructuuronderdelen.



Figuur 3. Indeling digitale infrastructuur

3.1 Aansluitnetwerken

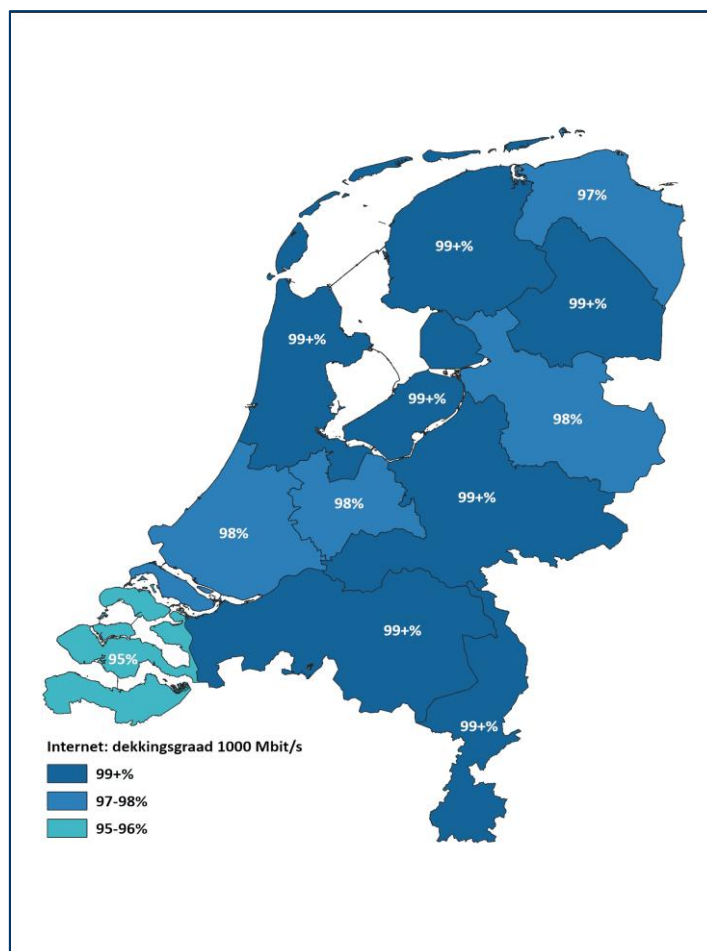
3.1.1 Vaste netwerken

In het aanbod van vaste netwerken kunnen we onderscheid maken tussen enerzijds de generieke grootschalige aansluitnetwerken voor consumenten en kleinzakelijke gebruikers en anderzijds de specifieke netwerken (en bijbehorende diensten) voor de grootzakelijke markt.

Consumenten en kleinzakelijke aanbod

De dekking van vaste snelle aansluitnetwerken is in Nederland zeer hoog.

Jaarlijks inventariseren en rapporteren wij namens het ministerie van Economische Zaken de dekking en snelheden van alle vaste netwerkaanbieders. De data geeft inzicht in de dekking van de glasvezel-, kabel- en DSL-netwerken van bijvoorbeeld KPN, Ziggo en DELTA Fiber. Deze netwerken voorzien huishoudens en (klein)zakelijke gebruikers van hoogwaardige internetdiensten. In het geval van Noord-Holland nadert het de dekking van netwerken met een capaciteit van 1.000 Mbit/s op dit moment de honderd procent.

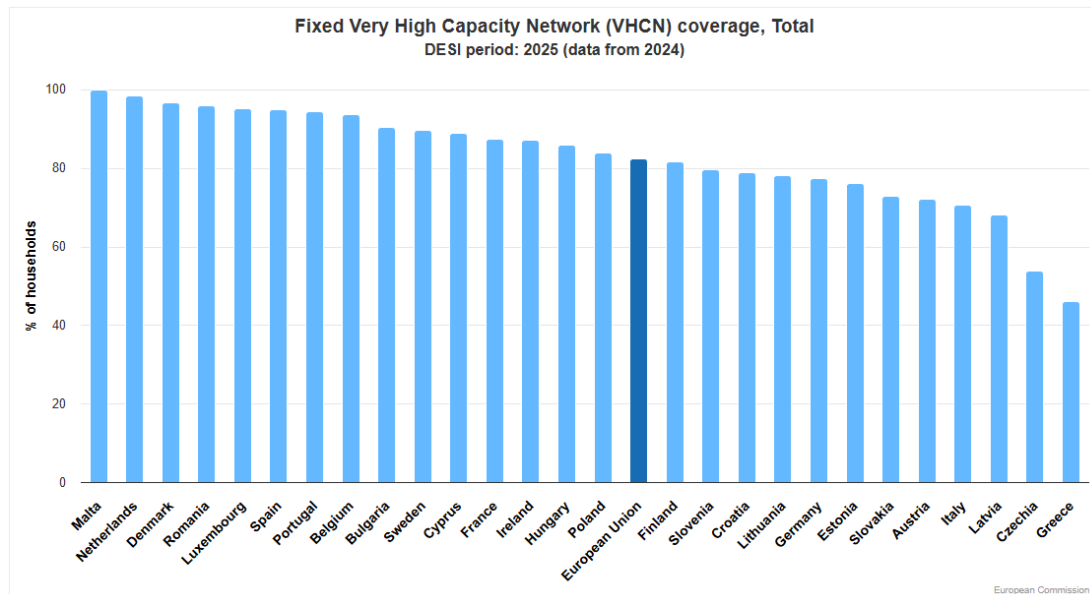


Figuur 4. Dekkingsgraad 1.000 Mbit/s (bron: overalsnelinternet.nl)

Er resteert een aantal hardnekkige slecht ontsloten adressen/huishoudens in het buitengebied². De provincie heeft enige jaren actief beleid gevoerd om de ontsluiting van het buitengebied te verbeteren, waarna de aanleg grotendeels onder commerciële voorwaarden is uitgevoerd. Van de resterende buitengebiedsopgave liggen volgens de laatste data grofweg 2.500 adressen in het Noord-Hollandse buitengebied. Deze adressen liggen met name ten noorden van Amsterdam in de gemeenten Wormerland, Waterland, Landsmeer en Zaanstad.

In Europees verband scoort Nederland al jaren ook erg goed. Na Malta (100% dekking gerapporteerd) heeft ons land de op één na hoogste dekking van snelle vaste aansluitnetwerken (zie Figuur 5).

² In haar laatste Kamerbrief over snel internet (zie: [link](#)) beschrijft het ministerie van EZ dat circa 27.500 huishoudens in het buitengebied nog niet kunnen beschikken over een aansluiting van ten minste 100 Mbps.



Figuur 5. Dekking snelle vaste aansluitnetwerken (bron: Europese Commissie – DESI [1])

Middelgroot en grootzakelijk aanbod

De beschikbaarheid van glasvezelnetwerken voor grootzakelijke gebruikers is uitstekend. Voor grootzakelijke gebruikers is het minder goed mogelijk om op basis van landelijke dekkingscijfers uitspraken te doen over de beschikbaarheid. Deze gebruikers hebben namelijk een sterk uiteenlopende behoefte aan connectiviteit, variërend van vrijwel vergelijkbaar met een kleinzakelijke/consumenten aansluiting, tot zeer zware eisen aan de beschikbaarheid en betrouwbaarheid.

Ons beeld is dat in alle grote woonkernen en andere concentraties van economische activiteiten (zoals bedrijventerreinen) meerdere aanbieders aanwezig zijn. Ditzelfde geldt voor de verbindingen tussen de kernen. Voor partijen met een specifieke behoefte is het daarmee vaak tegen acceptabele kosten mogelijk om een verbinding te realiseren die aan hun specifieke wensen voldoet. Denk bijvoorbeeld aan een redundante verbinding tussen twee kantoor- of productielocaties waarbij de routes van de glasvezelverbindingen geografisch voldoende van elkaar gescheiden zijn.

3.1.2 Mobiele netwerken

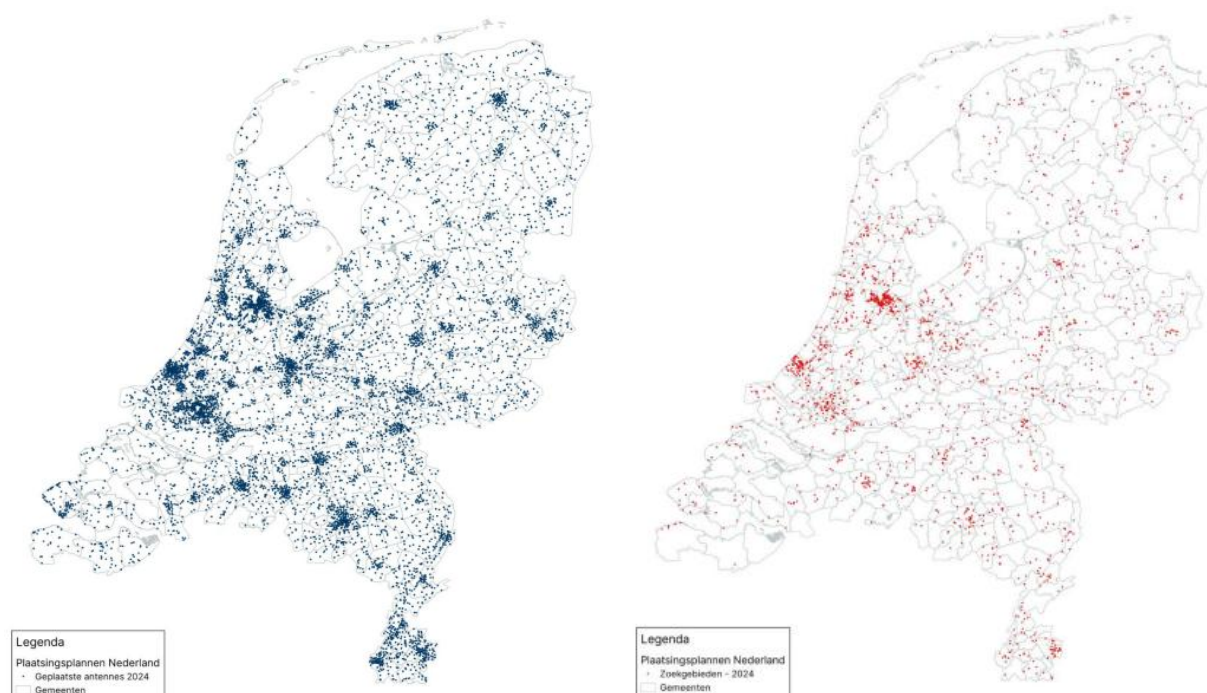
De drie Nederlandse mobiele netwerkkoperators staan alle drie bekend om hun goede 4G/5G-netwerken. Nederland is een dichtbevolkt en plat land, waardoor het relatief eenvoudig is om een landelijk dekkend netwerk tegen redelijke kosten te realiseren en te exploiteren. Dit zien we terug in de dekkingskaarten van de drie aanbieders met een eigen netwerk: Odido, KPN en Vodafone. Deze partijen moeten wel voortdurend blijven investeren in netwerkkapitaal, opstelpunten en spectrumvergunningen om concurrerend te blijven.



Figuur 6. Dekkingskaarten van de drie MNO's - Odido, KPN en Vodafone

Hoewel de netwerken goed presteren, geven de operators in toenemende mate aan moeite te hebben om bestaande opstelpunten te behouden en nieuwe te verwerven.

Onderstaande kaarten laten zien waar de bestaande antennes staan (links) en waar operators naar nieuwe locaties zoeken (rechts). Op beide kaarten zien we concentraties in de grote kernen, met de G4 (en met name Amsterdam) als duidelijke uitschieter.



Figuur 7. Antennelocaties (links) en zoekgebieden voor nieuwe antennelocaties (rechts) [2]

Internationaal gezien staat Nederland al jaren aan de top qua dekking en snelheden van mobiele netwerken. Het Duitse onderzoeksbureau Umlaut onderzoekt telecomnetwerken door rond te rijden en te lopen en zo de daadwerkelijke prestaties van netwerken te meten. In een rapport uit 2024 concluderen zij dat de drie mobiele netwerken in Nederland uitstekend presteren [3].

Naast deze generieke netwerken, zijn er ook nog allerlei organisaties die bedrijfsspecifieke private netwerken gebruiken. De vraag van deze partijen is dermate specifiek dat zij het reguliere aanbod niet passend vinden en daarom investeren in eigen private 4G/5G-netwerken. Denk hierbij aan bijvoorbeeld Schiphol. Partijen kunnen hierbij gebruik maken van perceelgebonden vergunningen in afgeschermd spectrumblokken.³ Dit is een markt die nog sterk in ontwikkeling is, waarbij Nederland niet veel onderdoet voor onze buurlanden. [3]

Tot slot wordt er in Nederland binnen het Nationaal Groeifondsprogramma Future Networks and Services ook al gewerkt aan 6G - de opvolger van 5G. Het Future Network Services consortium bestaat uit 60 bedrijven, kennisinstellingen en overheden en richt zich op het ontwikkelen van de nieuwste generatie mobiele netwerken: 6G. Het consortium bouwt voort op haar gezamenlijke expertise in netwerkinnovatie, halfgeleiders en mobiele toepassingen die essentieel zijn voor de ontwikkeling van deze nieuwe netwerktechnologie. Doel is een als land (weer) een prominente positie in de ontwikkeling van deze netwerktechnologie te bemachtigen, zowel qua hardware als de uiteindelijke gebruikerstoepassingen.⁴

3.2 Backbone en core-netwerken

De dichtheid van de Nederlandse backbone en core-netwerken is erg hoog, waarbij Amsterdam van oudsher een belangrijk verdichtingspunt is. Dit gezien de aanwezigheid van de Amsterdam Internet Exchange en de concentratie van datacenters in deze regio. Onderstaande kaart (en de latere overzichtskaart in Figuur 11) laat zien dat alle (grote) kernen via verschillende routes onderling verbonden zijn.

³ Zie: [www.rdi.nl]

⁴ Zie voor meer informatie: [futurenetworkservices.nl]



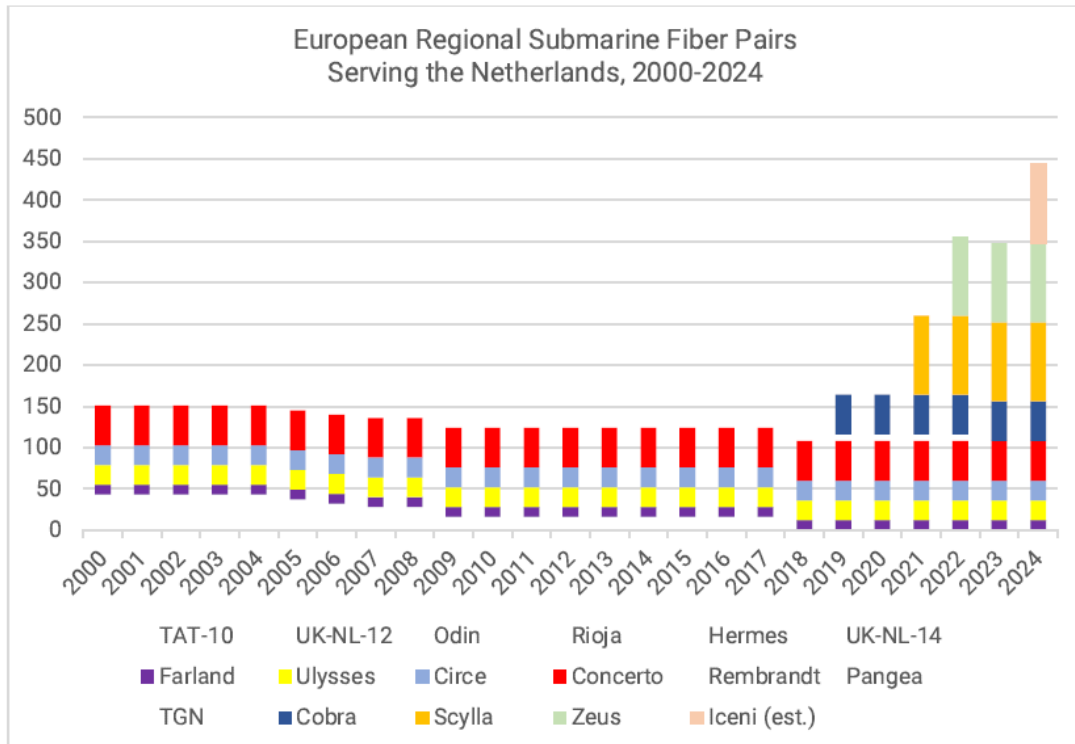
Figuur 8. Ligging glasvezel-backbones en core-netwerken [4]

3.3 Internationale netwerken (land en zee)

Nederland staat bekend als internationaal knoop- en aanlandingspunt voor internationale verbindingen, maar er zijn aandachtspunten. Onderzoek uit 2024 laat zien dat Nederland en daarmee ook Noord-Holland zowel over land als zee goed internationaal verbonden is (Figuur 9), waarbij de meeste systemen in Noord-Holland aanlanden (Zandvoort, IJmuiden, Katwijk en Callantsoog). Verschillende eerdere trans-Atlantische systemen zijn echter de afgelopen jaren aan het einde van hun technische levensduur gekomen en uit gebruik genomen. Recent aangelegde systemen hebben een hoge dichtheid qua aantal glasvezelparen (en bieden daarom veel ruimte voor hoge capaciteitsverbindingen), maar verbinden Nederland alleen met andere Europese landen (Figuur 10). De Zeekabelcoalitie zet in publiek-privaat verband in om de aanlanding van nieuwe kabelsystemen internationaal te promoten. Ook wil het de aanleg vereenvoudigen en heeft nu een aantal mogelijke aanlandplaatsen in beeld.



Figuur 9. Ligging internationale verbindingen [5]



Figuur 10. Aantal beschikbare glasvezelvezelparen op zeekabelsystemen [5]



Figuur 11. Overzichtsplaat ligging backbones en zeekabels (bron: Dialogic bewerking van shapefiles aanbieders)

3.4 Datacenters

De provincie Noord-Holland en met name de regio Amsterdam zijn een internationale hotspot voor datacenters, maar lopen al enige tijd tegen grenzen aan.

De metropoolregio Amsterdam maakt onderdeel uit van de FLAP-D-regio: van oudsher de grootste en meest volwassen datacentermarkten in Frankfurt, Londen, Amsterdam, Parijs en Dublin. Op deze locaties is een zelfversterkend effect ontstaan: datacenters bouwen en breiden bij voorkeur uit waar al veel datacenters aanwezig zijn, wat weer meer datacenters aantrekt (netwerkeffecten). Hetzelfde geldt voor toeleveranciers en dienstverleners: ook zij vestigen zich graag in de nabijheid van bestaande clusters. Dit levert werkgelegenheid op. De fysieke nabijheid van grote contentpartijen en

dienstenaanbieders zorgt bovendien voor betere dienstverlening voor Nederlandse eindgebruikers en zakelijke partijen, onder meer door de mogelijkheden tot directe *peering* en goede connectiviteit (zowel qua capaciteit als latency). De druk op al deze locaties is de afgelopen jaren echter toegenomen: beschikbare ruimte en energie (en de publieke opinie) hebben de groeimogelijkheden voor de sector op deze locaties sterk ingeperkt.

Typen datacenters

In onze rapportages over datacenters wordt doorgaans onderscheid gemaakt tussen drie typen datacenters:

- **Single-tenant datacenters** (of enterprise datacenters) hebben één eigenaar die doorgaans servers voor eigen gebruik heeft. Dit zijn veelal kleine datacenters van bijvoorbeeld een gemeente of ziekenhuis, maar deze datacenters kunnen ook een bredere scope hebben.
- **Multi-tenant datacenters** (of colocatie datacenters) verhuren serverruimte aan meerdere partijen. De colocatie datacenter eigenaar (ook wel: colo) is verantwoordelijk voor de niet-IT-infrastructuur en de klanten zijn vaak eigenaar van de servers zelf. Ze variëren van klein tot middelgroot waarbij de laatste voornamelijk in de Metropoolregio Amsterdam zijn gevestigd.
- **Hyperscale datacenters** (of hyperscalers) zijn in principe zeer grote single-tenant datacenters van tenminste 10.000 m² en een aansluitvermogen van minimaal 70 MW. Hyperscalers leveren grote cloud- of SaaS-toepassingen die veel rekenkracht vereisen. In Nederland zijn de Middenmeer en Eemshaven de twee locaties met hyperscale datacenters. Daarbuiten is (afgezien van enkele locaties in de gemeenten Het Hogeland en Hollands Kroon) sinds 2023 geen vestiging van nieuwe hyperscale datacenters meer toegestaan.⁵

We zien ook rapporten waarbij er bij de multi-tenant datacenters nog onderscheid wordt gemaakt tussen datacenters die vooral een nationale of juist een internationale klantgroep bedienen. Ook een onderscheid tussen service datacenters (nadruk op applicaties en diensten) en storage datacenters (nadruk op data opslag en beheer) komt voor.

⁵ Zie: [www.eerstekamer.nl]

Noord-Holland huisvestte in 2025 bijna driekwart (74%) van de Nederlandse datacentercapaciteit. In onderstaande tabel plaatsen we de omvang van de Noord-Hollandse datacentersector in Nederlands en internationaal perspectief, inclusief de (autonome) groeiverwachtingen. We maken hierbij onderscheid tussen reguliere (kleinere) colocatie-datacenters en zogenoemde scale-datacenters. Die laatste categorie betreft de grote colocatiedatacenters die (grotendeels) worden verhuurd aan één of een klein aantal grote gebruikers (veelal dezelfde Big Tech-partijen die zelf ook hyperscale datacenters bouwen). Met name voor de grotere colocatiedatacenters verwachten we tot 2030 een aanzienlijke jaarlijkse autonome groei, zowel binnen Nederland als daarbuiten. Dit is het gevolg van lopende vergunningsaanvragen en daadwerkelijke bouwwerkzaamheden.

Huidige omvang (MW IT Vermogen) en groeiverwachting (Pb7 Research database)

Noord-Holland	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	CAGR 2025-2030
Colocatie	370	379	406	430	497	520	566	591	616	8%
Scale colocatie	248	298	298	386	465	539	617	752	845	20%
Hyperscale self built	210	246	282	282	282	282	282	364	446	5%
TOTAAL	827	923	986	1.099	1.244	1.341	1.464	1.706	1.906	12%

Source: European colocation & hyperscale database 2025, Pb7 Research

Nederland	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	CAGR 2025-2030
Colocatie	552	569	605	638	730	771	850	895	940	8%
Scale colocatie	296	346	346	448	526	609	687	822	915	19%
Hyperscale self built	385	385	385	420	450	507	537	589	641	9%
TOTAAL	1.233	1.300	1.336	1.506	1.706	1.887	2.074	2.306	2.496	12%

Source: EUDCA 2025 rapport (Pb7)

Europa	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	CAGR 2025-2030
Colocatie	4.332	4.626	5.031	5.498	6.049	6.539	6.999	7.404	7.783	8%
Scale colocatie	2.538	3.082	3.729	5.010	6.699	8.872	11.417	13.671	16.028	30%
Hyperscale self built	2.630	2.728	3.009	3.382	4.225	4.861	5.686	6.296	6.906	16%
TOTAAL	9.500	10.435	11.769	13.890	16.973	20.272	24.103	27.371	30.717	18%

Source: EUDCA 2025 rapport (Pb7)

Figuur 12. Omvang datacentersector in Noord-Holland, Nederland en Europa (bron: Pb7)⁶

In hoofdstuk 5 gaan wij uitgebreider in op de omvang en groeiscenario's van datacenters. Aan de hand van een aantal toekomstscenario's brengen we de impact in termen van ruimte, energie, duurzaamheid en economie in kaart.

De provincie Noord-Holland zet op dit moment in op het faciliteren van selectieve, geclusterde vestiging, met aandacht voor landschap en het energiesysteem.

Datacenters worden ruimtelijk geclusterd (ook wel: clusterbepaling) op bedrijventerreinen in door de gemeenten zelf aangewezen gebieden (Amsterdam, Haarlemmermeer en Hollands Kroon). Buiten deze aangewezen gebieden mogen alleen onder zeer strenge voorwaarden solitaire datacenterontwikkelingen worden

⁶ Met scale colocation wordt in dit overzicht verwezen naar grote faciliteiten die specifiek voor één enkele huurder gebouwd of beschikbaar gesteld worden (ook wel: *built-to-suit* of *powered shells*) en typisch een omvang hebben van 20 tot 80 MVA. Dit in tegenstelling tot de 'reguliere' colocatie datacenters waarin meerdere individuele huurders of wholesale aanbieders racks of grotere ruimtes huren.

gerealiseerd. Voor alle nieuwe datacenterontwikkelingen geldt dat er een stedenbouwkundig plan en een beeldkwaliteitsplan moet worden opgesteld, in lijn met de gemeentelijke vestigingsvoorwaarden. Deze regels zien toe op datacenters met een minimale oppervlakte van 2.000 m² of een elektriciteitsaansluiting van minimaal 5 MVA. De provincie stimuleert verduurzaming van datacenters om daarmee de impact op de omgeving, watersysteem en energievoorziening verder te beperken.

In de laatste herziening van haar datacenterbeleid geeft de provincie aan dat zij in uitzonderlijke gevallen wil kunnen besluiten om af te wijken van de clusterbepaling (en dus vestiging op andere locaties mogelijk te maken). Dit maakt de provincie mogelijk door een afwijkingsbepaling in de Omgevingsverordening. Hierin staat het volgende:

Gedeputeerde Staten kunnen gebruik maken van de bevoegdheid zoals genoemd in Artikel 13.3 van de Omgevingsverordening om een werkingsgebied te wijzigen. In uitzonderlijke gevallen kunnen zij toe staan om buiten het werkingsgebied 'datacenter toegestaan' en in het werkingsgebied 'datacenter uitgesloten' een datacenter te ontwikkelen. Een gemeente kan een verzoek doen aan Gedeputeerde Staten om van deze bevoegdheid gebruik te maken. Om over te gaan tot het wijzigen van de werkingsgebieden zoals genoemd in de Artikel 6.32a en Artikel 6.32b van de Omgevingsverordening moet zijn voldaan aan enkele voorwaarden. In aanvulling op de voorwaarden zoals genoemd in Artikel 6.32a van de Omgevingsverordening, moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

- a.** De datacenterontwikkeling voldoet aan de gemeentelijke ruimtelijke en strategische doelstellingen en ambities, en;*
- b.** De datacenterontwikkeling heeft een positieve impact op het energiesysteem, waarover wordt geadviseerd door de netbeheerder, voor een periode van minimaal 15 jaar, en;*
- c.** De datacenterontwikkeling draagt aantoonbaar bij aan een brede welvaart, en;*
- d.** De provincie beoordeelt nieuwe datacenterinitiatieven op basis van de 'Richtlijn duurzame vestigingsvoorwaarden datacenters Noord-Holland'.*

Vestigingsplaatsfactoren voor datacenters

De keuze voor een datacenter om op een locatie te vestigen of uitbreiden is van een aantal randvoorwaarden afhankelijk. In een eerdere verkenning naar de vestiging van datacenters hebben wij deze als volgt opgesomd:

- Beschikbaarheid van elektriciteitsaansluiting met voldoende transportvermogen.
- Beschikbaarheid van goede connectiviteit (voldoende bandbreedte, weinig latency).
- Beschikbaarheid van restwarmte-aansluiting (zie voorbeeld NorthC HTC Eindhoven).
- Nabijheid van andere datacenters.
- Nabijheid aanpalende dienstverlening (bijv. onderhoud en toeleveranciers).
- Mogelijke restricties vanuit landelijk of regionaal beleid.

Door de opkomst van AI-gerelateerde toepassingen stijgt het energieverbruik per vierkante meter datavloer (ook wel aangeduid als *high-density racks*). Traditionele datacenters bieden met name ruimte voor servercapaciteit voor rekenkracht (op basis van CPU's) en dataopslag. Deze servers worden in zogenoemde serverracks geïnstalleerd en voorzien van stroom, netwerkconnectiviteit en (veelal luchtgekoelde) koeling. Met de opkomst van AI is de vraag naar servers met grafische rekencapaciteit (*graphics processing units*, GPU's) sterk toegenomen, aangezien deze bijzonder geschikt zijn voor het trainen en gebruiken van AI-modellen. Het gevraagde vermogen van GPU-geschikte servers ligt aanzienlijk hoger dan dat van traditionele servers. Waar traditionele (luchtgekoelde) racks een gemiddeld vermogen hebben van vijf tot tien kW (met uitschieters tot twintig kW), loopt dit bij GPU-geschikte racks op tot veertig tot tachtig kW (bij gemengde workloads en inferencing) en in sommige gevallen zelfs tot meer dan honderd kW (bij hoogwaardige AI-training) of in nog extreme gevallen zelfs een megawatt per rack.⁷

⁷ Zie: [www.nvidia.com]

Koeling (en waterverbruik) in datacenters

Datacenters werden traditioneel gekoeld met CRAC-units (luchtkoeling), een aanpak die relatief energie-intensief is en nog veel voorkomt in oudere en kleinere faciliteiten. In koelere klimaten, zoals Nederland, is echter breed ingezet op (directe of indirecte) vrije-luchtkoeling. Bij **directe vrije-luchtkoeling** wordt geconditioneerde buitenlucht via koude gangen (cold-aisles) langs de apparatuur geleid en via warme gangen (hot-aisles) afgevoerd; op warme dagen wordt dit vaak aangevuld met **adiabatische koeling**, wat het waterverbruik verhoogt. **Indirecte vrije-luchtkoeling** gebruikt de koude van buitenlucht via een warmtewisselaar, waarbij water het koelmedium is, zonder dat buitenlucht direct de computerruimte instroomt.

Door de toenemende vermogensdichtheid per rack, met name bij zware rekentaken zoals AI-training, schiet vrije-luchtkoeling tekort. Met aanpassingen kan indirecte vrije-luchtkoeling langer worden toegepast, bijvoorbeeld met **Rear Door Heat Exchangers** (RDHx), die warmte direct aan de achterzijde van racks met water afvoeren.

Voor de hoogste vermogensdichtheden is een verdere verschuiving naar **vloeistofgekoelde** oplossingen nodig. Dit varieert van direct-to-chip-koeling, waarbij vloeistoffen het grootste deel van de warmte direct bij de chip afvoeren, tot immersion cooling, waarbij servers worden ondergedompeld in een niet-geleidende vloeistof. Deze technieken maken hogere efficiëntie en compactere systemen mogelijk, maar stellen ook nieuwe eisen aan datacenterontwerp en -inrichting.

3.5 Internet exchanges

De Amsterdam Internet Exchange (AMS-IX) geldt al decennialang als een van de toonaangevende internetknooppunten van Europa. Op deze exchange wisselen heel veel aanbieders en afnemers van internetverkeer hun data uit. Een aanzienlijk deel van de peering vindt plaats voor internationale bedrijven. Zo vormen AMS-IX (en in mindere mate ook bijvoorbeeld de NL-IX) een internationaal knooppunt van internetverkeer en een toegangspunt voor (met name) Amerikaanse bedrijven naar Europa. De AMS-IX behoort samen met de DE-CIX (Frankfurt) en LINX (Londen) tot de wereldspelers qua verkeersstromen. Voor de andere Europese regio's vormen France-IX (Parijs), Netnod (Stockholm), SwissIX en ESPANIX (Madrid) belangrijke regionale hubs.

Tegelijkertijd zien we de positie van internet exchanges veranderen door directe peering en de extreme concentratie van verkeersstromen van en naar een klein aantal zeer grote contentaanbieders (Big Tech) – een groeiend deel van het internetverkeer verloopt via private peering en eigen netwerken van Big Tech-partijen.

Grote partijen zoals Google, Amazon en Microsoft sturen een steeds groter deel van het internetverkeer. Zij bouwen eigen wereldwijde netwerken, doen directe (private) peering met grote ISP's en telco's en plaatsen caches en edge-infrastructuur dicht bij gebruikers. Hierdoor neemt het relevante aandeel van IX'en in de totale verkeersstromen af. De functie van internetknooppunten verschuift daarmee van primaire verkeersknooppunten naar hybride platforms die zowel publieke peering (koppelen van alle partijen zonder directe peering) als toegang tot grootschalige contentnetwerken faciliteren. Dit maakt hun positie alsnog erg waardevol in het totale internet-ecosysteem, met name ook voor de niet-hyperscale partijen.

3.6 Hosting en cloud

Het belang van online reken- en opslagdiensten via colocatie, hosting en cloudoplossingen van grote aanbieders als AWS, Microsoft, Google en Alibaba is de afgelopen jaren sterk toegenomen en vormt inmiddels een onlosmakelijk onderdeel van de digitale infrastructuur. Zonder deze diensten zou vrijwel alle digitale dienstverlening stilvallen. Door virtualisering is de fysieke locatie van servers bij clouddiensten niet langer per definitie bekend of relevant; diensten kunnen vanuit uiteenlopende (internationale) datacenters worden geleverd. Cloud computing draait om het via internet aanbieden van IT-diensten zoals software, opslag en netwerken, in de vorm van public, private of hybride cloudoplossingen.

In Nederland is een breed en divers aanbod aan cloud-aanbieders beschikbaar, variërend van grote internationale spelers tot gespecialiseerde en sectorspecifieke partijen. Vooral in de Metropoolregio Amsterdam zijn de mogelijkheden voor hybride cloudoplossingen groot, mede dankzij de sterke interconnectie met regionale datacenters tegen lage kosten. De cloudadoptie onder Nederlandse bedrijven is hoog: meer dan 65% van de bedrijven maakt gebruik van cloudtoepassingen (en in sommige sectoren nog aanzienlijk veel meer), waarmee Nederland tot de Europese koplopers behoort.⁸ De verwachtingen rond edge computing zijn vooralsnog beperkt, aangezien Nederland klein en dichtbevolkt is en het huidige, geconcentreerde datacenterlandschap voor de meeste toepassingen voldoende lijkt.

Europese wet- en regelgeving op het gebied van digitale infrastructuur en AI

Er is een brede waaier aan Europese beleidsprogramma's, -voornemens en verordeningen die betrekking hebben op digitale infrastructuur, platformen, toepassingen (incl. AI) en verduurzaming. We geven hieronder een beknopt overzicht van de relevante publicaties, ingedeeld op een zestal thema's.

⁸ Zie data van Eurostat (NL: 68% in 2025, [\[link\]](#)) en sectordata van CBS ([\[link\]](#))

1. **Connectiviteit & netwerk-infrastructuur** - De **Digital Networks Act (DNA)** en het **Digital Decade Policy Programme 2030** vormen samen het Europese kader voor grootschalige investeringen in toekomstvaste vaste en mobiele netwerken (glasvezel, 5G/6G en satelliet).
2. **AI & Europese compute-capaciteit** - De **AI Act** stelt bindende regels voor AI-toepassingen⁹. **EuroHPC** heeft als doel om via publieke investeringen Europese AI- en supercompute-infrastructuur te ontwikkelen.
3. **Cybersecurity & weerbaarheid** - De **NIS2-richtlijn** en de **Cyber Resilience Act (CRA)** verplichten aanbieders en leveranciers van digitale infrastructuur tot structurele cybersecurity-maatregelen en positioneren digitale infrastructuur als kritieke infrastructuur.
4. **Data- en cloud-infrastructuur** - De **Data Act, Data Governance Act (DGA)** en de **European Health Data Space (EHDS)** reguleren toegang, uitwisseling en hergebruik van data en stellen eisen aan interoperabele, veilige en Europese cloud- en data-infrastructuren.
5. **Platformen & systeemwerking** - De **Digital Markets Act (DMA)** en **Digital Services Act (DSA)** sturen de werking van digitale platformen en hostingdiensten en hebben daarmee indirecte effecten op cloud- en infrastructuurdiensten.
6. **Energie, duurzaamheid & datacenters** - De herziene **Energy Efficiency Directive (EED)** en het aangekondigde **EU Data Centre Energy Efficiency Package** koppelen de groei van datacenters expliciet aan eisen rond energie-efficiëntie, transparantie en klimaatneutraliteit.

Het reikt voor deze studie te ver om voor elke publicatie de doelen en impact voor Nederland en Noord-Holland uit te werken. Onze belangrijkste observatie is dat deze Europese ontwikkelingen randvoorwaarden scheppen (zoals verplichtingen op gebied van cybersecurity en duurzaamheid) waar de digitale sector aan zal moeten voldoen. Daarnaast kan de provincie, in samenwerking met de gemeenten, haar beleidsambities voortbouwen op de Europese doelstellingen en regelgeving.

⁹ Het Europees Parlement heeft op 26 maart besloten om de toepassing van delen van de AI Act **uit te stellen (was voorzien op 1 augustus 2026)**. Er zijn nu latere ingangsdata geïntroduceerd voor verplichtingen rond hoog-risico-AI. Dit gaat samen met vereenvoudiging en meer flexibiliteit voor bedrijven, een expliciet verbod op AI-“nudifier“-apps en aanvullende ondersteuning voor kleine ondernemingen. Zie: [\[www.europarl.europa.eu\]](http://www.europarl.europa.eu)

4 AI-ecosysteem in Noord-Holland

In dit hoofdstuk geven we een beknopt overzicht van het AI-ecosysteem in Noord-Holland. We gaan daarbij met name in op de kennisinstellingen en bedrijven die zich bezighouden met onderzoek en ontwikkeling op het gebied van AI.

4.1 Innovatie op het gebied van AI

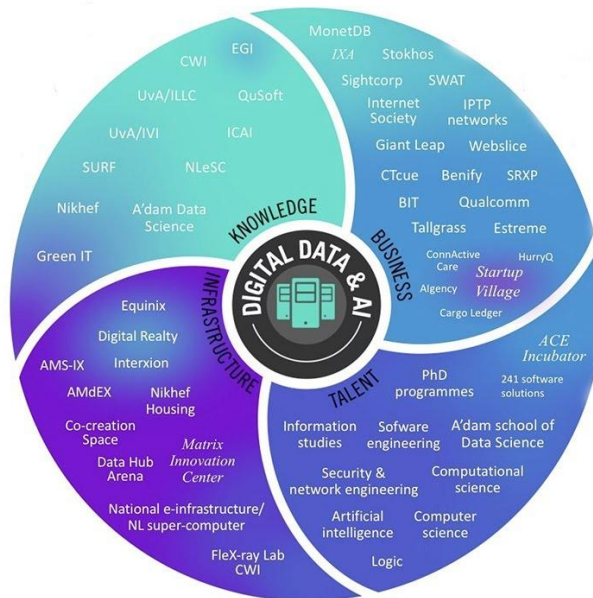
4.1.1 Kennisinstellingen

Amsterdam is de AI-hub van Nederland voor onderzoek en ontwikkeling op het gebied van AI. In Amsterdam spreken we van verschillende kennisinstellingen, onderzoeksinstituten en onderzoeksgroepen die behoefte hebben aan rekenkracht. Figuur 13 geeft een overzicht van de kennisinstellingen en samenwerkingsverbanden in Amsterdam op het gebied van AI.

Zo brengt het samenwerkingsnetwerk Amsterdam AI expertise samen van diverse kennisinstituten, de stad Amsterdam en Amsterdam Economic Board die samenwerken aan de ontwikkeling en toepassing van verantwoorde AI. Deze kennisinstituten zijn de Universiteit van Amsterdam, VU Amsterdam, Hogeschool van Amsterdam, Amsterdam UMC, Nederlands Kankerinstituut, Sanquin en Centrum Wiskunde & Informatica.

Daarnaast hebben de UvA en de VU het Innovation Center for Artificial Intelligence (ICAI) opgericht, een samenwerking tussen achttien Nederlandse kennisinstellingen. Dit centrum brengt kennisinstellingen, industrie en publieke en maatschappelijke partners samen om talentontwikkeling en technologische innovatie op het gebied van AI in Nederland te versterken. In totaal zijn vijf van de achttien ICAI partners gevestigd in Amsterdam: Centrum Wiskunde & Informatica, Amsterdam UMC, Nederlands Kankerinstituut, Universiteit van Amsterdam en VU Amsterdam. ICAI-laboratoria vormen de kern van ICAI en zijn publiek-private samenwerkingen tussen universiteiten en innovatieve industrie. De UvA maakt bijvoorbeeld deel uit van de volgende ICAI-laboratoria:

- AIM Lab (AI for Medical Imaging), een samenwerking tussen het Inception Institute of Artificial Intelligence en de UvA.
- AI for Retail (AIR) Lab Amsterdam, een gezamenlijk industrielab van UvA-Ahold Delhaize.
- Atlas Lab, een samenwerking tussen TomTom en UvA.
- Civic AI Lab (CAIL), een samenwerking tussen de stad Amsterdam, de VU Amsterdam en de UvA.
- DELTA Lab (Deep Learning Technologies Amsterdam), een samenwerking tussen Bosch en de UvA.
- Discovery Lab, een samenwerking tussen Elsevier, VU Amsterdam en de UvA.

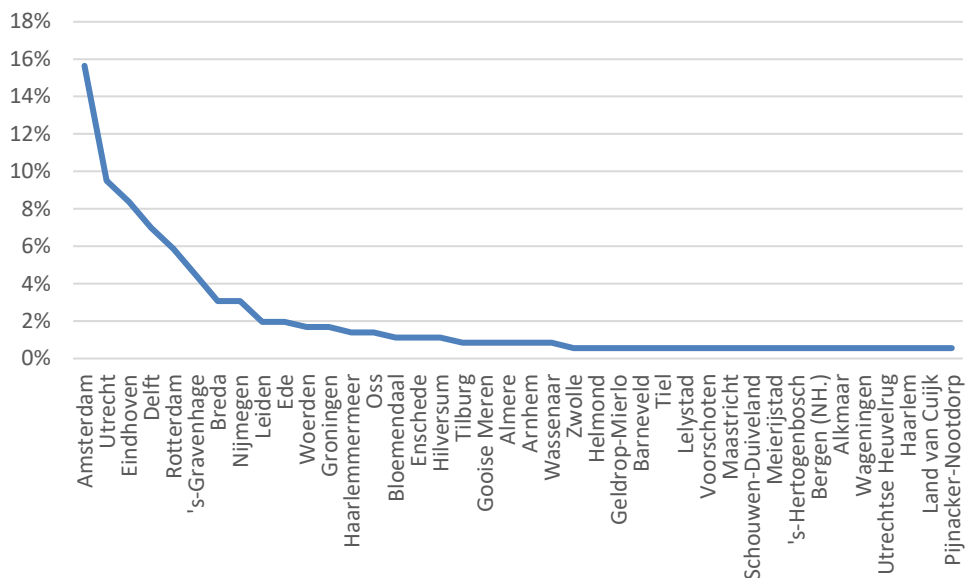


Figuur 14. AI & Data Science ecosysteem op Amsterdam Science Park (bron: www.amsterdamsciencepark.nl)

4.1.2 Bedrijven

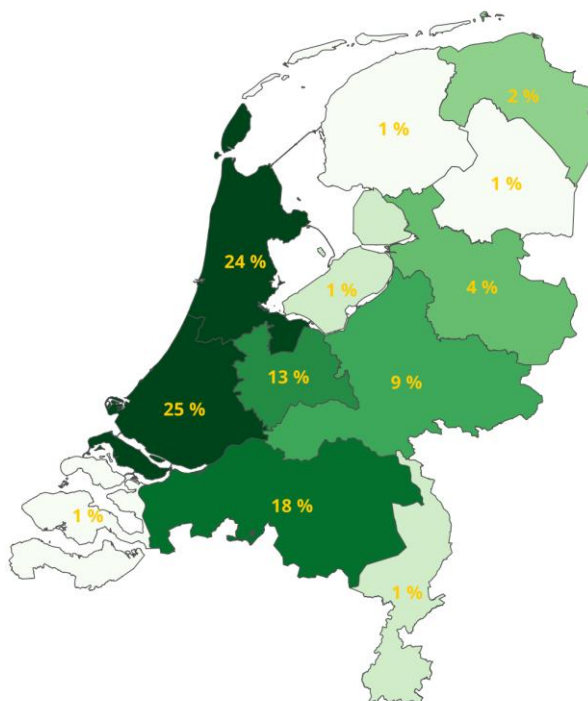
Amsterdam is de AI-hoofdstad van Nederland, met meer dan 15,6 procent van alle AI-bedrijven (en 6,8 procent van alle innovatieve bedrijven). Figuur 15 toont de geografische verdeling van AI-bedrijven per gemeente op basis van onze Innovatiespotter-analyse.¹⁰ In onze Innovatiespotter-analyse hebben wij de definitie van een AI-bedrijf gehanteerd zoals toegelicht in Bijlage 2. Naast Amsterdam bevinden zich ook sterke AI-clusters in andere stedelijke gebieden, met name in de universiteitssteden Utrecht, Eindhoven, Delft, Rotterdam en Den Haag. Over het algemeen is AI-activiteit sterk geconcentreerd in deze stedelijke centra, terwijl de aanwezigheid van AI-bedrijven aanzienlijk minder is in landelijke gebieden en kleinere steden. Deze geografische concentratie weerspiegelt de neiging van AI-bedrijven om zich te vestigen in de nabijheid van grote kennisinstututen, technologiehubs en andere stedelijke centra.

¹⁰ Uit onze analyse blijkt dat 358 bedrijven op basis van onze definitie zijn geïdentificeerd als AI-bedrijf. Daarnaast zijn 8.674 bedrijven geïdentificeerd die AI toepassen in producten, diensten of processen, maar waarbij AI niet tot de kern van de bedrijfsactiviteiten behoort en geen eigen AI-modellen worden ontwikkeld. Voor 50.869 bedrijven zijn geen aanwijzingen gevonden dat AI een relevante rol speelt in hun bedrijfsactiviteiten.

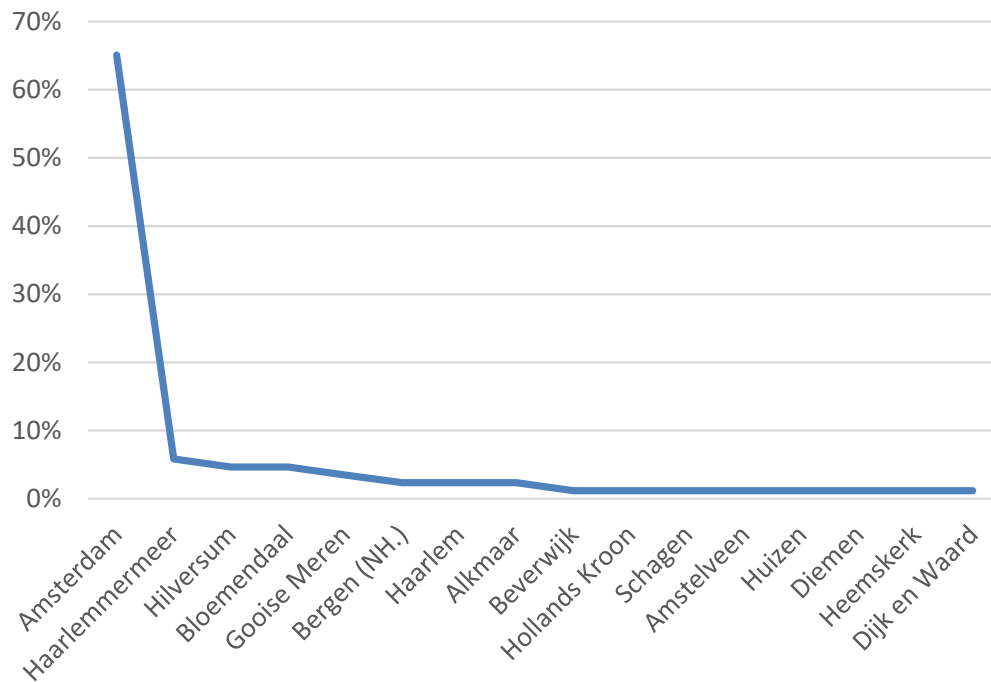


Figuur 15. Geografische verdeling van AI-bedrijven per gemeente (n=358, omwille van de leesbaarheid worden niet alle gemeenten worden expliciet weergegeven op de horizontale as)

Op provinciaal niveau domineren Noord-Holland en Zuid-Holland het AI-landschap, samen goed voor meer dan 49 procent van alle AI-bedrijven (zie Figuur 16). Ook blijkt uit onze analyse dat Noord-Brabant en Utrecht een aanzienlijke concentratie van AI-activiteiten kennen. Daarentegen zijn het aantal AI-bedrijven in provincies zoals Zeeland, Drenthe en Friesland relatief beperkt. Binnen de provincie Noord-Holland steekt Amsterdam duidelijk boven andere gemeenten uit als vestigingsplaats voor AI-bedrijven (zie Figuur 17).



Figuur 16. Geografische verdeling van AI-bedrijven per provincie (n=358)



Figuur 17. Geografische verdeling van AI-bedrijven binnen de provincie Noord-Holland (n=86, omwille van de leesbaarheid worden niet alle gemeenten worden expliciet weergegeven op de horizontale as)

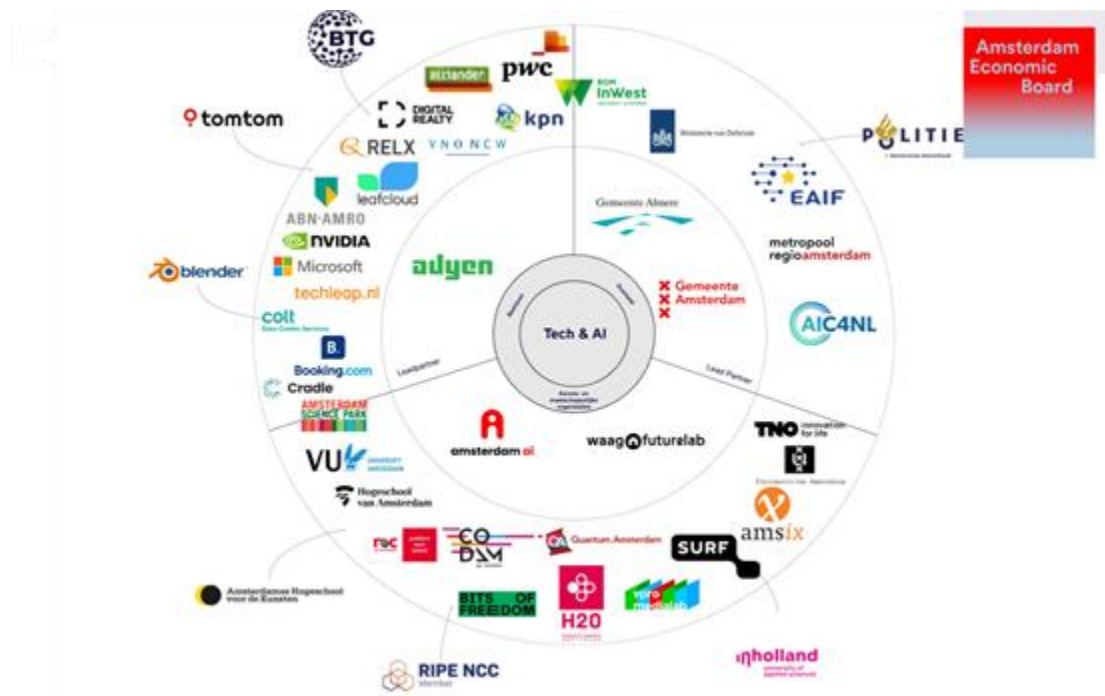
Innovatiespotter bevat daarnaast gegevens over innovatie-ecosystemen en netwerken, waaronder de AI Coalitie voor Nederland. Bedrijven die deelnemen aan dit ecosysteem zijn voornamelijk geconcentreerd in Zuid-Holland (24,83%) en Noord-Holland (23,83%). Op stedelijk niveau heeft Amsterdam (20,47%) de hoogste concentratie deelnemende bedrijven. Daarna volgen onder meer Eindhoven, Rotterdam, Utrecht, Delft, Den Haag en Groningen. Dit patroon sluit nauw aan bij de eerder beschreven geografische verdeling van AI-bedrijven.

Een vergelijkbare analyse van Innovatiespotter in het kader van de Nationale Technologiestrategie (NTS) voor AI en data bevestigt dit beeld. Ook hier komt Amsterdam naar voren als de stad met de grootste concentratie AI-gerelateerde bedrijven (20,38%), gevolgd door Eindhoven, Utrecht, Delft, Rotterdam en Den Haag.

De belangrijkste concentraties bevinden zich rond Amsterdam en de Metropoolregio Amsterdam, met AI-clusters in Amsterdam Science Park, Zuidoost en Schiphol-Rijk.

Haarlemmermeer is strategisch goed gepositioneerd vanwege Schiphol, het Noordzeekanaalgebied en Amsterdam. In Haarlemmermeer ligt de focus bij bedrijvigheid echter vooral op het toepassen van AI, niet op bedrijven met grote rekenkracht. Bedrijven met uitgebreide rekenkracht, zoals Booking.com, Elsevier en diverse startups, zijn voornamelijk in Amsterdam gevestigd. Een van de thema's waar de Amsterdam Economic Board zich op richt, is het versterken van de MRA als innovatieve hub voor technologie en AI. Figuur 18 geeft het netwerk van de Amsterdam Economic Board weer, bestaande uit overheden, bedrijven en kennis- en

maatschappelijke organisaties. Dit netwerk geeft echter een minder goed beeld van het mkb en startups die zich bezighouden met AI. ROM InWest vertegenwoordigt mkb en startups in dit netwerk.



Figuur 18. Amsterdam Economic Board netwerk op het gebied van Tech & AI (bron: Kick-off Innovatieve regio: Tech & AI)

Vergelijkbare onderzoeken naar AI-bedrijvigheid in Nederland laten eenzelfde patroon zien. Zo brengt RankmyAI eveneens de Nederlandse AI-sector in kaart en laat zien dat meer dan 38 procent van alle AI-tools en AI-bedrijven zich in Amsterdam vestigt. [6] De Metropolitan Region Amsterdam (MRA) AI Tools Ranking presenteert de top 100 AI-tools uit de ranking. De MRA Ranking is ontwikkeld in samenwerking met en wordt actief ondersteund door de Amsterdam Economic Board, Amsterdam AI en ROM InWest. De top 10 van AI-tools in de MRA zijn: Studocu, Frame, Weaviate, Scribbr, StudeerSnel, CodeSandbox, Piramideanalyse, Amberscript, Datasnipper, en Vierde lijn.¹¹ In deze data komt daarnaast Groningen naar voren als een opvallend AI-cluster, hoewel dit cluster kleiner is dan de eerder genoemde stedelijke concentraties. Ook eerder onderzoek van het CBS naar de provinciale spreiding van AI-bedrijven in 2024 laat zien dat Noord-Holland en Zuid-Holland duidelijk domineren binnen het Nederlandse AI-ecosysteem. In dit onderzoek is onder meer gebruikgemaakt van data uit Innovatiespotter. [7]

¹¹ De MRA Ranking is gebaseerd op de ranking van RankmyAI [7], zie: www.rankmyai.com

4.1.3 Sectoren

AI-bedrijven zijn vooral actief in de ICT-sector, gevolgd door Hightech en Health.

Naast het in kaart brengen van AI-bedrijvigheid op basis van Innovatiespotter-data, bevat Innovatiespotter ook informatie over sectoren. Onze analyse toont het aantal AI-bedrijven per sector en per provincie. Hieruit blijkt dat het grootste deel van de AI-bedrijven in Noord-Holland actief is in de ICT-sector, gevolgd door Hightech en Health. De percentages geven weer hoe de AI-bedrijven binnen de provincie over de verschillende sectoren zijn verdeeld. Zo is in Noord-Holland 12% van de AI-bedrijven actief in de Health sector. Bedrijven die zelf AI toepassen zijn in Noord-Holland ook het meest actief in de ICT-sector, gevolgd door Hightech en Health. Daarnaast zijn de overige sectoren redelijk gelijk verdeeld.

Noord-Holland zet zich met AI binnen de Nationale Technologiestrategie met name in op AI-toepassingen in de zorg en robots in de land- en tuinbouw.

Binnen de analyse van het Regionaal Versterkingsplan van de ROM's krijgt AI een centrale plek, met name in de zorg en in de koppeling met geavanceerde productie en agrifood.¹² Dit benadrukt dat AI in de regio niet wordt gezien als een op zichzelf staande technologie, maar als een motor binnen sectorale toepassingen met directe economische en maatschappelijke waarde. In de komende twee jaar legt ROM InWest in Noord-Holland extra nadruk op Life Sciences & Health, groene chemie en autonome productie. Binnen deze focus is AI vooral relevant op het snijvlak van beslisondersteuning, voorspellende modellen en procesoptimalisatie in de praktijk. Een concreet voorbeeld dat wordt genoemd is Healthplus.AI, wat patiënt-specifieke infectierisico's voorspelt en koppelt aan behandelacties om postoperatieve complicaties te beperken.¹³

4.2 AI en digitale infrastructuur

4.2.1 Soorten AI (trainen en inferencing)

AI-modellen kunnen worden onderscheiden in twee fasen: ontwikkeling en gebruik (ook wel: toepassing).

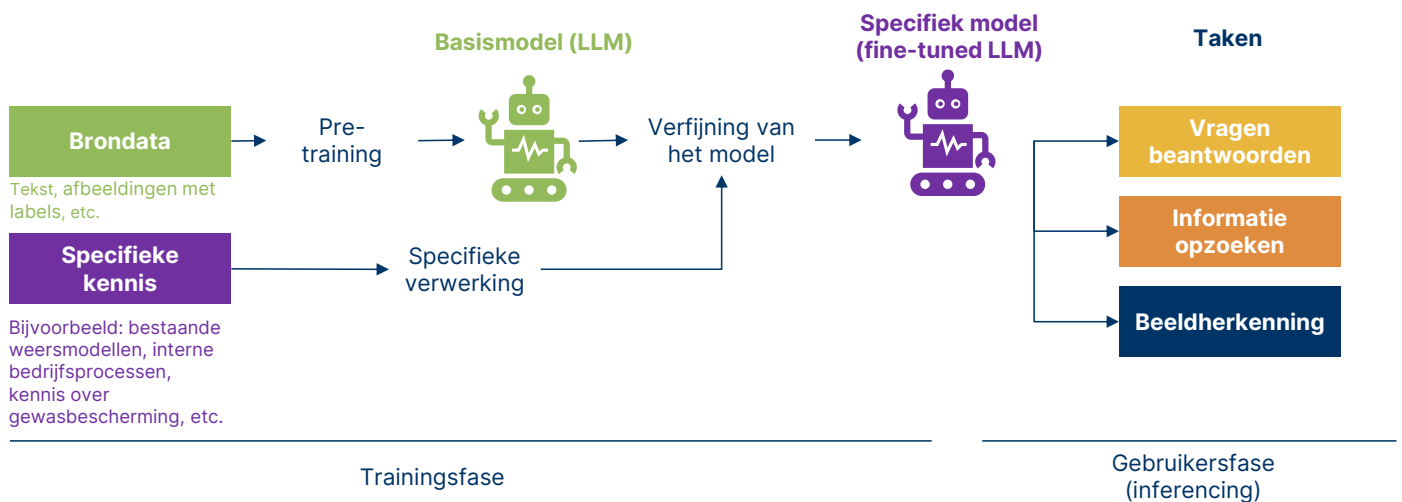
De ontwikkelfase is de eerste fase voor een AI-model. De ontwikkelfase van AI-modellen bestaat grofweg uit twee fasen, namelijk pre- en post-training:

¹² In totaal ziet ROM InWest bij zes van de veertien NTS-waardeketens uitgesproken kansen voor Noord-Holland. Het betreft: regeneratieve geneeskunde (waarbij men het zelfherstellend vermogen van het lichaam onderzoekt en gebruikt voor nieuwe therapieën), AI in de zorg, eiwittransitie, groene chemie, AI en robots in de land- en tuinbouw en precisiefermentatie en cellulaire agrifood. Zie voor meer achtergrond: [\[rominwest.nl\]](http://rominwest.nl)

¹³ Zie: [\[amsterdamai.com\]](http://amsterdamai.com)

- Bij pre-training 'leert' een model patronen te herkennen op basis van grote hoeveelheden data. Dit is een langdurig proces waarvoor heel veel rekenkracht nodig is. Het resultaat is een zogeheten 'base-model'.
- Bij post-training wordt een base-model verfijnd voor specifieke doeleinden. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een weermodel dat wordt getraind op meteorologische gegevens; bij taalmodellen zoals ChatGPT gaat het om zeer grote hoeveelheden tekst.

Inferencing is het proces dat volgt op AI-training. In de gebruiksfase (ook wel *inferencing* genoemd) gaan eindgebruikers aan de slag met het ontwikkelde AI-model, bijvoorbeeld via chatbots of zoekmachines. De benodigde rekenkracht (en kosten) zijn onder meer afhankelijk van het aantal 'tokens' in de opdracht (vaak de lengte van een vraag of 'prompt').



Figuur 19. Weergave van de verschillende fasen van een AI-model (afbeelding afgeleid van blog.gopenai.com)

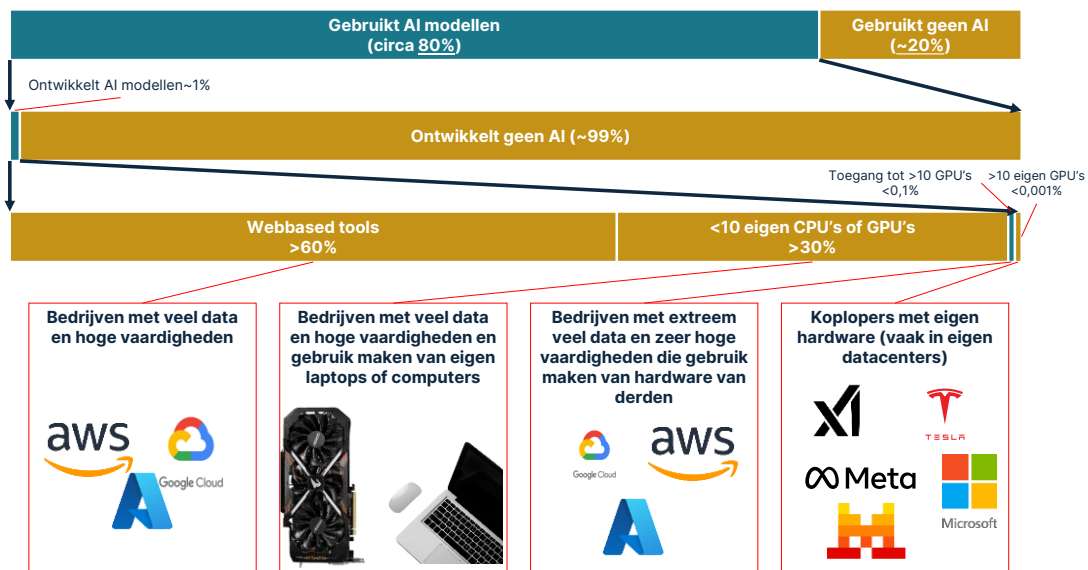
Het verdienvermogen van AI-ontwikkeling verschilt van de baten van AI-gebruik. AI-ontwikkeling genereert vooral radicale innovatie, zoals volledig nieuwe bedrijfsmodellen, terwijl AI-gebruik voornamelijk incrementele innovatie oplevert, zoals verhoogde productiviteit per werknemer. Daarnaast zijn ook de handelingsperspectieven voor overheden volledig verschillend, omdat er voor de ontwikkeling van AI iets totaal anders wordt gevraagd dan het stimuleren van AI-gebruik in het brede bedrijfsleven. Voor het realiseren van AI-ontwikkeling zijn grootschalige investeringen in hardware nodig (Nvidia GPUs), coördinatie van complexe rekentaken, en beschikbaarheid van (*preprocessed*) data. Het stimuleren van AI-gebruik in het brede bedrijfsleven vraagt om inzichtelijk maken van kansen, het eenvoudig beschikbaar stellen van AI-toepassingen (zoals veel andere toepassingen *as a service* worden aangeboden) en het bijscholen van medewerkers.

Een derde relevant onderscheid is het verschil tussen sectorspecifieke AI-toepassingen en AI als systeemtechnologie. Het gebruiken van AI verschilt sterk tussen sectoren: beeldmodellen (ook wel *Vision AI* of *Convolutional Neural Networks*) voor het herkennen van rijpe tomaten in de Agri-foodsector en de identificatie van machinerie die aan vervanging toe is in de maakindustrie o.b.v. predictive maintenance, verschilt fundamenteel van het optimaliseren van logistieke ketens en gepersonaliseerde marketing in de toerismesector. Dan zijn er ook AI-toepassingen die voor vrijwel elke organisatie hetzelfde zijn, zoals Microsoft Copilot, Google Gemini en Claude. Dit zijn voorbeelden van Algemene AI – ook wel *General-purpose AI* genoemd. Het bekendste voorbeeld hiervan zijn de zogenoemde *Large Language Models* (LLMs) die nu breed toegankelijk zijn voor burgers en het bedrijfsleven. Net als bij AI-ontwikkeling en AI-gebruik, is het verschil tussen sectorspecifieke AI-toepassingen en Algemene AI van belang, omdat het verdienvermogen en de handelingsperspectieven sterk uiteenlopen. Voor Algemene AI zitten de belangrijkste baten bij het verhogen van arbeidsproductiviteit; voor sectorspecifieke AI moeten de baten in de context van de sector worden gezien.

4.2.2 Behoeftte aan reken capaciteit

De behoefte aan reken capaciteit hangt sterk af van de fase waarin AI-modellen zich bevinden: ontwikkeling of inferencing. Figuur 20 geeft een schets van de samenhang tussen het gebruik van (algemene) AI-modellen en de behoefte aan grote hoeveelheden reken capaciteit. Een groot deel van de bedrijven (circa 80%) maakt naar onze inschatting¹⁴ gebruik van AI-modellen, zoals weergegeven in Figuur 20. Een klein deel van de bedrijven (circa 20%) gebruikt (nog) geen AI. Van de bedrijven die wel AI-modellen gebruiken, houdt slechts een zeer klein aandeel zich bezig met de ontwikkeling en training van AI-modellen (ongeveer 1%). Het overgrote deel van de bedrijven houdt zich bezig met inferencing en het toepassen van bestaande AI-modellen. Binnen de circa 1% van de bedrijven die AI-modellen ontwikkelen, maakt meer dan 60% gebruik van webbased tools. Dit betreft doorgaans bedrijven met hoge vaardigheden en veel beschikbare data. Daarnaast maakt 30% of meer van de bedrijven met veel data en hoge vaardigheden gebruik van minder dan tien eigen CPU's of GPU's. Slechts een zeer klein deel van de bedrijven maakt gebruik van hardware van derden en heeft toegang tot meer dan tien GPU's. Nog een kleiner deel (minder dan 0,001%) beschikt over meer dan tien eigen GPU's. Dit betreft koplopers die investeren in eigen hardware, vaak ondergebracht in eigen datacenters.

¹⁴ Bij deze (en de hierna volgende) inschattingen bouwen wij voort op verschillende eerdere studies die wij voor bijvoorbeeld de provincies Limburg en Groningen hebben gedaan. Harde data ontbreekt, maar kan in de toekomst wellicht nog volgen (bijvoorbeeld als het CBS hier gericht op gaat uitvragen in haar monitor ICT gebruik bij bedrijven),

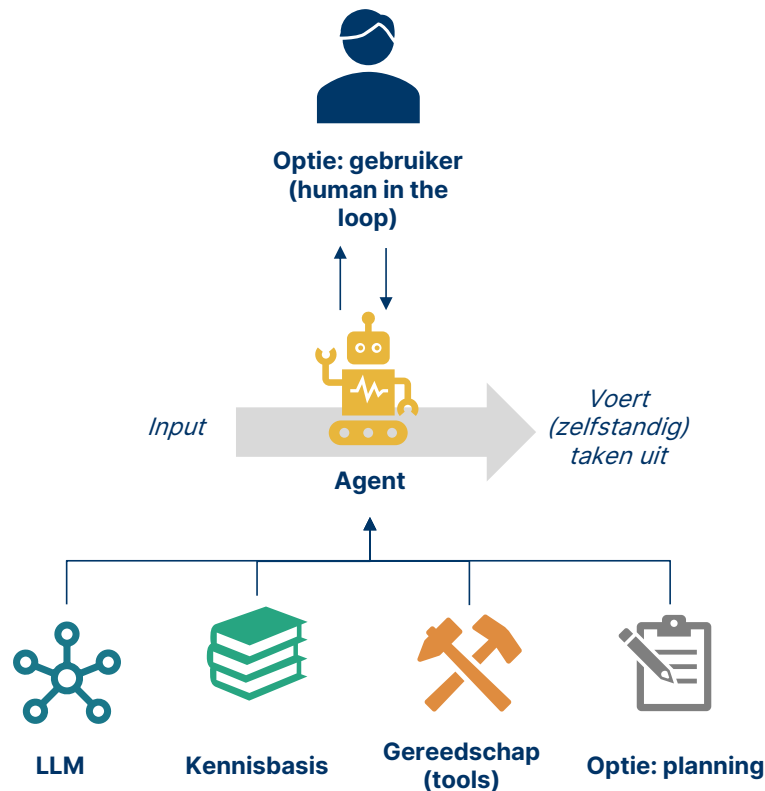


Figuur 20. Gebruik van AI-modellen met bijbehorende behoefte aan rekencapaciteit

De verwachting is dat de vraag naar rekencapaciteit, in ieder geval voor inferencing, sterk zal toenemen in Nederland. In een eerder onderzoek naar de economische, maatschappelijke en strategische meerwaarde van het vestigen van een AI-gigafabriek in Nederland volgt dat voor AI-inferencing (het inzetten van reeds getrainde AI-modellen) een federatief model volstaat met kleinere AI-gigafabriek faciliteiten (multi-site). De meerwaarde van een centrale (single-site) AI-gigafabriek ligt vooral in het kunnen trainen van de volgende generatie 'frontier' AI-modellen. Op dit moment is echter nog geen Nederlandse onderneming hiertoe in staat. [8]

Naast algemene AI-modellen, waar AI-onderzoek veelal op zichzelf staat, is AI in toenemende mate van belang voor andere sectoren en vakgebieden, zoals de gezondheidszorg, chemie en energie. Dit leidt tot een toenemende behoefte aan rekenkracht (voor het ondersteunen van projecten met grotere datasets) en ondersteuning (voor AI-toepassingen in niet-technologische gebieden). [9] Daarnaast zal de opkomst van agentic AI¹⁵ naar verwachting de vraag naar rekenkracht aanzienlijk vergroten (voor inferencing). Dergelijke systemen kunnen continu opereren en tegelijkertijd meerdere autonome agents inzetten (zie Figuur 21).

¹⁵ Agentic AI is kunstmatige intelligentie die (met gebruik van een LLM) zelfstandig doelen kan stellen, beslissingen neemt en acties uitvoert om die doelen te bereiken zonder voortdurende menselijke sturing, bijvoorbeeld een systeem dat automatisch voorraad aanvult door nieuwe producten te bestellen wanneer de voorraad bijna op is.



Figuur 21. Visuele weergave van een AI agent

De behoefte aan rekencapaciteit is in een aantal gevallen aanbodgedreven. [11] In lijn met de Jevons-paradox kan de vraag naar toepassingen juist toenemen zodra het aanbod beschikbaar komt. De AI-fabriek in Groningen richt zich niet alleen op academisch onderzoek, maar ook op de ontwikkeling van AI-toepassingen op het niveau van mkb-bedrijven, in lijn met de nadruk in het Draghi-rapport op het versterken van de Europese rekenkracht (computing capacity) voor innovatie. [12] De faciliteit is niet ontworpen als een productie- of grootschalig inferencing-datacenter; dergelijke activiteiten zullen naar verwachting plaatsvinden in een AI-gigafabriek. De AI-fabriek zal zich in plaats daarvan richten op modeltraining en -ontwikkeling. De wetenschappelijke sector zal naar verwachting blijvend behoefte hebben aan rekenkracht. Voor mkb'ers en startups is het daarentegen nog onzeker in hoeverre zij gebruik zullen gaan maken van de AI-fabriek. Het AI-gigafabriek-initiatief van de EU vertrekt bovendien vanuit de aanbodzijde: de reden waarom we in Europa het potentieel van AI niet benutten, komt doordat er te weinig aanbod is van AI-rekencapaciteit. Het is echter onzeker of de vraagzijde even snel kan of zal ontwikkelen als de aanbodzijde.

Publieke versus private investeringen in (giga) AI-rekencapaciteit

De markt voor AI-rekencapaciteit wordt op dit moment gedomineerd door **commercieel** aanbod. Naast de gigantische investeringen van Big Tech partijen zien we ook andere commerciële aanbieders grootschalige faciliteiten bouwen, zoals Deutsche Telecom in München. Naar verluidt bouwt men dit datacenter om met meer dan Nvidia DGX B200-systemen en RTX PRO-servers te staan die gezamenlijk tot 10.000 Blackwell-gpu's bevatten.¹⁶

Aan de publieke kant zien we vanuit het Europese EuroHPC substantiële investeringsbereidheid, ook op het niveau van gigafabrieken. Op nationaal niveau blijft deze bereidheid op dit moment echter beperkt tot een bijdrage op het niveau van één AI-fabriek. Het kabinet onderschrijft in haar Kamerbrief over AI-gigafabrieken het belang van Europese AI-rekeninfrastructuur voor innovatie, strategische autonomie en publieke waarden, maar kiest nu niet voor een financiële commitment aan grootschalige Europese AI-gigafabrieken via EuroHPC, omdat daarvoor binnen de huidige begroting geen ruimte is. In plaats daarvan zet het kabinet in op een gefaseerde en flexibele aanpak: publieke investeringen in kleinere AI-fabrieken (zoals de AI-fabriek in Groningen), het faciliteren van marktgedreven AI-gigafabrieken, het wegnemen van belemmeringen voor private investeringen, en het actief benutten van bestaande en toekomstige Europese rekencapaciteit via EuroHPC. Hierbij wordt nadrukkelijk rekening gehouden met onzekerheden over de toekomstige vraag, evenals met ruimtelijke, energie- en duurzaamheidsrandvoorwaarden, zodat publieke middelen doelmatig worden ingezet en Nederland wendbaar blijft in een snel ontwikkelend technologisch landschap.¹⁷

Belang van geografische nabijheid voor concurrentiepositie

Directe geografische nabijheid van AI-datacenters speelt een beperkte rol, omdat zowel training als inferencing op afstand kan; alleen (wetenschappelijke) expertise clustert in bepaalde mate rondom datacenters. Binnen de behoefte aan rekencapaciteit kunnen we onderscheid maken tussen behoefte aan infrastructuur en expertise. Zo omvat de AI-fabriek in Groningen zowel een AI-expertisecentrum als een AI-geoptimaliseerde supercomputer die de ontwikkeling en training van verantwoorde en geavanceerde AI-modellen en -toepassingen ondersteunt. (Wetenschappelijke) expertise draagt bij aan de positionering van Nederland als hightechland. Het aantrekken en behouden van (internationaal) talent (onderzoekers en studenten), samenwerking met het bedrijfsleven en het aantrekken van onderzoeksbeurzen

¹⁶ [\[tweakers.net\]](#)

¹⁷ [\[open.overheid.nl\]](#)

worden deels bepaald door het imago van de Nederlandse wetenschap. Er vormt zich rondom AI-hubs vaak een cluster van AI-bedrijvigheid, zoals in Amsterdam en mogelijk in Groningen. Voor inferencing kan geografische nabijheid echter van belang zijn wanneer lage latency gewenst is voor het gebruik van AI-modellen. Voor AI-training is de locatie daarentegen minder kritisch, zolang deze binnen Nederland of de EU plaatsvindt.

Datacenters zijn randvoorwaardelijk voor economische ontwikkeling, maar veel is nog onzeker over lange termijn effecten. De 'AI-hype' wordt opgestuwd door gigantische investeringen. Domeinspecifieke toepassingen zijn er zeker, maar algemene toegevoegde waarde (arbeidsproductiviteit) is op basis van huidig onderzoek onzeker. Verder leveren datacenters op korte termijn zelf slechts beperkt (directe) werkgelegenheid op. Datacenters vormen een alternatief type bedrijvigheid, met een andere schaal en andere vormen van werkgelegenheid. Hyperscale datacenters leveren wel werk op, waaronder ook lokaal personeel. Naast specialistische functies gaat het om facilitaire en kantoorfuncties waar tientallen mensen werkzaam zijn. Daarnaast zijn er regionale toeleveranciers die profiteren, zoals gespecialiseerde technische bedrijven. De werkgelegenheid die hiermee gepaard gaat, is echter beperkt. Zie voor een verdere uitwerking hiervan de scenariostudie in hoofdstuk 5.2.2.

Geografische nabijheid kan voordelen bieden op het gebied van latency, data-uitwisseling en strategische autonomie. Verschillende vakgebieden hebben te maken met sensitieve data (voornamelijk in de sociale en medische wetenschappen), waarvoor beperkingen gelden voor hoe en waar deze verwerkt kunnen worden, zoals het UMC Skills Centre voor remote chirurgie. Hetzelfde geldt voor de gezondheidszorg en de financiële sector, waar Amsterdam veel fintechbedrijven kent. Geografische nabijheid kan van belang zijn voor snelle gegevensverwerking (lage latency) of om juridische redenen, bijvoorbeeld wanneer data binnen Nederland moet worden opgeslagen of verwerkt. Sectoren zoals zorg en financiën werken doorgaans niet met vaste maximale afstanden, maar met strikte latency-eisen. De benodigde geografische nabijheid van rekenkracht volgt daar impliciet uit, afhankelijk van de gewenste responstijd en wettelijke randvoorwaarden (zoals dat de data binnen Nederland of de EU moet blijven).

Daarnaast bedient Nederland ook veel internationale gebruikers en hechten internationale gebruikers veel waarde aan Amsterdam vanwege de infrastructuur, wat bijdraagt aan de concurrentiepositie van Nederland. In Amerika kunnen biljoenen-investeringen uit, omdat bedrijven als Google, Microsoft en OpenAI ook een extreem hoge vraag naar rekencapaciteit hebben. Europa heeft echter geen spelers van dit formaat. Mistral AI, gevestigd in Frankrijk, is relatief een klein bedrijf op het vlak van (commerciële) vraag naar AI-rekencapaciteit. Om diversificatie in de vraagzijde te ontwikkelen zullen Europese AIGF een bredere set van afnemers moeten vinden. Vanwege de onderontwikkelde vraagzijde zullen deze afnemers buiten sec AI

reken capaciteit vooral behoefte hebben aan ondersteuning en expertise. De mate waarin kan worden aangesloten bij bestaande innovatie-, onderzoeks- en bedrijfsclusters is een belangrijke voorspeller van toekomstige meerwaarde en succes van o.a. AI-fabrieken. Vanuit dat perspectief kan het voor Europa waardevol zijn om AI- (giga)fabrieken samen te vestigen, zodat bestaande ecosystemen kunnen worden versterkt. [10] ¹⁸

4.2.3 Concluderend: wat betekent dit voor NH

Noord-Holland beschikt over een sterke positie binnen het AI-ecosysteem, met Amsterdam als belangrijk concentratiepunt. De provincie kent een concentratie van hoogwaardige bedrijven, kennisinstellingen en internationale partijen die actief zijn op het gebied van AI. Deze combinatie maakt Noord-Holland aantrekkelijk als vestigingslocatie voor AI-gerelateerde bedrijven. Tegelijkertijd bestaat er onzekerheid over de concrete vraag naar AI-gerelateerde datacenter capaciteit vanuit bedrijven en kennisinstellingen. Er is wat ons betreft geen duidelijke koppeling tussen AI-bedrijvigheid en digitale infrastructuur op lokaal niveau. Meer AI-gebruik leidt logischerwijs tot meer vraag naar reken capaciteit, maar het overgrote deel van deze vraag wordt ingevuld via generiek cloud-aanbod. Enerzijds kan Noord-Holland haar sterke positie in het AI-ecosysteem verder benutten door ruimte te bieden aan ondersteunende digitale infrastructuur. Anderzijds is onduidelijk of geografische nabijheid van digitale infrastructuur een doorslaggevende rol speelt in de afweging van bedrijven om in de provincie Noord-Holland te blijven, en of het voldoende is om digitale infrastructuur elders (binnen Nederland of Europa) te plaatsen.

In het kader van strategische autonomie is nabijheid van datacenterinfrastructuur relevant. Tegelijkertijd betekent dit niet dat deze infrastructuur per se binnen Noord-Holland moet staan. Zolang datacenter capaciteit zich binnen Nederland of Europa bevindt, kan in veel gevallen worden voldaan aan eisen rond strategische autonomie. Wel is latency een belangrijke factor voor specifieke toepassingen. Sectoren zoals gezondheidszorg en fintech hebben behoefte aan lage latency. Voor deze toepassingen kan geografische nabijheid van datacenters wel van grotere betekenis zijn binnen de provincie, evenals goede connectiviteit en de interne ICT-infrastructuur bij gebruikers.

¹⁸ Zie: [\[www.interface-eu.org\]](http://www.interface-eu.org)

Europese wet- en regelgeving op het gebied van AI

In 2024 heeft de Europese Raad goedkeuring gegeven aan de **AI Act** die o.a. als doel heeft om de ontwikkeling en invoering van veilige en betrouwbare AI-systemen op de interne markt van de EU te bevorderen. Daarnaast is het doel de grondrechten van EU-burgers te beschermen en innovatie op het gebied van AI in Europa te stimuleren.¹⁹

De vraag naar rekenkracht en dataopslag neemt exponentieel toe, in het bijzonder door ontwikkelingen rondom AI. Als onderdeel van het **AI Continent Action Plan** ontwikkelt de Europese Commissie een nieuwe wet (Cloud and AI Development Act) die o.a. als doel heeft om de datacentercapaciteit in de EU te verdrievoudigen in de komende vijf tot zeven jaar. [11]

Daarnaast zet de Europese Commissie sinds 2024 in op de bouw van **AI-fabrieken** om de concurrentiepositie van de EU op het gebied van AI te versterken. Een AI-fabriek is een publieke faciliteit bestaande uit een speciale AI-supercomputer voor het trainen en ontwikkelen van AI-toepassingen met daaromheen een sterke groep van bedrijven en onderzoekers die met behulp van de AI-fabriek modellen en toepassingen ontwikkelen. Inmiddels heeft **EuroHPC** groen licht gegeven en budget toegekend voor de bouw van ten minste 15 AI-fabrieken in Europa. EuroHPC ondersteunt het ontwikkelen, uitrollen en breed beschikbaar stellen van de kennis en infrastructuur op het gebied van supercomputers. Daarnaast heeft Commissievoorzitter Ursula von der Leyen recent **InvestAI** gelanceerd, een initiatief om 200 miljard euro vrij te maken voor investeringen in AI, waaronder een nieuw Europees fonds van 20 miljard euro voor 5 **AI-gigafabrieken**. [12] Een AI-gigafabriek is een grootschalige privaat-publieke reken- en datacenters bestemd voor het trainen en gebruik van AI-modellen. In 2026 zal een call van **EuroHPC JU** open gaan voor geïnteresseerde partijen.

Op dit moment wordt in Groningen de eerste Nederlandse AI-fabriek ontwikkeld met 200 miljoen financiering vanuit een samenwerking tussen het Rijk, de regio Groningen/Noord-Drenthe (m.n. via de aardgasherstelgelden van Nij Begun) en Europese partners. Het kabinet heeft samen met een consortium van SURF, AIC4NL, TNO en Samenwerking Noord een Europese cofinancieringsaanvraag ingediend dat is goedgekeurd. Het plan is dat het expertisecentrum in Groningen in 2026 van start gaat, waarna de supercomputer naar verwachting in eind 2027 of begin 2028 volledig operationeel zal zijn.²⁰

Daarnaast is er interesse vanuit vier partijen (waaronder in de regio Amsterdam) voor een inschrijving op de lopende call voor een AI-gigafabriek. De beoogde opzet van AI-gigafabrieken is een privaat-publieke investering. Het kabinet heeft vooralsnog geen

¹⁹ Zie: [\[www.digitaleoverheid.nl\]](http://www.digitaleoverheid.nl)

²⁰ [Tweede Kamer, vergaderjaar 2025-2026, 26643, nr. 1451](#)

middelen op de Rijksbegroting gereserveerd voor eventuele financiële bijdragen.²¹ Ook op regionaal niveau ontbreekt, voor zover wij weten, veelal de financiële ruimte voor een dermate grote ontwikkeling.

²¹ Tweede Kamer, vergaderjaar 2025-2026, 26643, nr. 1451

5 De impact van datacenters in Noord-Holland

In voorgaande hoofdstukken hebben wij laten zien dat met name bij datacenters verschillende opgaven samenkomen. Er bestaat spanning tussen enerzijds de uitbreidingsbehoefte vanuit de sector (om aan de groeiende vraag te kunnen voldoen) en anderzijds de vraag naar ruimte, energie en water. Tegelijkertijd leveren datacenters ook werkgelegenheid en toegevoegde waarde op. Ter ondersteuning van het maatschappelijke debat hebben wij voor de provincie een aantal toekomstscenario's uitgewerkt waarin wij de impact van datacenters uiteenzetten.

5.1 Toekomstscenario's

We behandelen de impact van datacenters aan de hand van vier (met de provincie afgestemde) scenario's. Hieronder lichten we de scenario's kort toe; in Tabel 1 schetsen we de aannames op hoofdlijnen. In de navolgende tekst gaan we uitgebreider in op onze keuzes bij specifieke onderwerpen (zoals energie en duurzaamheid).

- 0. Nulscenario** – lopende aanvragen en bestaand gemeentelijk beleid (m.n. Amsterdam en Haarlemmermeer) worden doorgezet. Na 2030 is onduidelijk wat het beleid van de gemeente Amsterdam en Haarlemmermeer is. Microsoft en Google groeien door tot 2035 in Middenmeer. Daarna hangt het af van de hoeveelheid ruimte die op Agriport beschikbaar is om nieuwe datacenterontwikkelingen in de gemeente Hollands Kroon mogelijk te maken. Door de provincie Noord-Holland zijn de overige gemeenten 'op slot' gezet: alleen datacenterontwikkelingen met een aansluitvermogen van minder dan 5 MVA mogen doorgaan. Overige solitaire datacenterontwikkelingen moeten aan zeer strenge voorwaarden voldoen.
- 1. Strengere regulering** – de gemeenten Amsterdam en Haarlemmermeer hanteren een volledige stop na 2030. Microsoft en Google groeien door tot 2035 in Middenmeer; daarna volgt ook daar een stop. De overige gemeenten zetten de deur volledig op slot, ook voor datacenters kleiner dan 5 MVA.
- 2. Gerichte strategische innovatiehub** – in dit scenario is ruimte voor twee AI-fabrieken (één voor 2030 en één in de periode tot 2035) die worden gebouwd en gericht zijn op onderzoek, ontwikkeling en innovatie. Hiermee versterkt de provincie haar positie als hotspot voor innovatie op het gebied van AI en wordt ruimte geboden aan de publieke sector en het bedrijfsleven in de provincie om te innoveren. Het is daarbij een expliciet doel om de strategische autonomie van de provincie te vergroten (bijv. door lokaal gebruik voorrang te verlenen).
- 3. Competitieve internationale hub** – er komt ruimte voor substantiële groei van datacenters in de hele provincie ('de rem gaat eraf'), waarbij wij de groeipercentages gelijkstellen aan het Europese gemiddelde.

Tabel 1. Overzicht van aannames per scenario

#	Regelgeving	Aantal nieuwe locaties	Focus
0	Huidig	Geen, alleen kleine nieuwe uitbreidingen op bestaande clusters. Solitaire uitbereiding elders alleen onder strenge voorwaarden.	Autonome groei faciliteren
1	Strenger	Geen, ook geen verdere solitaire uitbreidingen of uitbreidingen op bestaande clusters.	Rem op de groei
2	Soepeler	Zoals scenario 1, met enkele grotere uitbreidingen daarbuiten	Gerichte innovatieve hubs stimuleren, met focus op strategische autonomie (voorrang voor lokaal gebruik)
3	Ruimst	Actieve uitbreiding op knooppunten bij energieknooppunten	Grote hubs stimuleren

Qua tijdshorizon geven wij inzicht in de korte (2030) en middellange (2035) termijn. Schattingen na deze termijnen zijn voor deze sector naar ons oordeel te onzeker.

5.2 Inzichten uit scenario's

5.2.1 Huidige footprint

Voordat wij de impact van de verschillende scenario's kunnen schetsen, geven we eerst inzicht in de huidige footprint (stand eind 2025) van de datacentersector in Noord-Holland.

Tabel 2. Huidige footprint en impact datacenters Noord-Holland

Variabele	2025	Uitleg
Aantal datacenters	67	Telling van het aantal colocatie en hyperscale datacenters ²²
Ruimtebeslag (ha)	111	Ruimtebeslag van datacenters (gemodelleerd op basis van de omvang van de datavloer, vermenigvuldigd met factor 2,5) ²³
Vermogensvraag (MVA – IT ²⁴ / totaal per jaar)	986 (IT) / 1.361 (totaal)	Vermogensvraag van datacenters (IT en totaal - op basis van een huidige gemiddelde PUE ²⁵ van 1,38 ²⁶)
Uitstoot (Mton CO ₂ per jaar)	1,19	Uitstoot als gevolg van stroomverbruik, uitgaande van een <i>loadfactor</i> ²⁷ van 50% ²⁸ en een emissiefactor van 0,2 gram CO ₂ per kWh ²⁹

²² Data Pb7 – dit aantal wijkt af van andere bronnen, zoals de [Website van de Omgevingsdienst](#) (n = 83) en de datacenterstrategie van de provincie zelf (n = 87). Wij hebben geen 1-op-1 vergelijking van de getallen kunnen doen, maar verwachten dat het verschil voortkomt uit een combinatie van factoren: het meetmoment, de scope (wij nemen alleen datacenters mee die volledig *ready for service* zijn) en het samenvoegen van meerdere datacenters tot één campus (zo wordt Microsoft in de Middenmeer als twee locaties aangemerkt, terwijl er op beide locaties meerdere datacenters aanwezig zijn).

²³ Inschatting op basis van data van Pb7. Elke vierkante meter datavloer resteert in 2,5 vierkante meter ruimtebeslag. We houden hiermee rekening met de gemiddelde bouwstijl en dan met name het aantal bouwlagen, wat in Noord-Holland vaker meerlaags is dan landelijk gebruikelijk (maar in de Middenmeer juist meer ruimer). Dit getal valt lager uit dan wat te verwachten zou zijn op basis van een ander kengetal m.b.t. het landelijk ruimtegebruik. Ecorys [14] noemt op basis van [een DDA-website](#) dat het landelijk beslag 239 hectare beslaat. Bij dit getal staat echter niet beschreven wat de onderliggende berekening is geweest en hoe deze zich dus tot onze aanpak verhoudt. Voor een preciezere berekening zouden de kadastrale percelen van alle Noord-Hollandse datacenters bij elkaar opgeteld moeten worden.

²⁴ IT = information technology, oftewel de aanwezige servercapaciteit in het datacenter. We maken kortgezegd onderscheid tussen stroom verbruik voor IT (servers en netwerkapparatuur) en niet-IT (koeling).

²⁵ *Power usage effectiveness* = de maat waarmee de verhouding tussen het IT- en niet-IT-vermogen wordt uitgedrukt.

²⁶ Inschatting op basis van data van Pb7.

²⁷ De *loadfactor* betreft de mate waarin de IT-voorzieningen daadwerkelijk belast worden. Deze factor kan aanmerkelijk verschillen tussen verschillende typen dienstverlening en eindgebruikers; bij een (hyperscale) datacenter met een internationale gebruikersgroep (dag en nacht gebruik) of bijvoorbeeld AI-training (continu gebruik door schaarste aan rekenkracht) ligt deze factor hoger.

²⁸ Met deze *loadfactor* komen wij voor Noord-Holland op een totaal gemodelleerd stroomverbruik van 5.964 GWh. Dit ligt boven, maar goed in de orde grootte van de door het CBS gerapporteerde verbruik van 5.100 GWh in 2024 voor heel Nederland.

²⁹ Inschatting op basis van eerder onderzoek naar de emissies van de digitale sector in Nederland [16] We hanteren hierbij de emissiefactor van de totale Nederlandse energiemix (zie www.cbs.nl).

Variabele	2025	Uitleg
Waterconsumptie (mln m³ per jaar)	0,7	Waterconsumptie, op basis van CBS-data over waterverbruik in SBI-sector J ³⁰ , uitgaande van een totaal van 1 mln m ³ , waarvan 95% toegerekend aan datacenters ³¹ en daarvan 74% aan Noord-Holland (aandeel van opgesteld IT-vermogen in Nederland, zie §3.4)
Werkgelegenheid (FTE direct / FTE totaal)	2.010 / 5.406	Aantal FTE werkzaam binnen de datacentersector (direct) en totaal aantal FTE gerelateerd aan de datacentersector (direct, indirect en geïnduceerd) ³²
Toegevoegde waarde (mln EUR direct / totaal per jaar)	1.035 / 2.047	Toegevoegde waarde binnen de datacentersector (direct) en toegevoegde waarde gerelateerd aan de datacentersector (direct, indirect en geïnduceerd) ³³

5.2.2 Uitkomsten scenariostudie

Aantal en ruimtegebruik datacenters

Zonder aanvullende beleidsinzet (nulscenario) groeit het aantal datacenters van 67 in 2025 naar 83 in 2030 en 92 in 2035. Deze autonome groei is veelal de uitkomst van al lang(er) lopende investeringsplannen en vergunningstrajecten. Het ruimtebeslag groeit in die periode dan met bijna de helft (111 ha naar 164 ha).

³⁰ Zie [www.cbs.nl]

³¹ Het jaarlijkse waterverbruik van de sector Informatie & Communicatie in Nederland bedraagt ongeveer 1 miljoen m³. Verreweg het grootste deel hiervan komt voor rekening van datacenters – andere activiteiten in deze sector (bijv. telecom, software) verbruiken tezamen hooguit enkele procenten. De 95% inschatting is zelfs aan de voorzichtige kant, in [Kamervragen](#) en [sectorpublicaties](#) zien we dat de volledige 1 mln kuub wordt toegerend aan datacenters.

³² **Directe werkgelegenheid:** banen in de sector zelf, **indirecte werkgelegenheid:** banen bij toeleveranciers die leveren aan de sector, **geïnduceerde werkgelegenheid:** banen die ontstaan doordat werknemers hun inkomen uitgeven in de economie.

³³ **Directe toegevoegde waarde:** waarde die het bedrijf/de sector zelf toevoegt (omzet minus ingekochte goederen en diensten), **indirecte toegevoegde waarde:** extra waarde bij toeleveranciers door hun leveringen, **geïnduceerde toegevoegde waarde:** extra waarde in de economie door bestedingen van werknemers.

In de eerste vijf jaar is het effect van de extra beleidsinzet (zowel faciliterend als remmend) beperkt; zelfs in het zwaarste scenario verwachten we dat er ‘slechts’ 8 datacenters extra gerealiseerd kunnen worden. Dit komt met name door de uitdagingen rondom energiebeschikbaarheid, ruimtelijke inpassing en vergunningstrajecten; hier zijn naar onze inschatting geen *quick wins* te halen. Ook het afremmen van de bouw zal pas na 2030 effect hebben, aangezien veel van de lopende initiatieven al in een (te) ver gevorderd stadium zijn (omgevingsvergunningen verleend) om nu nog redelijkerwijs tegen te kunnen houden.

Tabel 3. Uitkomsten scenariostudie - aantallen en ruimtegebruik

	Aantal		Ruimtegebruik (ha)	
	2030	2035	2030	2035
0. Nulscenario	83	92	147	180
1. Strengere regulering	83	87	147	163
2. Gerichte innovatiehub	84	94	154	197
3. Competitieve internationale hub	91	134	169	299

De voornaamste afweging voor de provincie is de keuze op welke locaties ze de groei wil faciliteren: kiest men voor een verdere verdichting op de bestaande clusters (door bestaand andersoortig gebruik te herbestemmen/hergebruiken voor datacenters) of juist actief naar nieuwe locaties te zoeken. In dat laatste geval kunnen er ook andere ontwerpkeuzes worden gemaakt; bij een ruime opzet is het bijvoorbeeld eerder mogelijk om volledig met vrije-luchtkoeling te werken en neemt het waterverbruik af. Bij verdichting binnen de bestaande clusters zal vaker sprake zijn van hoogbouw en daarmee beperktere mogelijkheden voor koelers op het dak (resultierend in hogere drinkwaterinname als alternatieve bron voor koude).

Het datacenter-ruimtebeslag is in vergelijking met andere ruimtevragers beperkt (en kent hoge productiviteit per hectare). Ter referentie werd het ruimtebeslag van datacenters en de hele digitale infrastructuur sector in eerder onderzoek [13] vergeleken met een selectie van andere ruimtegebruikers in termen van ruimtegebruik en ruimteproductiviteit. De digitale sector komt hierbij op een beslag gelijk aan 9% van de Rotterdamse Haven, maar met een veertien keer hogere productiviteit.

Tabel 4. Ruimtegebruik en productiviteit per ruimtevrager [13]

Ruimtevrager	Ruimtegebruik (ha)	Ruimteproductiviteit (mln € toegevoegde waarde / ha)
Digitale infrastructuur	1.170	10,91
Distributiecentra	4.300	4
Glastuinbouw	10.570	1,07
Haven van Rotterdam	12.600	0,76

Vanuit (in ieder geval) de gemeente Amsterdam en de provincie is een toenemende oproep niet alleen invloed uit te oefenen op de aantallen en locaties, maar ook op het type gebruikers. Onder de noemer van strategische autonomie wordt nagedacht of de datacenter-exploitanten aangespoord kunnen worden om (met name in tijden van schaarste) voorrang kunnen verlenen bepaalde gebruikers (op basis van locatie of type). Hoewel wij deze oproep in de huidige tijden van onzekerheid begrijpen, schatten wij de daadwerkelijke impact en haalbaarheid van deze inzet op dit moment als (zeer) beperkt. We zien verschillende momenten en perspectieven waarop de gemeenten of provincie mogelijk invloed kunnen uitoefenen op de herkomst van de exploitant of de prioritering van het gebruik, maar op de meeste vlakken worden overheden (met het oog op Europese aanbestedingswetgeving) juist gedwongen om niet-discriminerend te handelen. Veel van de beoogde inzet zal dus bovenwettelijk zijn en daarmee een vrijwillig karakter hebben. Desalniettemin een beknopt overzicht van de mogelijkheden/momenten waarop kansen voor prioritering en sturing zouden kunnen ontstaan:

- **Sturen bij gronduitgifte** – indien de decentrale overheid grondeigenaar is van een locatie waarop een datacenterontwikkeling wordt voorzien, dan heeft zij invloed op wie onder welke voorwaarden de grondpositie kunnen verkrijgen. De mate waarin zij bepaalde Nederlandse of Europese aanbieders voorrang kunnen verlenen boven anderen, is ons onze optiek **beperkt** (niet-discriminerende en transparante selectieprocedures).
- **Voorwaarden stellen bij de vergunningverlening** – in de periode van vergunningverlening worden op dit moment al (bovenwettelijke) voorwaarden gesteld ten aanzien van inpassing, energie en restwarmte. De gedachte is dat hier ook het onderwerp van autonomie onderdeel kan worden. Dit zou in onze optiek echter een vergaande beperking zijn op het bedrijfsmodel van de exploitant, zonder dat hier op dit moment wettelijke kaders voor zijn.
- **Invloed uitoefenen op de exploitatie** – wij hebben beperkt vertrouwen in een vrijwillige reservering voor bepaalde gebruikers of type gebruik door de

exploitant in de fase van exploitatie.³⁴ Om een dergelijke invloed te kunnen uitoefenen, kan de betrokken overheid zelf de capaciteit afnemen (en vervolgens herverdelen) of garanties afgeven dat deze capaciteit daadwerkelijk wordt gebruikt. Dit is in feite ook de insteek van de publiek gefinancierde AI-fabrieken, waarbij bepaalde gebruikers (namelijk onderzoekers, overheden en startups) voorrang krijgen op al het andere type gebruik.

- **Afhankelijkheden bij eindgebruikers reduceren** – hier ligt wat ons betreft de meest directe en concrete invloed die de decentrale overheden kunnen hebben op het vlak van strategische autonomie. Ten eerste kunnen zij (gemeenten en provincie) ervoor kiezen om zelf alleen gebruik te maken van bepaalde aanbieders en hun afhankelijkheid van (met name Amerikaanse Big Tech-)aanbieders te reduceren en het gebruik van open-sourcetoepassingen. Dit wil niet zeggen dat zij direct moeten afstappen van alle bestaande leveranciers, maar zij moeten zich in ieder geval bewust zijn van de afhankelijkheden en de mogelijkheid hebben om over te stappen als zij daar noodzaak toe zien.

Energie en duurzaamheid

Verreweg de meeste aandacht in het publieke en politieke debat gaat uit naar het energieverbruik en de impact in termen van duurzaamheid (CO₂-uitstoot bij energieopwerk en waterverbruik ten behoeve van koeling). Tabel 5 toont de uitkomsten van onze scenario's op deze thema's.

³⁴ Of zoals de directeur van Equinix aangaf bij de NOS: “*Wij gaan ons businessmodel niet veranderen*”, zegt Eielts. “*Zo zit de IT-wereld niet in elkaar. Het zou ook raar zijn als datacentra buiten Europa zeggen: we willen geen Philips.*” [nos.nl]

Tabel 5. Uitkomsten scenariostudie - energie en duurzaamheid

	Vermogensvraag totaal (MVA/jaar)		Uitstoot (Mton CO ₂ /jaar)		Waterverbruik (mln m ³ /jaar)	
	2030	2035	2030	2035 ³⁵	2030	2035 ³⁶
0. Nulscenario	2.211	3.290	1,9	2,9	1,2	1,8
1. Strengere regulering	2.211	3.075	1,9	2,7	1,2	1,6
2. Gerichte innovatiehub	2.244	3.361	1,9	3,0	1,2	1,8
3. Competitieve internationale hub	2.867	6.122	2,5	5,4	1,5	3,3

De energievraag loopt (sterk) op richting het zwaarste scenario, met name op de middellange termijn (2035). De omvang van het aantal MVA's loopt, zoals verwacht, sterk op in de scenario's waarbij er meer datacenters worden gebouwd. We gaan er in onze modellering vanuit dat de bestaande datacenters gemiddeld genomen in de eerste vijf jaar even energie-efficiënt blijven presteren (PUE = 1,38). Na die tijd verwachten we dat ze als gevolg van duurzaamheidseisen (wetgeving zoals de EED) op een gemiddelde van 1,25 zullen komen. Bij de nieuwbouw hanteren we in de eerste vijf jaar een PUE van 1,18 en in de tweede periode een PUE van 1,16.³⁷ Hoewel dit kleine verbeteringen lijken, zou dit meerdere procentpunten aan efficiëntiewinst betekenen, wat aanzienlijk is. Technisch is een PUE onder de 1,10 overigens al mogelijk, maar is dit in de praktijk alleen haalbaar bij zeer grote faciliteiten. Zo presteren de datacenters in de Middenmeer al tussen de 1,08 en 1,12 en rapporteert Google een PUE van 1,08 voor haar Eemshaven campus.³⁸ Op Europees niveau scoort Microsoft nog op 1,16.³⁹

³⁵ We hanteren ook voor 2035 een emissiefactor van 0,2 gram CO₂ per kWh. Gezien de nationale doelstelling om in 2050 een klimaatneutraal energiesysteem te hebben [\[link\]](#) zal deze in de praktijk waarschijnlijk lager uitvallen. We hebben echter geen geschikte modellering of afnamecurve gevonden om deze waarde voor 2035 goed onderbouwd te kunnen schatten.

³⁶ De waarden voor 2025 betreffen waarschijnlijk een overschatting in termen van drinkwater, aangezien nieuwe initiatieven doorgaans geen nieuwe drinkwateraansluiting kunnen krijgen (los van kleinschalig kantoorgebruik). Zie toelichting in de lopende tekst hieronder.

³⁷ We gaan hierbij uit van de daadwerkelijke prestaties van het datacenters. Dit in tegenstelling tot de ontwerp prestaties, waarvoor de provincie een PUE-norm van 1,16 voorschrijft. Bij de eerste jaren van gebruik haalt een datacenter doorgaans haar ontwerp prestaties nog niet, bijvoorbeeld omdat het aantal servers nog moet toenemen en de (in dat geval over-gedimensioneerde) koelinstallaties relatief meer stroom verbruiken.

³⁸ Zie: [\[datacenters.google\]](https://datacenters.google.com)

³⁹ Zie: [\[datacenters.microsoft.com\]](https://datacenters.microsoft.com)

De CO₂-uitstoot wordt berekend op basis van de nationale energiemix, bij een benadering o.b.v. duurzame contracten is deze nihil. Doordat we in onze modellering een directe koppeling tussen energieverbruik en de duurzaamheidsindicatoren maken, lopen deze impactcijfers navenant mee. Zoals in Tabel 2 beschreven, kiezen we er bij de CO₂-uitstoot voor om de cijfers te baseren op de nationale energiemix van Nederland, waarbij er dus sprake is van opwek uit fossiele als duurzame bronnen. Het datacenter gebruikt immers de hele dag door energie en onttrekt hiervoor stroom aan het algemene net (ook wel: scope 2-uitstoot, oftewel de uitstoot die wordt gerealiseerd bij de opwek van de energie die in het primaire proces wordt gebruikt⁴⁰). Een alternatieve aanpak zou kunnen zijn om de uitstoot te baseren op de daadwerkelijke energiecontracten van de datacenters, die in de meest gevallen op basis van groene stroom zijn (en dan nog specifiek: meerjarige *power purchase agreements*). Met die logica zou de scope 2-uitstoot op nihil zijn. Er zijn zelfs ook energiecontracten waarbij de leverancier op uurbasis garandeert dat de gecontracteerde stroom ook daadwerkelijk uit hernieuwbare bronnen op het net wordt ingevoerd.

Inzicht in het (drink)waterverbruik kent nu beperkingen, maar is in ieder geval veel lager dan veelal wordt gesuggereerd in populaire media. Hoewel de EED-uitvraag van RVO vraagt om data over het waterverbruik (inclusief een verbijzondering naar drinkwater), rapporteren lang niet alle datacenters wat hun verbruik is (beroep op vertrouwelijkheid van informatie, ook wel *opt out* genoemd).⁴¹ Deze databron biedt in potentie een gedetailleerd inzicht in de zogenoemde *water usage effectiveness* (WUE) van de datacenters.⁴² Navraag bij de branchevereniging bevestigde dat dit gemiddelde beeld ontbreekt voor Nederland en dus ook niet bekend is voor Noord-Holland in het bijzonder. Om die reden baseren wij onze berekeningen nog op de in Tabel 2 aangehaalde CBS-verbruikscijfers. Het is aannemelijk dat de daadwerkelijke

⁴⁰ De scope 1-uitstoot van datacenters is beperkt tot de uitstoot van het (veelal diesel-gestookte) noodaggregaat en dan in het bijzonder de structurele testcycli die deze systemen doorlopen. Dit behelst echter maar een fractie van de impact (0,25%) en laten we daarom verder buiten beschouwing.

⁴¹ Een interessante afwijking hierbij is de data over het datacenter van Google in de Eemshaven. Zij rapporteerden (onder de naam Greenbox Computing, beschikbaar via [www.rvo.nl]) een verbruik van ruim 1,5 miljoen m³, waarvan 0 liter drinkwater. Google heeft namelijk geïnvesteerd in een nieuwe industriële waterzuivering en bijbehorende transportleidingen naar haar campus. [www.dutchdatacenters.nl]. Over Microsoft is minder actuele data beschikbaar, afgezien van eerdere informatie over hun doelstelling om volledig over te stappen op regenwater en een huidige inname van 84.000 m³ drinkwater [www.noordhollandsdagblad.nl]. Verder hebben we alleen op hoog abstractieniveau inzicht (zie [datacenters.microsoft.com]), waaruit blijkt dat Microsoft's prestaties in Europa een factor tien beter zijn dan haar mondiale gemiddelde (0,03 versus 0,3 liter/kWh).

⁴² Voor de datacenters die hun (drink)waterverbruik rapporteren (57 meetpunten, in sommige gevallen meerdere locaties per respondent) komen wij op een gemiddelde WUE van 0,55 liter/kWh en een totale drinkwaterinname van ongeveer 670.000 liter. Wanneer wij dit gemiddelde echter toepassen op alle in Noord-Holland aanwezige datacenters (en hun IT-verbruik), dan komen wij op een totale inname van 3,3 miljoen m³, wat dus ruim groter is dan het totale door CBS-gerapporteerde inname van 1 miljoen in de hele SBI-sector J.

verbruikscijfers gaan verbeteren, met name als de nieuwe faciliteiten alleen nog maar gebruik maken van vrije-luchtkoeling en alleen op zeer warme dagen water innemen (en dan bij voorkeur nog regenwater of industrieel water). Belangrijke nuancering is verder dat de sector laag op de zogenoemde verdringingslijst staat bij waterbedrijven⁴³, wat wil zeggen dat zij in geval van drinkwaterschaarste als eerste worden afgesloten van afname (een situatie die met name kan spelen op erg warme dagen, wat typisch ook dagen zijn waarop de datacenters juist ook aanvullend drinkwater willen afnemen om hun koelmogelijkheden te vergroten). Alle bij ons bekende informatie bezien stellen we vast dat de sector uiteraard nog aanzienlijk (drink)water inneemt, maar dat ze internationaal gezien hoge prestaties behalen (zeker de grotere en moderne datacenters). Een laatste bekend aandachtspunt betreft het lozen van gebruikt koelwater (al dan niet geconcentreerd en met toevoeging van zout), hiervoor geldt een vergunningsplicht en kan dus via het bevoegd gezag toezicht worden houden op de lokale effecten.

Bovenwettelijke kaders energie en waterverbruik

De provincie heeft op dit moment al bovenwettelijke richtlijnen rondom energie, (drink)waterverbruik en ruimtelijke inpassing vastgelegd in haar Richtlijn duurzame vestigingsvoorwaarden datacenters.⁴⁴ Deze (vrijwillige) voorwaarden gaan dus verder dan de huidige wet- en regelgeving die sowieso al van kracht is en waar de Omgevingsdiensten namens het bevoegd gezag al op toetsen. Zowel op energie of water wordt aangespoord om registraties bij te houden en minimaal vijf jaar te bewaren en openbaar te maken voor het bevoegd gezag. Via deze route zou de provincie zelf dus gedetailleerder inzicht in het energieverbruik en de waterinname moeten kunnen krijgen dan wij nu kunnen via bijvoorbeeld de EED-rapportages.

De benutting van restwarmte is tot nu toe erg beperkt gebleven, ondanks verschillende inspanningen vanuit zowel de sector als beleid. Na een periode waarin de restwarmte van datacenters niet als duurzaam opgewekte warmte aangeduid mocht worden (en daarom voor afnemers minder interessant was)⁴⁵, blijkt ook het nemen van die horde niet voldoende om tot grootschalige benutting van de restwarmte te komen. De succesvolle praktijkvoorbeelden kenmerken zich door nabijheid van afnemers én de aanwezigheid van een bestaand warmtenet, waardoor de benodigde investeringen en warmteverliezen beperkt blijven. De datacentereigenaren zeggen kort samengevat dat zij (al dan niet gedwongen door lokale voorschriften) een uitkoppelpunt voor warmte aanbieden, maar dat het aan de afnemer is om deze warmte te komen halen (en daar

⁴³ Zie: [\[www.drinkwaterplatform.nl\]](http://www.drinkwaterplatform.nl) waarbij datacenters onder industrie en dus in Categorie 4 Overig.

⁴⁴ Zie: [\[www.noord-holland.nl\]](http://www.noord-holland.nl)

⁴⁵ Zie: [\[www.nldigital.nl\]](http://www.nldigital.nl)

dus ook de investeringen voor eventuele transportleidingen moeten dragen). Zodra de afstand tussen de opwek en afname te groot worden, zijn de warmteverliezen te groot. Daarbij vragen de warmtenetten om een langetermijn afgifte/opwek commitment, aangezien zij niet verrast willen worden door het wegvallen van een warmtebron. Tot slot zit er nog een opmerkelijke tegenstrijdigheid in de kansen voor restwarmte bij moderne datacenters, aangezien de grotere efficiëntere datacenters (zoals de hyperscalers van Google en Microsoft) een lagere restwarmte temperatuur aanbieden dan minder efficiënte kleinere datacenters.

Datacenters kunnen in theorie bijdragen aan het flexibeler inrichten van het energiesysteem, maar er spelen nog verschillende uitdagingen. Een eerder Dialogic-rapport (eveneens i.s.m. met Pb7) over energieflexibilisering [14] liet zien dat datacenters verschillende vormen van energieflexibiliteit kunnen inzetten om het energievraagstuk te verlichten, zoals het verschuiven van workloads in de tijd (time shifting) of naar andere locaties (location shifting), het benutten van UPS-systemen en back-upgeneratoren voor netbalanceren, het inzetten van batterijen voor opslag en congestiemanagement, en het toepassen van preventief koelen bij een overschot aan duurzame energie. Tegelijkertijd worden deze mogelijkheden beperkt door terugkerende knelpunten, waaronder onvoldoende prijsprikkels op bestaande energiemarkten, juridische en contractuele beperkingen, technische restricties van bestaande systemen, organisatorische uitdagingen zoals beperkte samenwerking in de keten, en bredere ruimtelijke afwegingen rond de spreiding van vraag en opwek. Om deze barrières te doorbreken zijn gerichte beleidsmaatregelen en samenwerking nodig, met name door in te zetten op schaalvoordelen bij hyperscalers, het vergroten van bewustwording bij eindgebruikers over duurzame ICT, en het stimuleren van innovatie en experimenten binnen de energieketen, bijvoorbeeld met alternatieve brandstoffen en opslagtechnologieën.

Voor een uitgebreider inzicht in de voetafdruk van de digitale sector en de mogelijkheden ten aanzien van monitoring verwijzen wij naar eerdere studies die wij op deze specifieke onderwerpen hebben uitgevoerd. Hoewel wij de belangrijkste aannames ten aanzien van uitstoot, waterverbruik en koelmethoden al wel expliciet in dit rapport hebben overgenomen, geven de onderliggende rapportages [15] [16] uitgebreider inzicht hoe onze modellering tot stand is gekomen en welke (on)mogelijkheden er zijn ten aanzien van monitoring (zoals de eerder genoemde opt-out beperking van de EED-rapportages). Voor verdere verdieping verwijzen wij dus naar deze rapporten.

Werkgelegenheid en toegevoegde waarde

Het laatste onderdeel van onze scenariostudie geeft inzicht in de werkgelegenheid en toegevoegde waarde die binnen de verschillende scenario's naar verwachting in 2030 en 2035 gerealiseerd kunnen worden. Tabel 6 toont de uitkomsten.

Tabel 6. Uitkomsten scenariostudie - werkgelegenheid en toegevoegde waarde

	Werkgelegenheid (FTE - direct en totaal)		Toegevoegde waarde (mln -direct en totaal)	
	2030	2035	2030	2035
0. Nulscenario	3.200 (8.607)	5.119 (13.769)	€ 1.792 (€ 4.714)	€ 2.866 (€ 10.123)
1. Strengere regulering	3.200 (8.607)	4.778 (12.850)	€ 1.792 (€ 4.759)	€ 2.675 (€ 9.354)
2. Gerichte innovatiehub	3.238 (8.707)	4.724 (12.323)	€ 1.813 (€ 4.792)	€ 2.929 (€ 9.408)
3. Competitieve internationale hub	4.301 (11.567)	8.015 (20.335)	€ 2.408 (€ 7.146)	€ 5.386 (€ 17.512)

Datacenters bieden de meeste werkgelegenheid tijdens de bouwfase (veelal buitenlandse aannemers), daarna is het aantal structurele banen beperkt en vooral gericht op technisch beheer en beveiliging. De impact op de gehele regionale economie is qua werkgelegenheid beperkt. Het aantal structurele banen is zelfs in het meest uitgebreide scenario zeer beperkt: het huidige aantal van grofweg 2.000 directe banen groeit naar 8.000. Ter referentie: op dit moment zijn er in totaal 152.000 digitale professionals werkzaam in Noord-Holland.⁴⁶ Tegelijkertijd is de werkgelegenheid per gebruikte hectare redelijk vergelijkbaar met andere ontwikkelingen en typen ruimtegebruik. Voor Flevoland lieten wij eerder zien dat een colocatiedatacenter met 22 FTE per hectare in dezelfde categorie zit als distributiecentra (35 FTE/ha), een generiek bedrijventerrein (35 FTE/ha) en Schiphol (20 FTE/ha). Een hyperscaler is met 5 FTE/ha vergelijkbaar met de Rotterdamse Haven (6) en nog altijd meer dan glastuinbouw (1 FTE/ha) of de overige landbouw (0,04 FTE/ha). Daarbij bieden

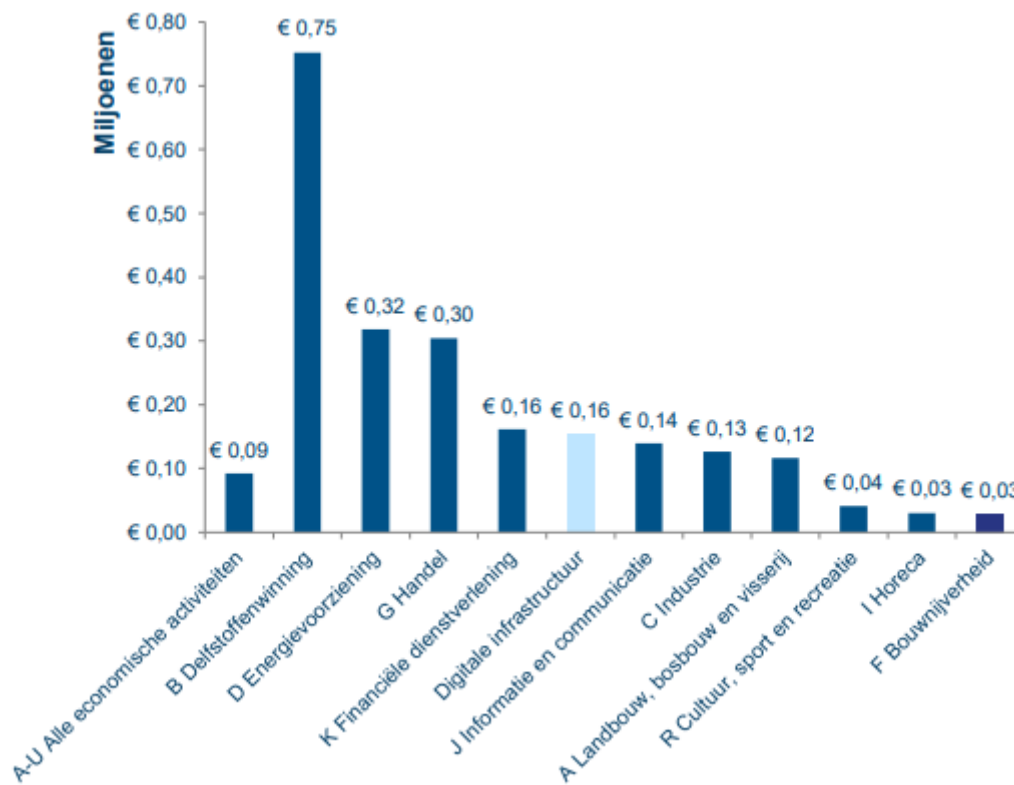
⁴⁶ Zie: [\[pr-edict.nl\]](http://pr-edict.nl) – Over de definitie van een digitale professional zegt pr-eDICT het volgende: "Een digitale professional werkt aan de digitalisering van organisaties en maatschappij. Hierbij denken we aan professionals die werken aan het installeren, configureren, ontwerpen, ontwikkelen, testen, beveiligen en onderhouden van hard- en software en de implementatie in processen en organisaties daarvan, aan het schrijven van logica voor datasets, het aanleggen en onderhouden van digitale infrastructuur en het adviseren over eerder genoemde werkzaamheden, als ook het opleiden of trainen van en leidinggeven aan professionals die eerder genoemde werkzaamheden uitvoeren." De data is afkomstig van het CBS (microdata).

datacenters en hun toeleveranciers relatief hoogwaardig werk. Het betreft voor een belangrijk deel technisch geschoolde medewerkers op mbo-4 niveau en tot op zekere hoogte met een hbo-opleiding. Tot slot merken we nog op dat het aantal banen tijdens de bouwfase van nieuwe datacenters hoger is, maar dat hier in veel gevallen gespecialiseerde buitenlandse aannemers actief zijn (zeker bij de hyperscalers, aangezien deze partijen vaak binnen een hele regio met dezelfde gecontracteerde partijen samenwerken).⁴⁷

De directe en totale toegevoegde waarde is substantieel en de gemiddelde toegevoegde waarde per werknemer is hoger dan in veel andere sectoren, maar alsnog vormt de sector een klein deel van het bruto regionaal product. Ook ten aanzien van de toegevoegde waarde lopen, niet geheel verwonderlijk, de cijfers sterk op naar mate de scenario's ruimer worden. Zetten we dit echter af tegen de totale regionaal toegevoegde waarde van Noord-Holland (bijna 232 miljard euro in 2023)⁴⁸, dan is de omvang echter nog steeds erg beperkt. De beperking hierbij is uiteraard dat wij alleen naar de waardecreatie binnen de sector zelf kijken, terwijl de echte waarde pas gecreëerd wordt zodra de digitale diensten worden ingezet in andere maatschappelijke en economische sectoren. Om toch meer gevoel te krijgen bij de waardecreatie binnen de sector, kunnen we een vergelijking maken met de waardecreatie binnen andere sectoren. Ecorys [13] becijferde eerder dat bedrijven die onderdeel uitmaken van de sector digitale infrastructuur gezamenlijk grofweg 24 miljard euro omzetten (direct en indirect). Zij maakten hierbij ook een vergelijking tussen de toegevoegde waarde per werknemer in verschillende sectoren en zetten de digitale infrastructuur hier tegen uit. Daaruit bleek dat de sector bijna twee keer hoger scoort dan het landelijk gemiddelde voor alle sectoren (€90.000 alle sectoren versus €160.000 voor de door Ecorys afgebakende sector digitale infrastructuur)

⁴⁷ Zie: [\[www.computable.nl\]](http://www.computable.nl)

⁴⁸ Zie: [\[cijfers.noord-holland.nl\]](http://cijfers.noord-holland.nl)



Figuur 22. Vergelijking van toegevoegde waarde per werknemer (bron: Ecorys o.b.v. CBS [13])

5.3 Conclusies

De scenariostudie laat zien dat Noord-Holland voor een duidelijke beleidskeuze staat. De provincie heeft een sterke uitgangspositie als digitaal knooppunt, maar verdere ongerichte groei van datacenters is niet zonder meer wenselijk of vanzelfsprekend. Tot 2030 is de beleidsmatige sturingsruimte beperkt, omdat veel ontwikkelingen al in voorbereiding of uitvoering zijn. Na 2030 lopen de scenario's duidelijker uiteen en wordt de vraag urgenter welk type groei de provincie wil faciliteren. De uitkomsten laten zien dat de zwaarste afwegingen samenkomen bij ruimte, energie, water en bredere maatschappelijke discussie over de wenselijkheid van datacenters (ook in vergelijking met andere ruimtevragers). Met name de energievraag neemt in ruimere scenario's sterk toe en maakt het energiesysteem tot een harde randvoorwaarde voor verdere groei. Tegelijkertijd geldt dat efficiëntieverbeteringen en verduurzaming belangrijk zijn, maar volumegroei niet vanzelf compenseren. Ook waterbeschikbaarheid en de praktische benutting van restwarmte vragen om een realistische en locatiegebonden benadering. Economisch gezien zijn de toegevoegde waarde en werkgelegenheid van de sector van betekenis, maar blijft de directe werkgelegenheid beperkt en ligt de grootste betekenis vooral in de randvoorwaardelijke rol van datacenters voor de bredere digitale economie.

6 Conclusies

In dit hoofdstuk geven wij een beknopt en puntsgewijs overzicht van onze antwoorden op de onderzoeksvragen. Ook geven, ondanks dat het geen onderdeel uitmaakte van de oorspronkelijke onderzoeksvragen, een aantal aanbevelingen mee aan de provincie.

6.1 Korte beantwoording van de onderzoeksvragen

1. *Hoe verhoudt Noord-Holland zich op Europees strategisch niveau:*

a. tot andere landen op het gebied van vraag en aanbod van digitale infrastructuur?

- Noord-Holland is nog altijd een toonaangevend cluster binnen de zogenoemde FLAP-D-ruit. De regio heeft een sterk knooppuntkarakter door het samenspel van datacenters, de AMS-IX en de hoge dichtheid van glasvezelkabels en core-netwerken over land en zee.
- Noord-Holland scoort (net als de rest van Nederland) in de basis sterk op vaste en mobiele netwerken (zeer hoge dekking; internationaal top), waardoor deze 'basisinfrastructuur' geen beperkende factor vormt voor verdere digitalisering (zoals het toepassen van AI).
- Er zijn echter duidelijke grenzen aan groei: er is fysieke schaarste voor uitbreiding, de publieke opinie over datacenters is negatief en de beschikbaarheid van energie (en in toenemende mate drinkwater) staat sterk onder druk. Deze situatie is niet uniek: ook in de andere FLAP-D-clusters zijn de groeimogelijkheden beperkt en spelen vergelijkbare schaarstevraagstukken.

b. tot bestaande en toekomstige Europese wet- en regelgeving die invloed heeft op de concurrentiepositie van Noord-Holland op het gebied van digitale infrastructuur?

- Europese wetgeving creëert enerzijds randvoorwaarden (bijv. op het gebied van cybersecurity, cloudtoegang en energie-efficiëntie) en anderzijds kansen voor lidstaten (zoals EuroHPC met calls voor AI-fabrieken).
- De AI Act en het vervolg (Cloud and AI Development Act / AI Continent Action Plan) verhogen waarschijnlijk de vraag naar EU-rekencapaciteit. De regionale rol zit daarbij vooral in het faciliteren van ruimte en andere randvoorwaarden (o.a. met het oog op strategische autonomie) en in het aansluiten bij nationale en Europese trajecten.
- Binnen Nederland is er interesse vanuit vier regio's (waaronder de regio Amsterdam) voor een inschrijving op een (lopende) call voor een AI-gigafabriek. De beoogde opzet van deze fabrieken is een privaat-publieke investering. Het kabinet heeft echter geen middelen op de Rijksbegroting gereserveerd om

financieel bij te dragen. Bij de regio's zelf ontbreekt bovendien veelal de financiële draagkracht voor een dermate grote investering. Daarmee ligt het – voor zover het gaat om regionale inzet – meer voor de hand om in te zetten op een (kleinere) AI-fabriek. Daar ligt de nadruk namelijk sterker op innovatie van en met AI, inclusief het bouwen van een (lokaal) AI-ecosysteem waarin kennisinstellingen, bedrijven en overheden samen innoveren en leren, al dan niet met toegang tot lokale hoogwaardige reken capaciteit (die niet zo grootschalig hoeft te zijn als een AI-gigafabriek).

2. *Welke bedrijven en kennisinstellingen binnen de provincie Noord-Holland houden zich bezig met innovatie op het gebied van AI of gebruiken voor andere doeleinden veel rekenkracht? In hoeverre speelt voor deze partijen de geografische nabijheid van digitale infrastructuur een rol in hun afweging om in de provincie Noord-Holland te blijven?*

- Amsterdam is de AI-hub van Nederland voor onderzoek en ontwikkeling. Het samenwerkingsnetwerk Amsterdam AI brengt diverse kennisinstututen, de gemeente Amsterdam en de Amsterdam Economic Board samen rond de ontwikkeling en toepassing van verantwoorde AI. Daarnaast vormen ICAI-laboratoria de kern van het Innovation Center for Artificial Intelligence (ICAI): publiek-private samenwerkingen tussen universiteiten en innovatieve industrie. De nationale supercomputerinfrastructuur Snellius, die door SURF in Amsterdam wordt gehost, vormt daarbij een cruciale voorziening voor wetenschappelijk onderzoek. SURF is gevestigd op het Amsterdam Science Park, dat fungeert als Europees centrum voor onderzoek en innovatie, onder meer op het gebied van AI en digitale innovatie.
- Op provinciaal niveau domineren Noord-Holland en Zuid-Holland het AI-landschap. De belangrijkste concentraties AI-bedrijven bevinden zich rond Amsterdam en de Metropoolregio Amsterdam, met clusters in onder meer Amsterdam Science Park, Zuidoost en Schiphol-Rijk.
- Nabijheid van talent en kennis is voor deze ontwikkelingen essentieel; nabijheid van datacenters en reken capaciteit is meestal niet doorslaggevend voor succesvolle innovatie en groei (training kan op afstand; inferencing vaak ook). Mogelijke uitzonderingen liggen in low-latency use cases (zorg/fintech), data-residentie/gevoelige data (juridisch/vertrouwelijkheid) en de praktische samenwerking rond gedeelde faciliteiten (zoals een AI-fabriek-achtige voorziening).

3. Welke kennisclusters, sleuteltechnologieën en sectoren hebben (extra) digitale infrastructuur, rekenkracht en datacenters nodig om de concurrentiepositie van Noord-Holland minimaal te behouden?

- Er is geen eenduidige koppeling tussen AI-bedrijvigheid en digitale infrastructuur op lokaal niveau. Meer AI-gebruik leidt logischerwijs tot meer vraag naar rekencapaciteit, maar huidige AI-behoefte worden in hoge mate ingevuld via bestaand (inter)nationaal cloud- en HPC-aanbod. Latency vormt voor de meeste toepassingen geen struikelblok.
- Daarbij is onderscheid relevant tussen verschillende vormen van AI: R&D (training) is doorgaans niet locatiegebonden; toepassing en gebruik (inference) kan dat in specifieke gevallen wel zijn (bijv. bij lage latency-eisen).
- De datacentersector wil groeien; de vraag is vooral waarvoor Rijk, provincie en gemeenten ruimte willen (strategische autonomie) en kunnen bieden (ruimte en energie). De sector roept daarbij op tot landelijke regie. Dit vraagstuk is bovendien in hoge mate Europees: ook landen met een surplus aan duurzame energie lopen op termijn tegen grenzen aan. Dit geldt ook voor het autonomievraagstuk in relatie tot de afhankelijkheid van niet-Europese (met name Amerikaanse) Big Tech-partijen. De EU zet daarom in op AI-fabrieken en AI-gigafabrieken als tegenwicht en aanvulling op het bestaande aanbod.

4. Welke handelingsperspectieven zijn er voor de Provincie Noord-Holland om digitale connectiviteit op niveau te houden?

- a. Waar moet de provincie fysieke ruimte voor maken vanaf 2030?*
- b. Welke energievraag hoort bij deze ruimte vanaf 2030?*
- c. Hoe kunnen bestaande (incl. uitbreidingen) en zo nodig nieuwe datacenters bijdragen aan de behoefte aan digitalisering (bijv. via herstructurering van bestaande locaties)?*

- Uit onze scenariostudie blijkt dat sturing richting 2030 beperkt mogelijk is door lopende trajecten, vergunningprocedures en netcongestie. Na 2030 kunnen beleidskeuzes meer effect gaan hebben (zowel stimulerend als beperkend).
- Uitbreiding van datacenters zou in ieder geval gekoppeld moeten worden aan energieknooppunten. Middenmeer, Haarlemmermeer en het Noordzeekanaalgebied lijken daarbij voor de hand te liggen. Een alternatief is om juist de bestaande clusters verder te verdichten en zo extra druk op ruimtelijke inpassing op nieuwe locaties te vermijden.
- Rond strategische autonomie verkennen Rijk, provincie en gemeenten of zij Nederlandse/Europese aanbieders en gebruikers kunnen bevoordelen, maar het is onduidelijk hoe (met name juridisch). Overheid als *launching customer* is een eerste stap, maar heeft voorlopig een beperkte schaal. Andere ingrepen zijn op dit moment bovenwettelijk en dus veelal vrijwillig. Voor verdergaand ingrijpen is naar verwachting aanpassing van (Europese) regelgeving nodig.

- Wij benadrukken ook de rol van gemeenten in dit dossier, met name gezien hun eigen beleid en vergunningvoorwaarden. De provincie kan ambities formuleren, maar zonder afstemming met gemeenten (en het Rijk) zijn deze ambities moeilijk haalbaar.
- Belangrijk aandachtspunt: de publieke opinie is al meerdere jaren overwegend negatief. Dit is niet te negeren en moet een expliciete plek krijgen in de beleidsvorming.

5. Welke koppelkansen zijn er te benutten bij verdere uitbreiding van digitale infrastructuur? We richten ons hierbij zowel op fysieke aspecten (bijv. ruimtegebruik en restwarmte) als economische aspecten (bijv. dual-use).

- **Restwarmte:** kansrijk, maar vooral bij nabijheid van afnemers en een bestaand warmtenet. Het feit dat ergens veel warmte beschikbaar is, betekent niet automatisch dat deze warmte eenvoudig te benutten is.
- **Energieflexibiliteit:** er zijn concrete opties (time shifting, location shifting, UPS/batterijen, preventief koelen), maar prijsprykkels, regels en contracten remmen de opschaling. Er zijn vooral pilots/experimenten en passende marktprikkels nodig.
- **Dual-use/strategische autonomie:** wij zien hier met name een koppeling met de logica rondom AI-fabrieken: ontwikkel publieke rekencapaciteit met voorrang voor onderzoek, overheid en mkb. Dit werkt naar onze inschatting sneller en beter dan om te proberen om commerciële colocatie te sturen.

6. Hoe sluit de behoefte aan energie en water vanuit deze sector aan op de duurzame doelstellingen van de PNH 2030-2050 op het gebied van energieverbruik, waterverbruik, circulariteit en emissies (scope 1 en scope 2)?

a. Wat is de verwachte ontwikkeling daarvan?

b. Hoe kan dit worden gemonitord?

- **De impact op duurzaamheid** komt in de basis voort uit drie variabelen:
 - **Volume:** hoeveel groeit de sector (kan/mag/wil zij groeien)? Hiervoor hebben wij verschillende scenario's uitgewerkt.
 - **Efficiëntie:** dit betreft met name PUE-verbeteringen (de provincie schrijft al strikte PUE-normen voor) en de keuze voor koeltechnieken (vrije-luchtcooling en gesloten systemen verbruiken minder water, maar nemen vaak ook meer ruimte in beslag).
 - **Stroommix/contractering:** bij de scope 2-uitstoot (uitstoot bij opwek van energie) speelt de vraag of we rekenen met de nationale mix (en dus uitstoot vaststellen) of – zoals de sector zelf vaak doet – met een contract-/PPA-benadering (waardoor er nu al vrijwel geen uitstoot is).

- **Monitoring:** EED-rapportages zijn hiervoor potentieel een basis, maar door opt-out/vertrouwelijkheid zijn ze nu vaak onvoldoende bruikbaar. De provincie heeft bovendien al een bovenwettelijke richtlijn; daar zit de handelingsruimte.

6.2 Aanbevelingen

- **Faciliteer AI-rekencapaciteit strategisch:** overweeg (samen met Rijk, gemeenten, onderzoeksinstellingen en bedrijven) een AI-fabriek (scenario 2) te accommoderen, bijvoorbeeld op Science Park of Schiphol-Rijk, om het AI-ecosysteem in Noord-Holland te versterken, **mits** dit past binnen de randvoorwaarden voor energie en ruimte. Dit haakt aan op EuroHPC-kansen en geeft invulling aan strategische autonomie op regionaal niveau. Voorwaarde is wel dat er vooraf duidelijkheid is over doelgroep (onderzoek/overheid/mkb), governance, inpassing (energie/ruimte) en aantoonbare aansluiting bij Amsterdamse kennisclusters. Dit is een andere lijn dan 'ongericht' ruimte bieden voor commerciële datacenters.
- **Houd vast aan toetsbare criteria voor nieuwe datacenters en breidt uit waar nodig.** Denk aan criteria zoals de concrete bijdrage aan ecosysteem/innovatie, energieflexibilisering, transparantie (EED-rapportages), type watergebruik, restwarmte-ready, cybersecurity/compliance. Bouw hierbij voort op de afwijkingsbepaling in de Omgevingsverordening.
- **Houd aandacht voor de digitale infrastructuur als keten:** de nadruk ligt (te recht) op datacenters, maar ook rond opstelpunten voor mobiele netwerken, aanlanding van zeekabels, core-netwerken en het IX-ecosysteem, en (Europese) cloudtoegang spelen relevante ontwikkelingen.
- **Houd regie op ruimte en netcapaciteit:** blijf in gesprek met netbeheerders en datacenterpartijen over de planning richting 2030 en verder. Leg verbinding met de regionale energiestrategieën (RES'en) om zones te identificeren waar zowel infrastructuur als duurzame energie voorhanden zijn. Dit kan vorm krijgen in een locatiekaart/ontwikkelagenda richting 2030/2035 ('waar kan het wél, waar niet'). Overweeg als provincie ook een rol in congestiemanagement-pilots met datacenters (flexcontracten, batterijen, workload shifting).
- **Verbeter monitoring en duurzaamheid:** initieer – eventueel samen met het Rijk – een scherpere monitoring van het energie- en waterverbruik van datacenters in Noord-Holland, bijvoorbeeld door in nieuwe vergunningen strikte rapportage-eisen op te nemen (incl. minimale datavelden), zodat de provincie jaarlijks zicht heeft op de voortgang richting de 2030–2050-doelen.

- **Communiceer en betrek de omgeving:** gezien de gesignaleerde negatieve publieke opinie is het belangrijk om de samenleving actief mee te nemen, bijvoorbeeld via een structurele 'datacenter-omgevingsdialoog' en door omwonenden te betrekken bij restwarmteprojecten.^[48] Zo kan zichtbaar worden gemaakt welke maatschappelijke waarde datacenters (kunnen) bieden, wat het draagvlak kan vergroten.

Verwijzingen

- [1] **Europese Commissie** (2025) [DESI indicators](#), Europese Commissie
- [2] **Dialogic** (2025) [Analyse schaarste van antenne-opstelpunten in Nederland](#), Dialogic
- [3] **Dialogic** (2025) [Behoefte aan en maatschappelijke waarde van de frequentiebanden 3,8-4,2 GHz en 26 GHz](#), Dialogic
- [4] **Fiber Carrier Association** (2025) [Glasvezel in stad en land 2025](#), FCA
- [5] **Terabit Consulting & Axiom** (2024) [Study on the development of the submarine cable market](#), Terabit Consulting
- [6] **RankmyAI** (2025) [AI Report Netherlands](#)
- [7] **Innovatiespotter, Centraal Bureau voor de Statistiek, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland** (2022) [Pilot-onderzoek AI-aanbod bij bedrijven](#)
- [8] **Ecorys** (2025) [Meerwaarde van een AI-gigafabriek in Nederland](#)
- [9] **Dialogic** (2024) [Consequenties van beleidsopties voor een AI-fabriek](#)
- [10] **Dialogic** (2024) [Consequenties van beleidsopties voor een AI-fabriek](#)
- [11] **Europese Commissie** (2025) [Actieplan voor het AI-continent](#)
- [12] **Europese Commissie** (2025) [AI-fabrieken](#)
- [13] **Ecorys** (2023) [Economisch belang digitale infrastructuur](#), Ecorys
- [14] **Dialogic & Pb7** (2024) [Analyse systeemkansen energieflexibiliteit clouddiensten](#), Dialogic
- [15] **Dialogic** (2023) [De digitale voetafdruk: Emissies van de digitale sector in Nederland in \(toekomst\)perspectief](#), Dialogic
- [16] **SEO & Dialogic** (2025) [Data voor duurzame digitalisering](#), SEO
- [17] **Umlaut** (2024) [The 2024 Mobile Network Test in the Netherlands](#)
- [18] **Draghi, M.** (2024) [The future of European competitiveness](#)
- [19] **Dialogic & Pb7** (2022) [De waarde van datacenters in regionaal perspectief- een economische impactstudie naar datacenters in Flevoland](#), Dialogic
- [20] **Dialogic & Pb7** (2025) [De impact van AI op duurzaamheid en het monitoren daarvan](#)

Bijlage 1. Overzicht interviewrespondenten en gesproken personen

Interviews

Organisatie	Functie
Ministerie van Economische Zaken	Beleidsmedewerkers en projectleider
ECP	Programmamanager
Gemeente Hollands Kroon	Projectleider
Gemeente Haarlemmermeer	Beleidsadviseur
Gemeente Amsterdam	Beleidsadviseurs
Eurofiber	Salesdirecteur
Dutch Datacenter Association	Directeur en manager public affairs
Amsterdam Economic Board	Coalitiemanager
ING	Senior-econoom
SURF	Internationaal beleids- en strategiemanager
TNO	Senior wetenschapper

Validatiesessie

Organisatie	Functie
ECP	Programmamanager
Gemeente Hollands Kroon	Projectleider
Gemeente Amsterdam	Beleidsadviseur
Gemeente Haarlemmermeer	Beleidsadviseur
SURF	Internationaal beleids- en strategiemanager
ING	Senior-econoom
Dutch Datacenter Association	Directeur en manager public affairs
Eurofiber	Senior accountmanager

Bijlage 2. Innovatiespotter-analyse

Gezien het grote aantal bedrijven dat mogelijk wel of niet actief zijn in het ontwikkelen en toepassen van AI, kent handmatig zoeken onvermijdelijk blinde vlekken. Webscrapers kunnen dit gedeeltelijk ondervangen door de enorme hoeveelheid data die zij kunnen verzamelen en verwerken. Hiervoor is gebruikgemaakt van de AI-gedreven database Innovatiespotter.

Innovatiespotter onderhoudt één geïntegreerde dataset die het volledige Nederlandse bedrijvenregister verrijkt met verdiepende gegevens op gebied van innovatie, duurzaamheid en het innovatie ecosysteem. Innovatiespotter heeft onder andere voor alle bedrijven op basis van hun websites (mits die beschikbaar is) een tekstbeschrijving van de bedrijfsactiviteiten gemaakt. Dit heeft Innovatiespotter gedaan met een large language model (LLM), oftewel een AI-tool. Deze bron wordt onder andere gebruikt door het CBS voor hun monitoring van AI-bedrijvigheid [7]. Op basis van de Innovatiespotter data hebben wij de genoemde tekstbeschrijvingen met onze eigen LLM-tooling geanalyseerd, om zo tot een selectie van voor dit onderzoek relevante bedrijfsnamen te komen.

De belangrijkste voorwaarde waaraan een bedrijf moest voldoen is dat een bedrijf een actieve rol heeft in het ontwikkelen, trainen of valideren van kunstmatige-intelligentiesystemen. Hiervoor hebben we een LLM gebruikt om te verifiëren of het daadwerkelijk om een AI-bedrijf gaat. In onze analyse maken we onderscheid tussen drie typen bedrijven: (1) bedrijven die zelf kunstmatige-intelligentiesystemen ontwikkelen, trainen of valideren; (2) bedrijven die AI toepassen in producten, diensten of processen, maar waarbij AI niet de kern vormt van de bedrijfsactiviteiten; en (3) bedrijven waarbij AI geen relevante rol speelt in de bedrijfsactiviteiten.

In deze studie gebruiken wij de volgende definitie van een **AI-bedrijf**:

Een AI-bedrijf is een bedrijf dat zich primair bezighoudt met de ontwikkeling, training en validatie van kunstmatige-intelligentietechnieken. Onder kunstmatige intelligentie wordt verstaan: software- en datasystemen die met behulp van algoritmen, statistische modellen en machine-learning-methoden in staat zijn om patronen te herkennen, voorspellingen te doen, beslissingen te ondersteunen of autonome handelingen uit te voeren op basis van data. AI-bedrijven ontwikkelen onder meer (maar niet uitsluitend) modellen en systemen voor machine learning, deep learning, neurale netwerken, natuurlijke-taalverwerking, computer vision, spraakherkenning of reinforcement learning. Deze activiteiten gaan doorgaans gepaard met een hoge behoefte aan rekenkracht, dataverwerking en gespecialiseerde hardware (zoals GPU's of andere versnellers).

Beperkingen

Het is belangrijk om te vermelden dat Innovatiespotter alleen zoekt naar entiteiten met een KvK-registratie (Kamer van Koophandel). Niet alle organisaties beschikken over een KvK-nummer. Daardoor is het mogelijk dat relevante innovatieve organisaties zonder KvK-registratie niet door Innovatiespotter zijn verzameld. Daarnaast heeft niet elk bedrijf een tekstbeschrijving in de Innovatiespotter data. Ondanks deze beperkingen geeft de analyse wat ons betreft een nuttig aanvullend inzicht in deze fase van beleidsvorming.

dialogic

Onderzoek voor *onderbouwd* beleid.

Dialogic innovatie & interactie

Hooghiemstraplein 33

3514 AX Utrecht

030-2150580

www.dialogic.nl