



Generatieve AI pakt rol in de duurzaamheidstransitie

Inhoudsopgave

Inleiding

3

Handvatten voor ondernemers

22

1. Het snijvlak van AI en duurzaamheid

5

Colofon

23

2. De duurzaamheidstoepassingen van generatieve AI

11

Generatieve AI pakt rol in de duurzaamheidstransitie

Sinds 2018 staken investeerders 793 miljoen dollar in jonge bedrijven die ‘generatieve AI’ toepassen voor duurzaamheidsdoeleinden. Deze vorm van kunstmatige intelligentie kan op basis van instructies allerlei zaken creëren, zoals tekst, 3D-ontwerpen en zelfs nieuwe materialen. Tegenover de potentiële duurzaamheidswinst staat echter wel het grote energiegebruik van AI-technologie.

De ontwikkelingen rond kunstmatige intelligentie, ook wel artificiële intelligentie of kortweg AI genoemd, raakten in een stroomversnelling sinds eind 2022 de superslimme chatbot ChatGPT werd geïntroduceerd. Sindsdien buitelen de grote technologiebedrijven over elkaar heen om nieuwe AI-modellen te introduceren die steeds betere antwoorden genereren op steeds complexere vragen en op basis van geschreven instructies indrukwekkend beeld- en videomateriaal creëren.

Hoewel er veel wordt gesproken over de entertainmentwaarde van generatieve AI en mogelijke productiviteitswinst, liggen er ook potentiële toepassingen op het gebied van duurzaamheid – een perspectief dat niet buiten beschouwing kan blijven nu de effecten van de opwarming van de aarde al op veel plekken pijnlijk duidelijk zijn. De nieuwe technologie kan een aanvulling vormen op onder andere wet- en regelgeving, financiering en gedragsverandering.

De opkomst van generatieve AI is een schoolvoorbeeld van de ‘twin transition’. Dit begrip verwijst naar digitale transitie en de duurzaamheidstransitie, die tegelijkertijd plaatsvinden en op elkaar inwerken. Bedrijven die verder zijn op het gebied van digitalisering presteren bijvoorbeeld [beter](#) op het gebied van duurzaamheid. Ook wijst wetenschappelijke literatuur op een [positieve bijdrage](#) van AI aan de ‘sustainable development goals’ (SDG’s) die de Verenigde Naties hebben gedefinieerd. Specifiek voor de SDG’s die betrekking hebben op klimaatverandering, natuurlijke ecosystemen en verduurzaming van sectoren geldt dit voor 50 van de 55 sub-doelstellingen. Tegelijkertijd blijkt AI op 18 van deze sub-doelstellingen – soms tegelijkertijd – ook een remmende werking te hebben, iets wat onder andere te herleiden valt tot de grote hoeveelheid energie die nodig is voor de ontwikkeling en het gebruik van de AI-modellen.

Dit rapport verkent diverse duurzame toepassingen van generatieve AI aan de hand van de investeringen in startups en scale-ups die hierin actief zijn. Zo worden deze toepassingen al stevig omarmd in de hoek van bedrijfsrapportages en -analyses op klimaatrisico en klimaatimpact. Diverse softwarebedrijven zetten het taaltalent van AI in om grote hoeveelheden bedrijfsdata om te zetten naar heldere rapportages en inzichten. Ook prominent aanwezig zijn de virtuele assistenten, die in een natuurlijke dialoog vragen beantwoorden over duurzaamheidskwesties en de gebruiker op basis van allerlei data van advies kunnen voorzien. Samen zijn deze activiteiten goed voor 258 miljoen dollar aan investeringen sinds 2018.

Daarnaast kan generatieve AI worden toegepast om versneld nieuwe materialen en eiwitten te ontwerpen, met specifieke toepassingen en voordelen. Voorbeelden zijn groene brandstoffen, materialen die worden geoptimaliseerd op levensduur en recyclebaarheid, of enzymen die plastic kunnen afbreken. Waar het onderzoek naar zulke nieuwe moleculen traditioneel een tijdrovende exercitie is met veel ‘trial-and-error’, kan dat via generatieve AI sterk worden verkort. Investeerders staken tot nu toe 85 miljoen dollar in jonge bedrijven in deze categorie.

Een prillere functie van generatieve AI is die van ontwerper of ingenieur. De technologie kan bijvoorbeeld kleding helpen personaliseren zodat de geproduceerde stukken beter aansluiten op de marktvraag en de negatieve milieugevolgen door overvloedige – en dus zinloos geproduceerde – kleding worden beperkt. Ook in de gebouwde omgeving liggen er kansen, zoals gebouwen die met AI worden geoptimaliseerd op energie-efficiëntie en materiaalgebruik. Naar verwachting zullen huidige ontwerpmethoden steeds meer met generatieve AI worden verrijkt.

Voor de ontwikkeling van generatieve AI wordt echter ook een prijs betaald. De technologie functioneert op basis van grote hoeveelheden data en het bijbehorende leerproces, ook wel de 'training' genoemd, kost veel rekenkracht. De training van GPT-3.0 – een van de voorgangers van de huidige modellen achter ChatGPT – ging gepaard met 502 ton aan CO₂-uitstoot; hetzelfde als de jaaruitstoot van 251 Nederlandse benzineauto's. Ook de constante stroom aan vragen die het model te verwerken krijgt, vergt heel wat rekenkracht en energie. Hoewel de hierboven geschetste toepassingen niet op eenzelfde schaal worden gebruikt als de immens populaire chatbot, blijft het belangrijk om bij de ontwikkeling en toepassing van generatieve AI een zorgvuldige afweging te maken van zowel de positieve- als negatieve effecten ervan.

In het eerste hoofdstuk wordt het snijvlak van AI en duurzaamheid verkend aan de hand van wetenschappelijk onderzoek en de wereldwijde investeringen in startups en scale-ups. Het tweede hoofdstuk gaat nader in op de verschillende duurzaamheidskansen van generatieve AI in het bijzonder, inclusief het investeringsvolume en relevante voorbeelden. Ook werpen diverse sector-experts van ABN AMRO licht op de ontwikkeling die zij in hun eigen sector zien en geven daarbij concrete tips aan ondernemers. Het laatste hoofdstuk geeft tot slot nog enkele algemene handvatten voor bedrijven die overwegen om met generatieve AI aan de slag te gaan..

The background of the page is a complex digital graphic. It features a network of glowing blue lines and nodes, resembling a neural network or data flow. There are several large, bright yellow and orange spheres scattered throughout. In the center-right, the letters 'AI' are prominently displayed in a large, white, sans-serif font, with a blue glow around them. Below the 'AI' text, there are various data points and symbols, including a triangle with the number '7239' above it and '572' below it, and another triangle with '2867' above it. The overall aesthetic is futuristic and technological, with a color palette dominated by blues, yellows, and oranges.

AI

1. Het snijvlak van AI en duurzaamheid

Artificiële intelligentie opent de deuren naar allerlei nuttige toepassingen. Bedrijven, overheden en investeerders houden dan ook nauwlettend in de gaten welke AI-innovaties door wetenschappers en technologiebedrijven worden geïntroduceerd. Betrokkenen zijn steeds meer op zoek naar manieren waarop AI een positieve bijdrage kan leveren aan uitdagende en complexe vraagstukken als klimaatverandering en biodiversiteitsverlies. Tegelijkertijd kent de technologie zelf ook uitdagingen, zoals een substantieel energie- en grondstoffengebruik.

Kader A | Toelichting van belangrijke begrippen

Artificial intelligence (AI)

AI omvat allerlei technologieën die delen van de menselijke intelligentie en vaardigheden nabootsen. Voorbeelden van bekende AI-toepassingen zijn gezichtsherkenning om apparaten te ontgrendelen, automatische productaanbevelingen in een webshop en slimme verkeerslichten voor het regisseren van verkeersstromen.

Machine learning

Een centraal begrip binnen AI is 'machine learning', eenvoudiger gezegd: computerprogramma's die kunnen leren op basis van data. Uit die data kunnen middels machine learning patronen worden gehaald en in een formule – een model – worden gevat. Zo'n model kan vervolgens aan het werk worden gezet om nieuwe data te duiden.

Met een grote set aan foto's van voorwerpen, inclusief de benaming van die objecten, kan een machine learning-model worden 'getraind' zodat het in staat is om op nieuwe foto's dezelfde objecten te herkennen. Het leert de complexe patronen van elk soort voorwerp, simpelweg door er heel veel voorbeelden van te 'zien'. Er zijn dus geen expliciete instructies nodig, zoals "als het object rood en rond is, dan is het een tomaat". Integendeel: er zijn zoveel soorten objecten dat het formuleren van regels voor de herkenning ervan een op voorhand onmogelijke taak is. Ook appels kunnen immers rood en rond zijn.

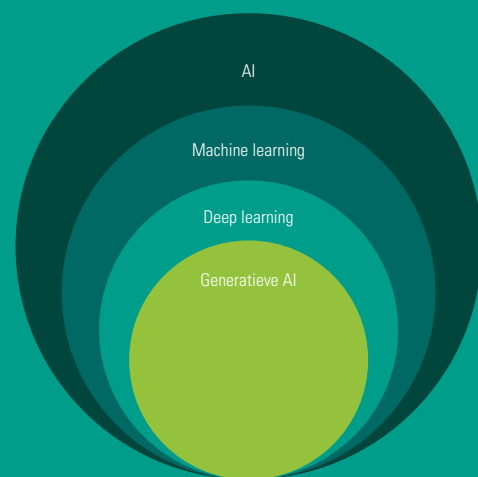
De kracht om in data patronen te herkennen die moeilijk in regels te vangen zijn, komt ook van pas bij het doen van voorspellingen. Bijvoorbeeld over series en films die een bepaalde kijker waarschijnlijk zullen aanspreken, of over de verwachte vraag naar een bepaald product. En ook voor optimalisatievraagstukken kan machine learning worden ingezet, zoals de prijsstelling van producten – niet te duur maar ook niet onnodig goedkoop – en een goede doorstroom van verkeer met zo min mogelijk emissies.

Deep learning

Voor de meeste AI-toepassingen wordt tegenwoordig 'deep learning' gebruikt, een vorm van machine learning die 'losjes' de werking van het menselijk brein nabootst. Het wordt gebruikt voor de analyse van grote hoeveelheden gegevens, en is bij uitstek geschikt voor complexe data zoals beeldmateriaal en taal.

Generatieve AI

Dit krachtige analytische vermogen van deep learning kan echter ook worden ingezet om een dusdanig diep 'begrip' van de data te verkrijgen zodat het ook in staat is om op basis van het geleerde volledig nieuwe data te genereren. Dit kan tekst zijn, maar ook beeldmateriaal, video's, 3D-modellen, stemmen, muziek, computercode en gestructureerde datasets. Dit soort toepassingen heet ook wel 'generatieve AI'.



AI beïnvloedt de Sustainable Development Goals op diverse manieren

Kunstmatige intelligentie in bredere zin – niet enkel beperkt tot generatieve AI – wordt door veel experts gezien als een element in de oplossing van grote vraagstukken rond onder andere klimaat, milieu en biodiversiteit. In oktober 2023 kondigden de Verenigde Naties bijvoorbeeld een speciaal AI-adviesorgaan aan. Het is de bedoeling dat de 39 experts aanbevelingen doen over de benodigde internationale governance om het gebruik van AI in goede banen te leiden, evenals over de risico's en uitdagingen van de technologie, maar ook over manieren waarop AI kan helpen de Sustainable Development Goals (SDG's) te halen. Met dat laatste vraagstuk zijn ook internationale samenwerkingen zoals [AI for the Planet](#) actief, evenals tal van bedrijven en honderden wetenschappers.

Dergelijke inspanningen zijn niet uit de lucht gegrepen. In een artikel uit 2020 in het wetenschappelijke tijdschrift Nature brachten onderzoekers uitgebreid in beeld welk [wetenschappelijk bewijs](#) er tot dan toe was verzameld ten aanzien van het verband tussen AI en de verschillende SDG's – zowel in de vorm van positieve als negatieve bijdragen aan de doelstellingen. De verbanden blijken overwegend positief, hoewel er volgens de onderzoekers nog volop vervolgonderzoek nodig is en er hoogstwaarschijnlijk een neiging bestaat tot het publiceren van voornamelijk positieve onderzoeksresultaten.



Ondersteunende en remmende effecten

Kijkend naar de SDG's die betrekking hebben op klimaat, natuurlijke ecosystemen en verduurzaming van sectoren, dan valt ook hier op dat op basis van bestaande wetenschappelijke literatuur voor het merendeel van de sub-doelstellingen een positieve bijdrage werd gevonden: 50 van de 55. Hieronder valt bijvoorbeeld AI voor het regisseren van slimme stroomnetten waarin hernieuwbare energie een rol speelt en het optimaliseren van productieprocessen. Ook op het gebied van monitoring van natuurlijke ecosystemen en het voorspellen van klimaattrends wordt de belofte van AI onderbouwd. Duidelijk is overigens dat de capaciteiten van generatieve AI, zoals het ontwikkelen van nieuwe meer milieuvriendelijke materialen, beperkt terugkomen in de onderzochte literatuur. Dit is verklaarbaar gezien de nog recente doorbraak van deze technologie. Wel worden er voorbeelden gegeven van virtuele assistenten die advies kunnen geven over duurzaamheidsgerelateerde kwesties – een toepassing die zich bij uitstek leent voor generatieve AI.

Bij 18 sub-doelstellingen werd een remmend effect van AI gevonden. Voorbeelden daarvan zijn het elektriciteitsverbruik en de bijbehorende broeikasgasemissies door de datacenters waarvanuit de AI-toepassingen draaien, en het risico dat slimme systemen die dienen om vispopulaties of bossen in de gaten te houden uiteindelijk leiden tot overbevissing of ontbossing.



Figuur 1. Academisch onderzoek wijst op een overwegend positieve bijdrage van AI op de 'groene' SDG's

SDG Nederland		Bijdrage van AI ¹		Ondersteunende versus remmende rol van AI ²	
SDG	Beschrijving	Bijdrage van AI	Remmend (%)	Ondersteunend (%)	
2 GEEN HONGER	Bevat elementen van klimaatbestendigheid en duurzame landbouw.	Helpt bij precisielandbouw, gewasmonitoring en verbetering van voedselproductie.	13	69	
6 SCHOOIN WATER EN SANITAIR	Gericht op het beheer van waterbronnen en het verminderen van vervuiling.	Optimaliseert waterbeheer en monitort waterkwaliteit.	28	100	
7 BETAALBARE EN DUURZAME ENERGIE	Focus op duurzame, hernieuwbare energiebronnen.	Verbeterd energie-efficiëntie en integreert hernieuwbare bronnen in het energienet.	40	100	
9 INDUSTRIË, INNOVATIE EN INFRASTRUCTUUR	Bevordert duurzame industrieën en infrastructuur.	Ondersteunt slimme infrastructuur en industriële automatisering.	34	91	
11 DUURZAME STEDEN EN GEMEENSCHAPPEN	Omarmt duurzame stedelijke planning en beheer.	Draagt bij aan slimme steden met geoptimaliseerde vervoer- en energiesystemen.	10	90	
12 VERANTWOORDE CONSUMPTIE EN PRODUCTIE	Richt zich op duurzame productie- en consumptiepatronen.	Helpt bij het optimaliseren van productieprocessen en supply chain management.	16	69	
13 KLIMAATACTIE	Direct gerelateerd aan klimaatverandering en haar effecten.	Voorspelt klimaatrends en helpt bij het ontwikkelen van mitigatie- en adaptatiestrategieën.	20	70	
14 LEVEN IN HET WATER	Gaat over het behoud en duurzaam gebruik van oceanen, zeeën en mariene hulpbronnen.	Ondersteunt marien onderzoek en de bescherming van waterecosystemen	13	90	
15 LEVEN OP HET LAND	Richt zich op het behoud van ecosystemen en biodiversiteit.	Helpt bij het monitoren van biodiversiteit en beheer van natuurlijke hulpbronnen.	8	88	

1 Ontleend aan Vinesa et al. (2020), [The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals](#)

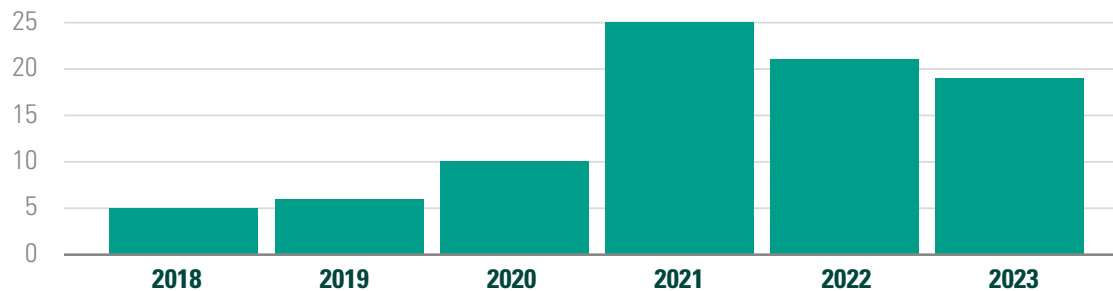
2. Gemeten in percentage van de sub-doelstellingen binnen de desbetreffende SDG waarop AI een ondersteunende dan wel remmende werking heeft, door de onderzoekers gecorrigeerd op basis van het soort bewijslast dat zij in eerdere literatuur hebben gevonden.

Investerders tonen enthousiasme, maar afkoelende economie heeft invloed

De afgelopen jaren was er niet alleen vanuit de academische wereld aandacht voor dit snijvlak van kunstmatige intelligentie en duurzaamheid; dit gold evengoed voor investeerders. In 2021 – toen de technologiemarkt na de initiële 'coronaschok' een enorme groei liet zien – staken investeerders wereldwijd 25,2 miljard dollar in duurzame AI-startups, zo blijkt uit gegevens van dataverzamelaar Net Zero Insights. In 2022 liep dit bedrag terug naar 21,4 miljard dollar door rentestijgingen en een algeheel ongunstiger investeringsklimaat, en ook 2023 is niet immuun gebleken voor deze dynamieken. Op 1 december stond de teller op 18,5 miljard.

Investerings in duurzame AI-startups lopen terug na een piek in 2021

Hoeveelheid investeringen (in dollars) in duurzame AI-startups

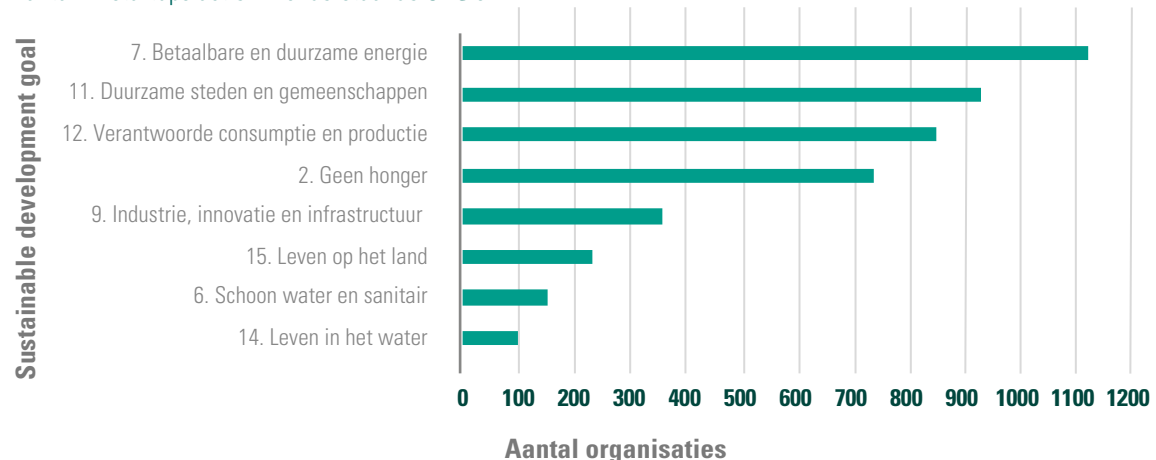


Janneke Niessen investeert met haar venture capital-firma CapitalIT in softwarestartups die een positieve bijdrage kunnen leveren aan de wereld. Zij ziet verschillende kansen voor AI ten behoeve van verduurzaming. “De eerste toepassing zit op het niveau van monitoren en voorspellen. We werken bijvoorbeeld met Vaayu, een softwarebedrijf dat retailers middels AI helpt hun emissies in kaart te brengen en vervolgens te verlagen.” Ook ziet Niessen heil in het verbeteren van bestaande systemen en processen. “Je kunt gebouwen energie-efficiënter laten werken door de beschikbare data te analyseren en op basis daarvan optimalisaties door te voeren. In datacenters kan AI bijvoorbeeld helpen het energiegebruik voor de koeling van servers terug te dringen.” Onder andere Google heeft dit principe succesvol toegepast in zijn datacenters, waar een volledig autonoom AI-systeem de koelingspanningen regisseert en dit heeft geleid tot dertig procent lager energiegebruik. Tot slot onderscheidt Niessen AI waarmee geheel nieuwe dingen bedacht kunnen worden, zoals alternatieve energiebronnen of -dragers.

Met 25 procent van de startups die werken aan ‘Betaalbare en schone energie’ (SDG 7), is een sterke nadruk op de energietransitie zichtbaar. Dicht daarachter, met ongeveer 21 procent van de bedrijven gericht op ‘Duurzame steden en gemeenschappen’ (SDG 11), wordt het belang van het bouwen aan klimaatbestendige en duurzame stedelijke leefomgevingen benadrukt. Daarnaast spelen ‘Verantwoorde consumptie en productie’ (SDG 12) en ‘Geen honger’ (SDG 2) een essentiële rol, met respectievelijk 19 procent en 16 procent van de startups die eraan bijdragen. Een bijdrage aan SDG 13, ‘Klimaatactie’, geldt overigens voor alle startups die in de gebruikte database van Net Zero Insights zijn opgenomen..

Naast klimaat richten de meeste duurzame AI-startups zich op de energietransitie

Aantal AI-startups actief in onderstaande SDG's



n = 3905. Alle bedrijven zijn ingedeeld onder SDG 13 (Klimaatactie). Bedrijven kunnen zijn gekoppeld aan meerdere SDG's.

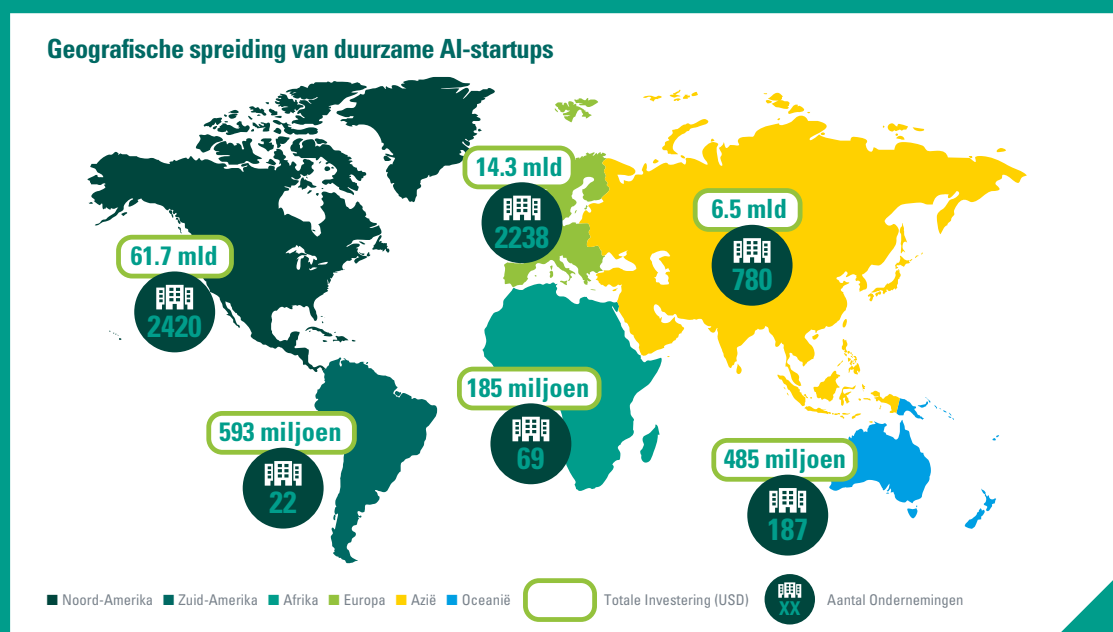
Niessen is er overigens niet van overtuigd dat de strijd kan worden gewonnen met enkel technologie. “Het begint allemaal bij gedragsverandering”, stelt zij. “Consumenten zijn de laatste jaren gewend geraakt aan goedkope en direct beschikbare spullen en diensten. Aan die houding moeten we ook wat doen, want de grootste remmende factor in de duurzaamheidstransitie is de mens.”



Kader B | Geografische spreiding van duurzame AI-startups

Europa blijkt een belangrijke kraamkamer voor duurzame AI-startups. Sinds 2018 is er 14,3 miljard dollar aan investeringen naartoe gevloeid. Binnen Europa verkregen Duitse startups de grootste hoeveelheid investeringen (4,94 miljard dollar), gevolgd door Franse bedrijven (3,09 miljard dollar) en bedrijven afkomstig uit het Verenigd Koninkrijk (2,59 miljard dollar). Andere Europese landen zoals Zweden, Denemarken, en Spanje dragen ook aanzienlijk bij.

Wereldwijd leidt Noord-Amerika met 61,7 miljard dollar aan ontvangen investeringen. Europa staat op de tweede plaats, en Azië volgt met 6,5 miljard dollar. In vergelijking hiermee zijn de investeringen in andere continenten zoals Oceanië, Zuid-Amerika en Afrika aanzienlijk lager.



De milieu-impact van AI

Zoals door diverse onderzoekers en andere experts wordt aangestipt, is voor de ontwikkeling en het gebruik van AI-modellen een hoop rekenkracht nodig. Die rekenkracht wordt geleverd door geavanceerde servers, die daarvoor de nodige elektriciteit verbruiken en – afhankelijk van de lokale elektriciteitsmix – dus ook uitstoot van broeikasgassen veroorzaken. In het geval van hoge buitentemperaturen kan daarnaast het voor koeling benodigde watergebruik flink toenemen. De productie van de servers zelf is ook energie-intensief en leunt daarnaast op schaarse grondstoffen waarvan de winning eveneens gepaard gaat met de nodige milieuschade.

De complexiteit van generatieve AI-modellen vertaalt zich naar een extra hoge milieu-impact. De precieze schattingen lopen uiteen, maar onderzoekers berekenden dat voor de training van GPT-3 – een van de voorgangers van de huidige modellen achter ChatGPT – ongeveer [1.287](#) megawattuur aan elektriciteit nodig was. Dit is evenveel als 460 Nederlandse huishoudens samen in een jaar verbruiken.³ De bijbehorende CO₂-uitstoot bedroeg 502 ton, wat gelijkstaat aan de jaaruitstoot van 251 Nederlandse benzineauto's.⁴ Het daaropvolgende gebruik van de modellen vergt nderaan de streep overigens nog veel meer energie; de honderden miljoenen vragen die dagelijks op ChatGPT worden afgevuurd vereisen per dag al zo'n 564 [megawattuur](#) aan elektriciteit.

³ Op basis van een gemiddeld jaarverbruik van 2800 kilowattuur per gezin [Nibud](#).

⁴ Op basis van een gemiddeld aantal kilometers van 9994 per jaar van een personenauto [\(Climate Neutral Group\)](#).



Hoewel ontwikkelaars ook steeds meer kijken naar 'slankere' en daarmee energiezuinigere AI-modellen, en ook de servers en datacenters steeds energie-efficiënter worden, moet de wereld rekening houden met een sterke stijging in elektriciteitsverbruik door generatieve AI. Large language models, beeldgenerators en andere generatieve AI-modellen zouden al in 2027 samen goed kunnen zijn voor eenzelfde elektriciteitsverbruik als dat van een klein land als Nederland: [85 tot 134 terawattuur](#).

Hoe de positieve milieueffecten van de technologie zich verhouden tot de negatieve milieueffecten is moeilijk vast te stellen. Omdat de IT-sector grotendeels leunt op elektriciteit, hangt een en ander bijvoorbeeld af van de snelheid waarmee elektriciteit wordt vergoed en of deze schone energie effectief kan worden ingezet. Zo is de productie van zonne- en windenergie onregelmatig en is dus opslag van deze energie essentieel om er 24 uur per dag de vruchten van te kunnen plukken. Ook is het belangrijk dat de levensduur van de servers zoveel mogelijk wordt gerekt, tot het moment dat vervanging door een nieuw, energie-efficiënter apparaat is gerechtvaardigd, en dat (deels) hergebruik ervan wordt aangemoedigd.



Net zoals elke digitale dienst – van mailen tot streamen – een bepaalde ecologische voetafdruk heeft, geldt dit dus ook voor generatieve AI. De nieuwe generatie AI-modellen vergen echter dusdanig veel energie, dat gebruikers er goed aan doen om een nog scherpere afweging te maken tussen de kosten en de baten ervan. Dat zal voor niet iedereen een logische stap zijn, omdat de milieukosten van IT-diensten die “ergens in een cloud” draaien toch verder weg lijken dan het directe energiegebruik van bijvoorbeeld een bedrijfspand, fabriek of wagenpark. Toch is het, met de groeiende beschikbaarheid van diensten gebaseerd op generatieve AI, goed voor bedrijven om te bepalen voor welk doel en in welke mate zij het gebruik van generatieve AI gerechtvaardigd achten.

In 2022 hield al bijna [de helft](#) (48 procent) van de bedrijven rekening met de impact op het milieu bij aanschaf van IT-diensten en -systemen. Deze recent ingezette opmars van 'groene IT', waarbij allerlei betrokkenen op hun eigen manier de ecologische voetafdruk van IT binnen de perken proberen te houden, krijgt hierdoor de broodnodige urgentie en een extra zet.



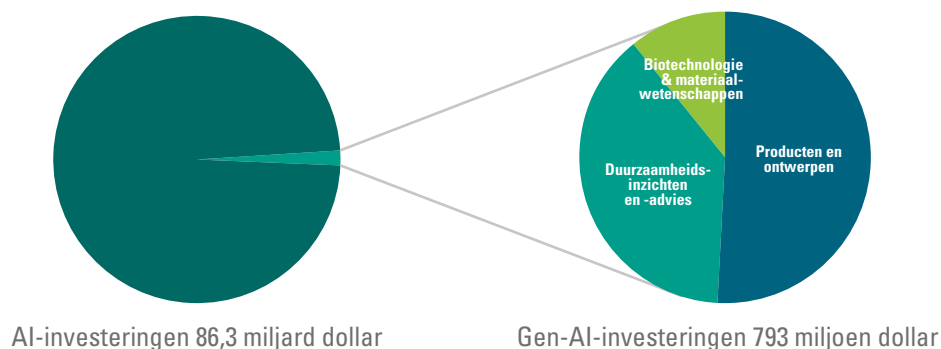


2. De duurzaamheidstoepassingen van generatieve AI

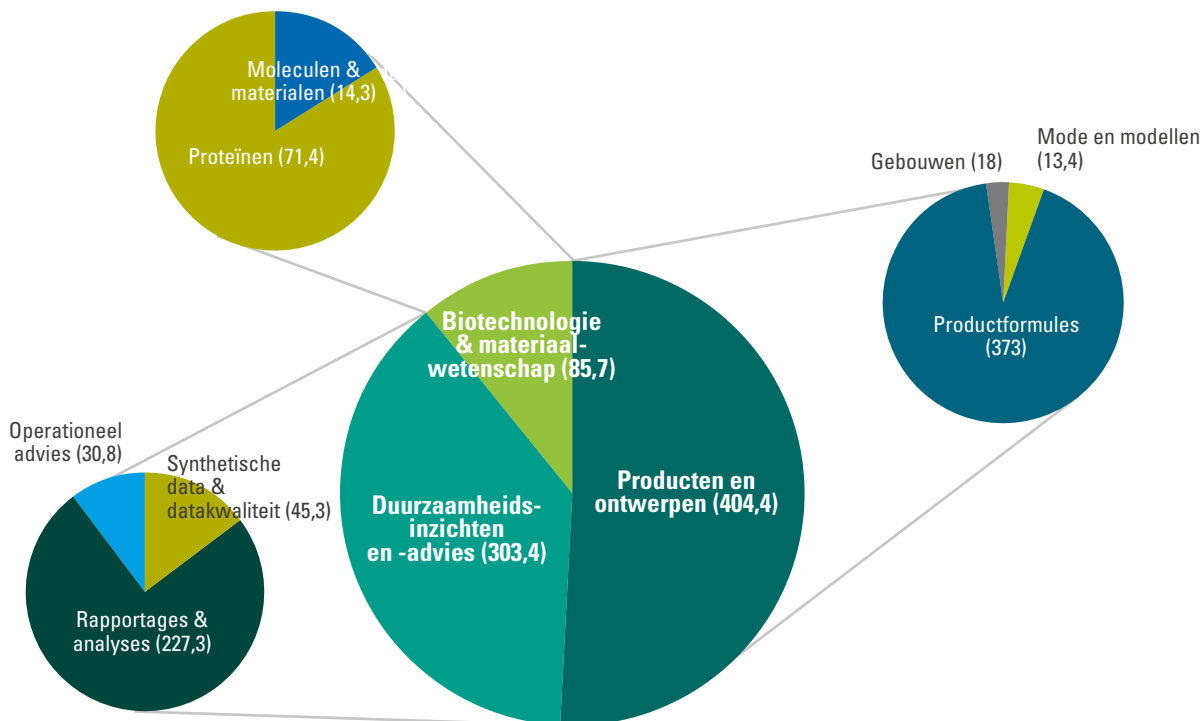
Sinds 2018 staken investeerders 793 miljoen dollar in startende bedrijven die generatieve AI toepassen in een duurzame dienst. Hoewel dit nog slechts een fractie is van de 86,3 miljard die in diezelfde periode naar alle duurzame AI-startups ging, zal de rol van generatieve AI in deze hoek de komende jaren hoogstwaarschijnlijk toenemen.

Het creërend vermogen van generatieve AI kan de transitie naar een duurzamere wereld op diverse manieren ondersteunen. Grofweg zijn er twee toepassingen: het toegankelijk en gemakkelijk toepasbaar maken van data en kennis over duurzaamheid, en het vormgeven van volledig nieuwe materialen, producten en ontwerpen.

De investeringen in generatieve AI-startups maken nog een klein deel uit van de totale investeringen in AI-startups
Startup-investeringen in de periode 2018-2023



Startup-investeringen per categorie, in miljoen dollars



In de hoofdcategorie 'Biotechnologie & materiaalwetenschap' zijn niet de bedrijven opgenomen die zich exclusief richten op de ontwikkeling van nieuwe medicijnen en therapieën.

Duurzaamheidsrapportages en -inzichten

Een helpende hand bij het analyseren van data is geen overbodige luxe nu wet- en regelgeving zoals de Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD) grote organisaties verplicht te rapporteren over onder andere hun klimaatimpact, klimaatrisico's en manieren waarop zij deze risico's mitigeren. Investeerdere, klanten en toezichhouders moeten op hun beurt chocola zien te maken van de bijbehorende hoeveelheid data. De afgelopen jaren zijn er dan ook tal van startups opgestaan die bedrijven helpen de broeikasgasemissies in zowel de eigen operatie als hun toeleveringsketens te berekenen en de bijbehorende inzichten in overzichtelijke dashboards in beeld brengen. Ook het inzichtelijk maken van mogelijke gevolgen van ontwikkelingen als klimaatverandering, biodiversiteitsverlies en extreme weersomstandigheden voor organisaties is een pad die menige startup en scale-up bewandelen.



Kader C | De hype rond generatieve AI

Generatieve AI in een stroomversnelling

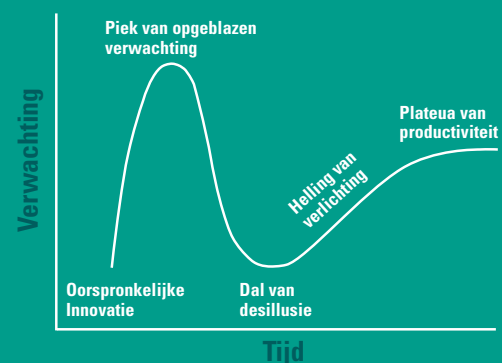
Generatieve AI bestaat al langer, maar werd bij plots bij het grote publiek bekend toen eind 2022 ChatGPT werd geïntroduceerd, een superslimme chatbot die een grote variëteit aan vragen kan beantwoorden. Het contrast met de tot dan toe bekende chatbots is groot; waar de meeste mensen het fenomeen vooral kenden van frustrerende gesprekken met virtuele klantenservicemedewerkers, heeft deze chatbot van OpenAI – dat miljardeninvesteringen ontving van Microsoft en inmiddels een beursgang voorbereidt tegen een waardering van 86 miljard dollar – ongekende souplesse. Het kan geschiedkundige gebeurtenissen duiden en natuurkundige vraagstukken bespreken, maar ook gedichten schrijven en recepten genereren. De basis van ChatGPT wordt gevormd door een zogenoemd 'large language model' (LLM), een AI-model dat is getraind op basis van enorme hoeveelheden tekst.

Sindsdien is er sprake van een aanhoudende stroom aan nieuwe taalmodellen, waaronder die van Google en Facebook-moederbedrijf Meta. Daarnaast zijn er ook allerlei beeld- en videogeneratoren in de markt gezet, waaronder DALL-E (ook van OpenAI), Stable Diffusion en Midjourney. Ook deze tools werken met tekst als input. Via een 'prompt', een geschreven instructie, kunnen gebruikers aan het model uitleggen wat zij precies willen maken.

Sommige generatieve AI-modellen worden beschikbaar gemaakt op een manier waarmee derden ze gemakkelijk in hun eigen diensten kunnen inbedden. Soms beperkt die beschikbaarheid zich enkel tot betaalde toegang tot de modeloutput en de daarvoor benodigde rekenkracht, soms gaat het volledig 'open source' en zijn ook de code en trainingsdata openbaar. Hiermee kunnen de modellen worden aangepast aan specifieke contexten. Dit heeft in korte tijd geleid tot een grote hoeveelheid startups en scale-ups die voortbouwen op elders ontwikkelde 'foundation models'.

Op zoek naar nuttige toepassingen temidden van de hype

Technologieconsultant Gartner plaatste generatieve AI recent op het hoogste punt van de zogenoemde 'hype cycle', wat betekent dat de verwachtingen nu op zijn hoogst zijn, maar de markt zich binnen afzienbare tijd zal realiseren dat de technologie niet alle beloftes zal waarmaken. Toch loont het om al in deze fase te kijken naar de diensten op basis van generatieve AI die inmiddels in de markt zijn gezet. Na het 'dal van desillusie' volgt namelijk de 'helling van verlichting', waarop de echt waardevolle casussen zich aftekenen.



Ook – of juist – te midden van de hype, zijn bedrijven alvast naarstig op zoek naar manieren om de technologie in de bedrijfsvoering te integreren. Niessen van venture capital-firma CapitalT ziet dit ook bij de bedrijven waarmee zij spreekt. "Iedereen is bezig met generatieve AI, maar men is nog wel zoekende: wat is een toepassing die echt waarde toevoegt?" Volgens Niessen is het voor ondernemers altijd de uitdaging om relevant te blijven. "Net als met de introductie van mobiel verwacht ik dat generatieve AI een grote impact zal hebben", stelt ze. "Bedrijven die niet meegaan in de veranderingen redden het waarschijnlijk niet."

Volgens een recente [survey](#) onder directieleden van grote bedrijven door consultant McKinsey, gebruikt een derde van de ondervraagden de technologie in ten minste één bedrijfsfunctie. De meeste waarde zien managers in onder andere marketing en sales – waar automatisch gepersonaliseerde klantcommunicatie en marketingmateriaal kunnen worden gegenereerd – en productontwikkeling.

De toepassing van generatieve AI is een logische uitbreiding van de dienstverlening van deze bedrijven; 'large language models' (LLM's) kunnen grote hoeveelheden informatie analyseren en daarover in normale mensentaal duiding geven. Hierin staken investeerders sinds 2018 zo'n 227 miljoen dollar, waarvan een flink bedrag naar [Persefoni](#) ging. Het Amerikaanse bedrijf ontwikkelt software waarmee bedrijven hun emissies kunnen meten en rapporteren, en lanceerde recentelijk *PersefoniGPT*; een intelligente assistent die complexe data in begrijpelijke taal duidt en proactief risico's en kansen in kaart brengt. De Duitse startup [Brüink](#) biedt een softwareoplossing waarmee organisaties gemakkelijk gestructureerde en ongestructureerde ESG-data kunnen omzetten naar rapportages.

Andere bedrijven helpen organisaties de gevolgen van veranderende weers- en klimaatomstandigheden voor hun bedrijfsvoering in kaart te brengen. Zo heeft [Tomorrow.io](#) Gale gelanceerd, een slimme chat-assistent die op basis van eigen satellietdata weersvoorspellingen geeft en de vertaalslag maakt naar mogelijk negatieve effecten van dat weer. [Sust Global](#) is een platform voor klimaatrisicoanalyse, dat generatieve AI inzet om de informatie zo concreet te maken dat bedrijven er gemakkelijk de juiste acties bij kunnen bepalen – "actionable business intelligence", zoals de startup het zelf noemt.

Concreet advies in de operatie

Generatieve AI kent overigens ook toepassingen in een meer operationele omgeving. Zo biedt [Bearing AI](#) niet alleen een dashboard waarmee scheepvaartbedrijven hun emissies in de gaten kunnen houden, maar heeft het ook een AI-model dat concrete operationele strategieën genereert om de vloot te helpen verduurzamen. De non-profitorganisatie Digital Green heeft een [chatbot](#) waarmee kleine boeren in ontwikkelingslanden gemakkelijk advies kunnen inwinnen in een omgeving die steeds meer invloed ondervindt van klimaatverandering en waterschaarste. De chatbot maakt gebruik van technologie van OpenAI en is specifiek getraind op callcenterlogs van eerdere adviesgesprekken met boeren, trainingsvideo's en feedback van de boeren zelf.



[Lexx Technologies](#) heeft een digitale assistent gebouwd voor technici in de luchtvaart, scheepvaart, industrie, en windenergiesector. Deze geeft interactief advies over reparaties en machine-instellingen, zodat materiaal en energie optimaal worden benut. [Vanti](#) maakt zich hard voor efficiëntere productieprocessen en minder afval in de industrie. In een chat-interface maakt het bedrijf data over onder andere de productie en mogelijke defecten gemakkelijk toegankelijk voor personeel, zodat problemen kunnen worden opgelost nog voordat er foutieve producten zijn geproduceerd en machines stil zijn komen te liggen.



Generatieve AI in de land- en tuinbouw: Op schaalbare wijze kennis delen

Jan de Ruyter, sector banker Agri: “Nu de wereldbevolking blijft groeien en de vraag naar voedsel toeneemt, is de behoefte aan duurzame en efficiënte landbouwpraktijken groter dan ooit. De sector beweegt naar een data-gestuurde aanpak, waarin gegevens via satellieten, drones weerstation en sensoren worden verzameld en geanalyseerd. Hierdoor kunnen agrarisch ondernemers beter geïnformeerde beslissingen te nemen over hun gewassen, zoals het beste moment om te zaaien, planten, bewateren, bemesten en oogsten. Dit precisieniveau maakt een doelgerichter en efficiënter gebruik van hulpbronnen mogelijk.



Generatieve AI kan helpen de informatie uit- en adviezen op basis van deze data in een gemakkelijk te begrijpen vorm te gieten, zoals een vraag- antwoordgesprek met een gespecialiseerde chatbot waarin bijvoorbeeld de meest duurzame strategieën voor een specifieke agrarisch ondernemer worden besproken. Zo'n 'virtuele adviseur' kan ook helpen kennis te delen over regeneratieve landbouw, een natuurlijke manier om de bodemkwaliteit en -biodiversiteit van landbouwgrond te verbeteren. Boeren die net de overstap hebben gemaakt naar regeneratieve landbouw worden nog wel eens verrast door de manier waarop hun grond zich gedraagt. Dan is het fijn als je heel laagdrempelig advies kunt inwinnen, en bovendien goed voor de opschaling van deze vorm van landbouw.

De huidige beweging naar 'groenere' bestrijdingsmiddelen zal ook profiteren van generatieve AI. De ontwikkeling van zulke middelen duurt lang, en vereisen uitgebreide tests voordat ze op de markt worden toegelaten. Als je eerder tot een selectie kunt komen van mogelijk geschikte stoffen, kan het proces flink worden versneld.”

Tip voor agrarisch ondernemers

“Ik zie veel innovatie in de land- en tuinbouw. Om mee te komen met die ontwikkelingen, moeten agrarisch ondernemers ervoor openstaan en bereid zijn snel te leren. Een data-gestuurde aanpak heeft overigens als bijkomend voordeel dat het niet alleen je eigen bedrijfsvoering kan verbeteren, maar ook kan helpen naar buiten toe transparant te maken wat je doet.”

Datakwaliteit verhogen en 'synthetische data' genereren

De beschikbaarheid en bruikbaarheid van data is overigens niet altijd een gegeven, maar wel dergelijk van belang voor solide rapportages om vat te krijgen op klimaatrisico's. Diverse bedrijven gebruiken daarom generatieve AI om data te verrijken, de kwaliteit ervan te verbeteren of datasets te koppelen. Ook zijn er partijen die gespecialiseerd zijn in 'synthetische data', zoals [RWI Synthetics](#). Het bedrijf maakt virtuele replica's van steden en biedt gebruikers de gelegenheid om de effecten van klimaatverandering of juist duurzaamheidsingrepen te verkennen. Hiervoor worden allerlei data gegenereerd die niets zeggen over daadwerkelijke bewoners, maar wel een perfecte afspiegeling vormen van de bevolkingsopbouw.

Het Oostenrijkse [Blackshark.ai](#) werkt zelfs aan een 'digital twin' van de volledige aarde, waarmee bijvoorbeeld ontbossing in de gaten kan worden gehouden, effecten van klimaatverandering kunnen worden voorspeld en precisielandbouw kan worden gefaciliteerd. De rol van generatieve AI zit in het completeren van de data die via satellieten, drones en sensoren is verzameld tot een realistische weergave van de werkelijkheid. Blackshark ontving het leeuwendeel – 35 miljoen – van de 45 miljoen dollar die in deze categorie werd geïnvesteerd.

Versneld nieuwe materialen ontwikkelen

Het creërend vermogen van generatieve AI kan echter nog op een veel fundamenteeler niveau worden toegepast: de ontwikkeling van nieuwe materialen. Dat is een complex vakgebied. Zo bepaalt de precieze moleculaire samenstelling van een materiaal de eigenschappen ervan – zoals hardheid, oplosbaarheid en ontvlambaarheid.



Via chemische reacties tussen atomen, de kleinst mogelijke deeltjes, kunnen geheel nieuwe moleculen worden gemaakt die aansluiten bij een bepaalde toepassing. Op het gebied van duurzaamheid zijn er dan ook talloze mogelijkheden, zoals materialen die kunnen worden afgebroken zonder giftige bijproducten, of materialen die gemakkelijk CO₂ aan zich kunnen binden.

Middels generatieve AI komt het ontdekkingsproces van dergelijke waardevolle innovaties in een stroomversnelling terecht. Het via 'trial-and-error' doorploegen van alle mogelijke combinaties van stoffen in een laboratorium is praktisch ondoenlijk, en ook een computersimulatie van diezelfde combinaties is een weinig efficiënte exercitie. "Maar door het toepassen van generatieve AI keren we het proces om", zegt Bernd Ensing. Als assistent-professor Computatieve Scheikunde aan de Universiteit van Amsterdam ontwikkelt hij algoritmes en software die helpen om eigenschappen van moleculen en reacties tussen atomen te begrijpen. "Je begint simpelweg met de gewenste eigenschappen waarna nieuwe kansrijke moleculen door het model worden gepresenteerd. Voorheen wist je voornamelijk wat er niet goed werkte, en dan was het een kwestie van eindeloos proberen in het lab."

Generatieve AI in de sector Industrie: De kansen van nieuwe materialen vertalen naar de praktijk

David Kemps, sector banker Industrie: "Kunstmatige intelligentie in bredere zin is al doorgedrongen in de sector, waar momenteel de meeste aandacht is voor 'predictief onderhoud'. Dit voorkomt stilstand van machines doordat op basis van allerlei data wordt bepaald wanneer bijvoorbeeld een servicebeurt moet worden ingepland of wanneer alvast reserveonderdelen verstuurd moeten worden. Andere AI-gestuurde toepassingen zijn kwaliteitscontrole tijdens het maakproces en optimalisatie van machine-instellingen. Dit alles zorgt voor beter draaiende machines en optimaal gebruik van energie en grondstoffen."



Generatieve AI gaat op een ander niveau waarde toevoegen. Er zullen een hele hoop nieuwe materiaalrecepturen beschikbaar komen, elk met andere eigenschappen en mogelijke duurzaamheidsvoordelen. Denk bijvoorbeeld aan nieuwe metaallegeringen, kunststofmixen of composietmaterialen die een minder energie-intensief productieproces kennen of meer biologische bestanddelen hebben.

Ik ken nu al voorbeelden van industriële bedrijven die een database van materialen hebben, en vanuit hun rol als toeleverancier ook advies geven over het te gebruiken materiaal voor een specifiek product. De behoefte aan een dergelijke adviesfunctie zal door generatieve AI waarschijnlijk groter worden."

Tip voor ondernemers in de maakindustrie

"Hoewel de maakindustrie vooral een afnemer zal zijn van deze nieuwe materialen, is het belangrijk dat ondernemers voorsorteren op deze ontwikkelingen. Zo doen instituten als TNO onderzoek op het gebied van nieuwe materialen, maar het is aan de industrie om er slimme toepassingen voor te vinden. Zo vormen zij een link naar de bredere markt en kunnen ze innovaties in de praktijk brengen."

Een ambitieuze partij in de hoek van materiaalcreatie is Orbital Materials. Het Britse bedrijf werkt sinds zijn oprichting in 2022 aan een model speciaal voor het ontwerpen van materialen die duurzaamheid en gezondheid moeten bevorderen, waaronder duurzame brandstoffen voor vliegtuigen en filters die water zuiveren van specifieke gifstoffen. Vanuit de ontwerpfase maakt Orbital Materials tevens de stap naar daadwerkelijke productontwikkeling; het eerst geplande product is een apparaat dat CO₂ uit de lucht absorbeert, een innovatie die volgens Ensing



extra relevant is nu naar nuttige toepassingen van het broeikasgas wordt gezocht. “Denk bijvoorbeeld aan het verstevigen van beton en het creëren van polymeren voor de productie van frisdrankflessen.” In de verdere toekomst ziet het bedrijf [mogelijkheden](#) in het ontwerp van lichtgewicht metalen voor auto's en materialen die de mogelijkheden van 3D-printen nog verder kunnen uitbreiden.

Volgens [Gartner](#) zal al in 2025 meer dan 30 procent van de nieuwe materialen worden ontdekt door generatieve AI. Toch is het aantal startups dat hiermee aan de slag is voorlopig beperkt; Orbital Materials weet zich omringd door de Amerikaanse bedrijven Multiscale Technologies en Aionics. Die laatste legt zich exclusief toe op het ontwerp van nieuwe stoffen voor in batterijen. Samen haalden zij een bedrag van 14,7 miljoen dollar op.

Proteïnen voor milieuvriendelijke productieprocessen en stoffen

Meer aandacht vanuit investeerders is er voor bedrijven die volledig nieuwe proteïnen – ook wel bekend als eiwitten – ontwerpen. Deze kunnen worden gemanipuleerd om specifieke functies uit te voeren, zoals plastic afbreken, verontreiniging uit water verwijderen en gewassen helpen wapenen tegen bepaalde ziekten. Het Nederlandse [Cradle](#) automatiseert een deel van het onderzoek middels een machine learning-model dat zich op basis van een grote dataset de verbanden tussen specifieke eiwitstructuren en hun functies heeft eigengemaakt. Vanuit deze kennis en aan de hand van instructies over de gewenste functies kan het model virtueel nieuwe proteïnen genereren, waarna de daadwerkelijk gemanipuleerde proteïnen in het laboratorium kunnen worden getoetst op effectiviteit voor het beoogde doel.



Cradle stuwt hiermee de ontwikkelingen op het gebied van ‘biomanufacturing’, waarbij biologische processen worden ingezet voor de productie van bijvoorbeeld voedsel, brandstoffen, medicijnen en textiel. Zo kunnen schimmels melk produceren zonder dat daar een koe aan te pas komt, en kunnen microben nuttige chemische stoffen maken van alternatieve, non-fossiele grondstoffen. Speciaal ontworpen proteïnen fungeren in deze organismen als de ‘fabriek’. [McKinsey](#) schat dat op deze manier zo’n 60 procent van de materialen geproduceerd kunnen worden.

Het Delftse bedrijf ontving in november 2023 een investering van 24 miljoen dollar. Met een totaal opgehaald bedrag van 30 miljoen dollar overstijgt het qua investeringen soortgelijke bedrijven als Profluent uit de Verenigde Staten en Biomatter uit Litouwen. Investeerders staken sinds 2018 zo’n 71 miljoen dollar in deze niche.

Ontwikkeling van duurzame voedingsmiddelen

Door de groeiende wereldbevolking en toenemende welvaart groeit de mondiale consumptie van dierlijke eiwitten met circa 1 procent per jaar. Vanwege de milieu-impact van zuivel en vlees is het belangrijk om de productiemethode van deze producten te verduurzamen. Ook de overgang naar een meer plantaardig dieet is een manier om de uitstoot van broeikasgassen en watergebruik naar beneden te brengen. Alternatieven voor vlees en zuivel zijn dus nodig en liggen al vele jaren in de schappen, maar een kritische massa met fundamenteel ander dieet is voornamelijk nog niet ontstaan. Het creërend vermogen van generatieve AI wordt al ingezet voor de ontwikkeling van gezonde nieuwe voedingswaren en recepten, die mogelijk de twijfelende consument blijvend over de streep trekken.

Generatieve AI in de sector Food: in de kinderschoenen, maar potentieel interessant voor duurzame productontwikkeling

Rob Morren, sector banker Food: “Het gebruik van AI komt binnen de vaak traditionele foodproductiebedrijven langzaam in een stroomversnelling. Bewegredenen achter de inzet van deze technologie zijn onder andere een kortere ‘time-to-market’ van producten, efficiënter werken met borging van voorspelbare kwaliteit, en een dieper begrip krijgen van consumentenvoorkeuren. Grote multinationals lopen voorop. Zo experimenteert Unilever met AI voor een betere temperatuurbeheersing in de vriezers waar de ijsjesvoorraden worden opgeslagen. De technologie helpt om de temperatuur steeds op een punt te houden waar de kwaliteit van het ijs behouden blijft, en tegelijkertijd op elektriciteit wordt bespaard. AI biedt hier dus ook duidelijke duurzaamheidswinst.



Generatieve AI staat nog in de kinderschoenen, maar het is duidelijk dat er allerlei kansen liggen op het gebied van productontwikkeling. Het helpt ontwikkelaars om zich razendsnel een weg te vinden in tienduizenden ingrediënten, nieuwe smaakcombinaties te ontdekken en specifieke smaken te creëren. Daarmee verhoogt het de snelheid waarmee producten op de markt worden gebracht. Bestaande producten kunnen ook worden geoptimaliseerd door ingrediënten te vervangen door andere, duurzamere ingrediënten zonder dat de smaak en ‘bite’ van een product merkbaar verandert.”

Tip voor ondernemers in de voedingsmiddelenindustrie

“Om aan de slag te gaan met technologieën als generatieve AI is het belangrijk dat voedingsmiddelenproducenten starten met een duidelijke onderzoeksvraag en strategische doelen die ze ermee willen behalen. Denk bijvoorbeeld aan het duurzamer, sneller, lekkerder, goedkoper, en robuuster maken van producten en processen. Vervolgens is het de kunst om de juiste technologiepartners te vinden. De ontwikkeling en inzet van generatieve AI vereist specialistische kennis en is lastig zelf op te schalen. Een sterke partner is daarom essentieel.”

Onder het mom van “AI-based, plant-powered deliciousness” heeft het Chileense [NotCo](#) onder andere vervangers voor kip, melk en burgers ontwikkeld. Aan deze innovaties ligt hun zelfontwikkelde AI-platform genaamd Giuseppe ten grondslag, dat – met een dierlijk product als uitgangspunt – een combinatie van plantaardige ingrediënten kan suggereren om eenzelfde soort smaak en structuur te bereiken. Zo stelde het ananas en kool voor om te gebruiken in een formule die echte melk moet benaderen – ingrediënten die uiteindelijk daadwerkelijk zijn toegepast in hun product *NotMilk*. NotCo haalde eind 2022 een bedrag van 70 miljoen dollar op bij investeerders om Giuseppe ook direct beschikbaar te maken voor andere bedrijven.

Het Belgische [Foodpairing](#) heeft al een dergelijke propositie in de markt gezet, hoewel het zich niet exclusief toelegt op de creatie van overtuigende vlees- en zuivelvervangers. Het bedrijf gelooft dat generatieve AI een katalysator is voor “grensverleggende innovaties” in de voedingsmiddelenindustrie, iets wat zij zelf ambiëren te bereiken via hun smaken-, ingrediënten- en receptendatabase en de AI-modellen die op basis van die data zijn ontwikkeld. Het resultaat is onder andere een model dat niet alleen in staat is om smaakcombinaties te suggereren voor bijvoorbeeld nieuwe veganistische producten, maar ook de aankoopintentie van consumenten te voorspellen.

Het handvol startende bedrijven dat generatieve AI toepast voor de ontwikkeling van nieuwe voedingsmiddelen trok tussen 2018 en 2023 zo’n 372 miljoen dollar aan investeringen aan, voornamelijk gedreven door de grote bedragen die NotCo ontving. Ook hier ligt het voor de hand dat steeds meer partijen in de voedselproductontwikkeling hun datagedreven dienstverlening uitbreiden met creërende AI-modellen.

Voor het Singaporese [Ai Palette](#) was het in ieder geval een logische stap; het bedrijf richtte zich aanvankelijk op het identificeren van opkomende food-trends op basis van data, maar geeft zijn klanten nu ook de mogelijkheid om op basis van die trends nieuwe voedsel- en drankconcepten te ontwikkelen.



Gepersonaliseerde kleding en accessoires

Massaproductie is in de mode-industrie vooralsnog de status quo; het aanbod aan kleding overstijgt de marktvrage sterk, waardoor [30 procent](#) van de nieuwe kledingstukken onverkocht op de storthoop belandt. Het cijfer is des te schokkender gezien het feit dat de productie van kleding wereldwijd verantwoordelijk is voor 10 procent van de broeikasgasemissies en een sterk nadelige invloed heeft op de biodiversiteit vanwege het gebruik van schadelijke stoffen.

Los van innovaties op het gebied van duurzame materialen kan generatieve AI de ecologische voetafdruk van de mode-industrie ook op andere manieren helpen verkleinen. Zo zijn er diverse startups die de technologie inzetten om een betere aansluiting bij de markt te vinden en zo de hoeveelheid onverkochte kledingstukken te voorkomen, zoals het Portugese [Fashable](#) en [Designovel](#) uit Korea. [Yona](#) heeft een AI-model ontwikkeld dat kledingontwerpen genereert en daarbij ook kennis over consumentenvoorkeuren toepast. De Duitse startup ontwikkelt tevens technologie om de ontwerpen om te zetten naar driedimensionale modellen zodat het ontwerpproces met minder fysieke prototypes toekan.

De Nederlandse startup [Lalaland AI](#) heeft zich juist gespecialiseerd in AI-gegenereerde fashionmodellen. Omdat de modellen levensecht lijken en de onderliggende software vele soorten lichaamstypes kan genereren, kan de ontwerper op voorhand gemakkelijker zien hoe de kledingdesigns er in verschillende maten uit moeten zien. Dit verkleint het aantal 'samples' dat nodig is om tot een optimaal design te komen en vergroot de kans dat de kleding – eenmaal op de markt – aansluit bij verschillende lichaamstypes.

Dergelijke diensten zijn vooralsnog bedoeld als ondersteuning voor ontwerpers, en niet direct voor consumenten. Samen haalden deze categorie bedrijven sinds 2018 ongeveer 13 miljoen dollar op. Uiteindelijk zal generatieve AI de deur openzetten naar een nieuw paradigma waarin consumenten op basis van hun voorkeuren – zoals exacte maten, persoonlijke stijl en behoeften op het gebied van comfort – volledig gepersonaliseerde producten kunnen laten creëren.

Generatieve AI in de mode: Van 'fast fashion' naar 'slow fashion' en 'flow fashion'

Henk Hofstede, sector banker Retail: "Uit ons laatste onderzoek blijkt dat de helft van de retailers al AI toepast, vooral om kosten te besparen, efficiënter te werk te gaan en klanten persoonlijker te kunnen benaderen. Ze gebruiken het bijvoorbeeld om koopgedrag te voorspellen en persoonlijke aanbevelingen en aanbiedingen aan hun klanten te doen. Ook chatbots en virtuele assistenten worden toegepast om sneller en efficiënter met klanten te kunnen communiceren."



Generatieve AI kan de overgang van 'fast fashion' naar 'slow fashion' helpen bewerkstelligen, voornamelijk vanuit de ontwerpfasen. Veel mode wordt nu vooral gemaakt om een grote markt snel te bedienen, waarbij langdurig gebruik van het kledingstuk niet per se voorop staat. Personalisatie van kleding en accessoires kan ervoor zorgen dat mensen langer gehecht blijven aan het product. Ik zie ook grote potentie in generatieve AI voor het creëren van nieuwe materialen met bepaalde duurzaamheidseigenschappen, zoals slijtvastheid, zodat de producten langer meegaan. Daar zit de grootste impact.

Ook belangrijk is dat een kledingstuk of accessoire aan het einde van zijn levensduur kan worden hergebruikt of gerecycled tot nieuwe grondstof. Dat noem ik 'flow fashion'. Bij het materiaalontwerp kan hiermee al rekening worden gehouden, zoals afbreekbaarheid of recyclebaarheid. Middels generatieve AI kunnen dit soort vereisten, samen met functionele en esthetische randvoorwaarden, worden gecombineerd tot een optimaal duurzaam materiaal. Deze AI-toepassingen zijn uiteraard ook te gebruiken bij het ontwerp van andere non-food producten zoals meubilair, elektrische apparaten en voertuigen zoals fietsen en auto's."

Tip voor ondernemers in de retail- en fashion-sector:

"Er is geen ontkomen aan dit soort technologische ontwikkelingen. Verdiep je vooral in de innovaties die op de markt komen, ook als een bredere acceptatie ervan nog ver weg lijkt. Het is verstandig om een partner in de hand te nemen die op het gebied van digitale innovaties verder is. Uit ons onderzoek kwam namelijk naar voren dat een gebrek aan kennis in de eigen organisatie de grootste barrière vormt om actief aan de slag te gaan met AI. Het werven van personeel met de juiste vaardigheden is een uitdaging, zeker voor minder grote partijen."



Het ontwerpproces van gebouwen optimaliseren

Gebouwen zijn verantwoordelijk voor zo'n 40 procent van de broeikasgasemissies, waarvan 27 procentpunt veroorzaakt door energiegebruik. Daarom loont het om – naast functionele eisen zoals inval van daglicht en minimum vloeroppervlak per appartement – de ontwerpen op energiezuinigheid te optimaliseren. Ook zorgen fouten tijdens het ontwerpproces voor extra werk tijdens de bouwphase – iets wat resulteert in een hoop onnodig materiaalgebruik en afval. Geschat wordt dat hierdoor wel [30 procent](#) van de nieuwe bouwmaterialen wordt weggegooid.

Hoewel de belofte van generatieve AI ook in de wereld van projectontwikkeling rondzingt, is het vooralsnog 'generatief ontwerp' dat in deze markt de meeste aandacht krijgt. In tegenstelling tot generatieve AI is er bij generatief ontwerp geen sprake van een model dat wordt getraind op grote hoeveelheden voorbeelden. In plaats daarvan gaat een algoritme binnen vooraf gedefinieerde kaders aan de slag, zoals de wettelijke minimumhoogte van een verdieping, de maximaal gewenste hoeveelheid omgevingsgeluid en vastgelegde CO₂-beperkingen van een bouwproject. Op basis van die vereisten worden vervolgens honderden of wel duizenden gebouwontwerpen gegenereerd.

Het Nederlandse softwarebedrijf OMRT houdt vooralsnog vast aan deze methode. "Strakke kaders zijn in ons vakgebied ontzettend belangrijk", vertelt CEO Jasper Spiegeler. "Zo weet je dat wat je genereert, ook mag en kan. Fouten zorgen alleen maar voor vertraging in de projectontwikkeling." Wel kan hij zich voorstellen dat generatieve AI "als een laag om vooraf gedefinieerde parameters heen" kan worden gebouwd, om de creativiteit te stimuleren binnen de praktische en wettelijke kaders. Spiegeler ziet tevens heil in generatieve AI voor het optimaal inrichten van stedelijke gebieden, of het creatief inpassen van gebouwen in de bestaande omgeving.

[Augmenta](#) past wel al generatieve AI toe. Het bedrijf werkt aan een cloudplatform dat een steeds breder scala aan ontwerpfuncties moet ondersteunen. Een AI-model dat automatisch een plan genereert voor de aanleg van de elektrische leidingen is nu beschikbaar voor een beperkt aantal eerste gebruikers en zal in de toekomst worden vergezeld door generatieve modellen gespecialiseerd in leidingenwerk, mechanische installaties en volledige gebouwstructuren. Een uitdaging is de beperkte beschikbaarheid van data om de AI-modellen mee te trainen. Daarom heeft Augmenta zelf een dataset gecreëerd met ontwerpen van niet-bestaande gebouwen, die onder andere zijn gegenereerd op basis van vereisten vanuit wet- en regelgeving.

Jonge ondernemingen actief in deze hoek hebben sinds 2018 zo'n 18 miljoen dollar opgehaald bij investeerders. Dat is nog bescheiden, maar het ligt voor de hand dat generatieve AI in steeds grotere mate zal worden toegevoegd aan de huidige ontwerpprocessen.



Generatieve AI in de bouw: Generatief design is de eerste stap, generatieve AI de volgende

Leontien de Waal, sector banker Bouw: “In de sector wordt AI op allerlei manieren toegepast. Zo kan het helpen om voorraadproblemen vroegtijdig te signaleren, en automatische checks te doen op bijvoorbeeld de stevigheid van bepaalde bevestigingen. In de praktijk zie je zelfs drones rondvliegen om beeldmateriaal te verzamelen boven daken of onder bruggen, waarna slimme software uitspraken kan doen over de noodzaak tot onderhoud of vervanging van onderdelen.



Ook generatief design dringt steeds verder door; een waardevolle tool waarmee energiezuinige gebouwen en onderdelen kunnen worden ontworpen. Diverse gevestigde partijen werken er al mee, waaronder architecten, bouwbedrijven en zelfs timmerfabrieken. Ik geloof dat generatieve AI de weg vrijmaakt naar nog meer innovatie en creativiteit. Waarmee zou een AI-model bijvoorbeeld komen als je het vraagt een gebouw te ontwerpen dat ook nog functioneel is als een gebied onder water komt te staan? Mogelijk leidt het ook tot slim ontworpen onderdelen die gemakkelijk kunnen worden gedemonteerd bij de sloop van een gebouw, dat draagt bij aan de circulariteit.

Ik zie daarnaast veel potentie in alle nieuwe constructiematerialen die met de technologie versneld kunnen worden ontdekt, zoals betonalternatieven waarvan de productie minder energie-intensief is. ‘Bio-based’ bouwen is ook een trend, waarbij organische materialen als vervanging dienen van traditionele, milieubelastende materialen.”

Tip voor ondernemers in de bouw:

“Wil je als ondernemer op dergelijke trends kunnen inspringen, dan moeten ze allereerst de digitale geletterdheid van hun medewerkers stimuleren. Zelfs de echte ‘techfiguren’ binnen een bedrijf zijn soms huiverig om “weer een nieuwe software-applicatie” uit te proberen. Probeer de blik van al je werknemers open te houden.”

Handvatten voor ondernemers

Neem heldere bedrijfsdoelstellingen als startpunt

Een heldere bedrijfsdoelstelling – of een concreet probleem dat daaraan ten grondslag ligt – vormt het meest geschikte startpunt voor een innovatietraject. Dit geldt ook voor bedrijven die de toegevoegde waarde van generatieve AI willen verkennen. De potentiële voordelen zijn breed, waaronder de duurzaamheidscases die in dit rapport zijn toegelicht. De technologie kan ook op andere vlakken waarde toevoegen, zoals efficiëntie van processen, het verbeteren van de service naar klanten, werknemerstevredenheid of het creëren van nieuwe bedrijfsmodellen.

Begin met ondersteunende toepassingen

Hoewel de resultaten van generatieve AI indrukwekkend kunnen zijn, is het aan te raden om te starten met zogenaamde ‘augmentation-toepassingen’. Dit zijn toepassingen waarin de gebruiker wordt ondersteund door AI, maar het AI-systeem niet volledig autonoom te werk gaat. Generatieve AI-modellen kunnen namelijk onjuistheden produceren – ook wel ‘hallucinaties’ genoemd – of een incompleet beeld geven, en een menselijke blik om de kwaliteit van de output te beoordelen is belangrijk.

Investeer in opleidingen

Generatieve AI is anders dan ‘traditionele’ AI omdat gebruikers er heel gemakkelijk en direct mee kunnen interacteren. Via eenvoudige tekstinstructies kan de gebruiker aangeven wat deze wil. Om goed en verantwoord met deze generatieve AI-programma’s om te kunnen gaan, is het belangrijk dat medewerkers van de juiste opleidingen worden voorzien. Wat kan het bijvoorbeeld wel en niet, en wat zijn de bijbehorende kansen en risico’s?

Geef aandacht aan privacy en compliance

Wet- en regelgeving die zich specifiek richt op kunstmatige intelligentie is nog volop in ontwikkeling. Toch zijn de contouren van onder andere de Europese AI Act duidelijk: bedrijven die de technologie ontwikkelen en toepassen, moeten de risico’s van deze AI-toepassingen inzichtelijk hebben en de nodige processen hebben om die risico’s te beheersen. Ook transparantie over het gebruik van AI en de onderliggende data is belangrijk, iets wat de Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG) al voorschrijft bij persoonsgegevens. Het is verstandig om aan deze thema’s al direct bij de ontwikkeling of in gesprekken met een technologieleverancier aandacht te schenken.

Neem de ‘groenheid’ van oplossingen mee

Generatieve AI-toepassingen kennen een relatief grote milieuoetadruk. Dat is geen reden voor bedrijven om ze per definitie te weren, maar kan wel aanleiding vormen om te bepalen voor welke doeleinden de energie-intensieve technologieën wel of niet gerechtvaardigd zijn. De ‘groenheid’ van een oplossing kan tevens onderwerp van gesprek zijn met technologieleveranciers; wat doen zij bijvoorbeeld om de negatieve gevolgen van hun software voor het milieu te minimaliseren? In onder andere de [Nationale Coalitie Duurzame Digitalisering](#), een publiek-private samenwerking, wordt over zulke onderwerpen kennis opgebouwd en uitgewisseld.

Werk samen met kennispartners

In de academische wereld wordt veel geïnvesteerd in onderzoek en ontwikkeling van nieuwe AI-toepassingen. Omdat zulke innovaties het bedrijfsleven niet altijd even gemakkelijk bereiken, worden er steeds meer samenwerkingen opgezet om de afstand tussen onderzoek en praktijk te verkleinen. Een voorbeeld op het snijvlak van AI en duurzaamheid is [AI for Sustainable Molecules and Materials](#), een initiatief vanuit de Universiteit van Amsterdam. Zulke initiatieven en partnerschappen kunnen bedrijven verder helpen in hun visievorming en innovatie bevorderen. Ook gespecialiseerde technologieconsultants kunnen van toegevoegde waarde zijn.



Colofon

Scope

De financieringsdata over startups, scale-ups en mkb-bedrijven in dit rapport zijn verzorgd door dataprovider [Net Zero Insights](#). De analyse omvat equityfinancieringen, 'venture debt', subsidies en andere vormen van investeringen. Uitgesloten zijn exits, IPO's, SPAC's en post-exit financieringsrondes.

De data beslaan de periode van 2018 tot en met 1 december 2023 en hebben een wereldwijde scope. Compleetheid kan echter niet worden gegarandeerd.

Belangrijk

De in dit rapport genoemde bedrijven dienen ter illustratie van de verschillende duurzaamheidstoepassingen van generatieve AI. ABN AMRO heeft de dienstverlening van deze bedrijven niet beoordeeld op kwaliteit.

Auteurs

Julia Krauwer, sector banker Technologie, Media & Telecom (TMT)

julia.krauwer@nl.abnamro.com

Cas Bogaard, analist



Met dank aan:

Bernd Ensing, Universiteit van Amsterdam

Janneke Niessen, CapitalT

Jasper Spiegeler, OMRT

Lennart Bootsman, head of AI ABN AMRO

Henk Hofstede, sector banker Retail ABN AMRO

David Kemps, sector banker Industrie ABN AMRO

Rob Morren, sector banker Food ABN AMRO

Jan de Ruyter, sector banker Agri ABN AMRO

Leontien de Waal, sector banker Bouw ABN AMRO

Data

Net Zero Insights

Eindredactie

Bendert Zevenbergen

Illustraties en opmaak

Kollerie Reklame-advies & Promotions

Fotoverantwoording

shutterstock.com

