

TNO2024 R10662 – 4 april 2024

Generatieve AI in de Nederlandse zorg

Auteurs	R.M. van Stokkum J. Bouwman R.J.M. Kamstra
Rubricering verslag	TNO Public
Titel	TNO Public
Verslagtekst	TNO Public
Aantal pagina's	35
Aantal bijlagen	0
Opdrachtgever	Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport

Alle rechten voorbehouden

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

© 2024 TNO

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
1 Management samenvatting	3
2 Inleiding	4
2.1 Achtergrond en doelstelling van het rapport	4
2.2 Wat is Generatieve AI?	4
3 Huidige staat van AI in de gezondheidszorg	7
3.1 Overzicht van bestaande, 'klassieke' AI-toepassingen	7
3.2 Impact en resultaten tot nu toe van GAI	7
3.3 Landschap en ecosysteem	8
4 (Potentiële) Toepassingen van Generatieve AI	9
4.1 Automatisering van administratieve taken	9
4.1.1 Patiëntvragen beantwoorden met LLMs	9
4.1.2 Patiënt-dossiers samenvatten	10
4.1.3 Amerikaanse techbedrijven	11
4.2 Diagnose en behandelplanning	11
4.3 Geneesmiddelenontwikkeling	12
4.4 Gepersonaliseerde geneeskunde	13
4.5 Analyse van epidemiologische gegevens	13
4.6 Virtuele gezondheidsassistenten en telemedicines	13
4.7 Voorspellende analyse	14
4.8 Synthetische data	14
4.9 Training en simulatie	14
5 Uitdagingen en belemmeringen	15
5.1 Hallucinaties en misleidende uitkomsten	15
5.2 Trainingsdata	16
5.2.1 Synthetische data	16
5.3 (Medische) ethiek en privacy	17
5.4 Technologische en operationele uitdagingen	18
6 Regelgeving en Beleid	20
6.1 AI act, waar relevant voor GAI	20
6.2 GDPR, UAVG in NL	20
6.3 MDR	21
7 Conclusie en aanbevelingen	22
7.1 Huidige Impact en potentie van Generatieve AI	22
7.2 Risico's	24
7.3 Aanbevelingen	25
7.4 Visie op de toekomst	27
8 Ondertekening	28
9 Bijlagen	29
9.1 Bijlage 1: Afkortingen en definitielijst	29
9.2 Bijlage 2: Zoektermen tabel voor doorzoeken bronnen	31
9.3 Bijlage 3: Interview schema en vragen	34

1 Management samenvatting

Inleiding

Generatieve Kunstmatige Intelligentie (GAI) heeft recentelijk significante ontwikkelingen doorgemaakt, wat leidt tot een groeiende interesse in de toepassingen binnen de gezondheidszorg. Het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) heeft TNO de opdracht gegeven de potentie van GAI binnen de gezondheidszorg te verkennen. Dit rapport biedt een overzicht van de kansen, uitdagingen, en risico's die GAI met zich meebrengt voor de Nederlandse gezondheidszorg.

Huidige staat en potentie van GAI

Hoewel de huidige implementatie van GAI in de Nederlandse gezondheidszorg beperkt is, toont de inventarisatie in dit rapport aan dat er aanzienlijke potentie is, met name op het gebied van administratieve automatisering, diagnose en behandelplanning. Echter, uitdagingen zoals de afhankelijkheid van grote technologiebedrijven, ethische en privacyoverwegingen en operationele implementatiehindernissen staan mogelijk in de weg van de volledige benutting van het potentieel van GAI.

Risico's en aanbevelingen

Risico's variëren van technische onnauwkeurigheden (hallucinaties) tot ethische en privacy bezwaren. Het rapport benadrukt het belang van menselijk toezicht in medische context om de integriteit en veiligheid van zorgprocessen te waarborgen. Aanbevolen wordt benchmarks voor GAI-toepassingen te ontwikkelen, samenwerking te bevorderen, en het bewustzijn en de opleiding van zorgprofessionals te vergroten zodat de integratie van GAI waar relevant voor de zorg mogelijk wordt.

Visie op de toekomst

De toekomstige ontwikkeling van GAI biedt kansen voor de Nederlandse zorgsector om zorgtoegankelijkheid, -betaalbaarheid, en -kwaliteit te verbeteren/ behouden. Tegelijkertijd onderstreept het rapport de noodzaak belangrijke Nederlandse waarden in het gebruik van GAI te waarborgen en pleit het voor investeringen in lokale AI-innovaties om afhankelijkheid van buitenlandse partijen te verminderen. Dit rapport benoemt het belang van een evenwichtige implementatie van GAI in de gezondheidszorg, waarbij zowel de potentie als de risico's worden erkend en meegenomen.

2 Inleiding

2.1 Achtergrond en doelstelling van het rapport

Generatieve kunstmatige intelligentie (GAI) heeft de laatste jaren een snelle ontwikkeling doorgemaakt. In het kader hiervan heeft het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS) aan de Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO) de opdracht verstrekt de mogelijke toepassingen van GAI in de gezondheidszorg te identificeren en te analyseren, alsmede de factoren die de succesvolle implementatie van dergelijke technologieën beïnvloeden. Het is van belang inzicht te verkrijgen in de factoren die bijdragen aan de effectieve integratie van GAI binnen de medische praktijk.

Het voorliggende rapport omvat een eerste inventarisatie van de kansen, uitdagingen en risico's gerelateerd aan de implementatie van GAI in de Nederlandse gezondheidszorg. Het eerste hoofdstuk bevat een uiteenzetting van de werking van GAI en de potentiële voordelen ervan voor de gezondheidszorg. Vervolgens is in hoofdstuk twee de huidige staat van gebruik van algemene AI in de zorg beschreven. Hoofdstuk drie bevat een overzicht van de actuele stand van zaken van GAI in de gezondheidssector, alsmede de (potentiële) toepassingen. In dit kader zijn in hoofdstuk vier de uitdagingen en obstakels die de implementatie van GAI in de gezondheidszorg met zich meebrengt in kaart gebracht. Concluderend worden de huidige impact en aanbevelingen met betrekking tot het gebruik van GAI in de gezondheidszorg besproken. De ontwikkelingen in het veld gaan zo snel dat ervoor gekozen is geen informatie aan het rapport toe te voegen die verschenen is na 1 februari 2024.

De inzichten in dit rapport zijn verkregen door een combinatie van deskresearch en interviews. Waar relevant is in de tekst naar de betreffende bron verwezen. Daarnaast zijn interviews met relevante stakeholders gehouden, waaronder artsen die met (G)AI werken, vertegenwoordigers van zorgverzekeraars, een leidinggevende van een Data Science afdeling van een academisch ziekenhuis, vertegenwoordigers van twee Elektronisch Patiënten Dossier (EPD) leveranciers, een journalist met expertise over het onderwerp en verschillende andere experts binnen het veld. De vragenstructuur welke de basis vormde voor interviews staat in bijlage 3). Waar de uitkomsten van deze interviews afwijkend of opvallend zijn, wordt hier expliciet aandacht aan gegeven in de tekst.

De focus van dit rapport is op de eerste- en tweedelijnszorg, met een verbreding naar medicijnontwikkeling en hergebruik van data en met name op het gebruik in het Nederlandse zorgveld. Andere toepassingen, bijvoorbeeld rondom preventie, zijn niet meegenomen. Een lijst met afkortingen en definities is weergegeven in bijlage 1.

2.2 Wat is Generatieve AI?

Generatieve AI verwijst naar een type kunstmatige intelligentie dat in staat is nieuwe inhoud te creëren. Het is daarmee een onderdeel van een nieuwe generatie van AI, in tegenstelling tot meer klassieke AI welke gericht is op het leren herkennen en voorspellen van patronen in cijfermatige data (ook wel bekend als machine learning), het begrijpen van tekst (bekend als natural language processing) en beeld (ook wel computer vision genoemd). Het genereren van nieuwe inhoud kan variëren van tekst en beelden tot muziek en video's. De kern van GAI-

modellen is het vermogen patronen, stijlen of regels uit bestaande datasets te leren en deze kennis te gebruiken om nieuwe, unieke en realistische output te genereren die past binnen de geleerde context. In de laatste jaren is GAI in drie vormen sterk ontwikkeld: het genereren van beelden, genereren van teksten en genereren van synthetische data.

In dit rapport zal op enige momenten over AI in algemene zin gesproken worden, waarmee zowel generatieve als klassieke vormen van AI samen worden genomen. In dat geval wordt de afkorting AI gebruikt. Wanneer specifiek generatieve AI aan bod is, wordt de afkorting GAI gebruikt.

GAI met betrekking tot tekst houdt zich bezig met de creatie van geschreven content. Dergelijke systemen die getraind zijn op grote hoeveelheden tekstdata zijn in staat taalstructuren, grammatica en stijlvariaties te leren. De resulterende Large-Language Modellen (LLMs) zijn vaak getraind op gigantische hoeveelheden data. Meerdere miljarden woorden en leestekens zijn geen uitzondering (zie bijvoorbeeld [bron](#), [bron2](#) en [bron3](#)). De nieuwe generatie LLMs zijn hierdoor in staat contextueel relevante en coherente teksten te produceren. Een voorbeeld van een LLM is de Generative Pre-trained Transformer (GPT), ontwikkeld door OpenAI. Deze LLMs zijn in staat een breed scala aan tekstgebaseerde taken uit te voeren zoals het beantwoorden van vragen, het schrijven van teksten en het vertalen tussen talen. LLMs interacteren met de gebruiker middels prompts: tekstuele informatie die kan bestaan uit een vraag of instructie. Dit type GAI kan ook patronen in gegevens herkennen, inspelen op contextuele aanwijzingen en creatieve inhoud genereren op basis van de input die ze ontvangen. Deze vorm van GAI kan worden ingezet voor diverse doeleinden, waaronder het automatiseren van de klantenservice (digitale conversatie via chat), het genereren van nieuwsberichten (tekstschrijven), ondersteuning bieden bij creatief schrijfwerk en bij het ontwikkelen van softwarecode. Ook maken GPT en verwante modellen het mogelijk chat-agenten te ontwikkelen die menselijke, digitale interactie realistisch kunnen nabootsen. Naast GPT is er een reeks van modellen beschikbaar gekomen voor ontwikkelaars en onderzoekers om nieuwe applicaties mee te ontwikkelen. Bekende voorbeelden zijn LLaMA (van Meta) en Bard (van Alphabet), maar er zijn vele duizenden alternatieven (zie bijvoorbeeld [bron](#)), die allemaal hun eigen doel en kwaliteit hebben. Belangrijke ontwikkelingen op dit gebied zijn verdere integratie met andere (digitale) tools die de chat-agent kan gebruiken, integratie met media van verschillende aard (tekst met beeld en geluid) en training van LLMs voor specifieke taken.

GAI in de context van beeldcreatie betreft technologieën die in staat zijn zelfstandig visuele content te genereren. Deze AI-systemen worden getraind op uitgebreide datasets met afbeeldingen, waarbij ze essentiële kenmerken zoals texturen, patronen en vormen absorberen. Een prominente methodologie binnen dit domein is het gebruik van Generative Adversarial Networks (GANs), een architectuur waarin twee neurale netwerken in tandem werken: één voor het genereren van afbeeldingen en de ander voor het evalueren van deze afbeeldingen (zie bijvoorbeeld [bron](#)).

Deze technologie vindt toepassing in diverse sectoren, variërend van productontwerp en digitale kunst tot het verbeteren van beeldresolutie en het creëren van realistische personages voor digitale media. Toepassingen in de zorg van beeld generatie zijn nog beperkt.

GAI speelt ook een rol in het creëren van synthetische datasets. Synthetische data is data die door een computer is gegenereerd maar wel een afspiegeling is van echte data. Vaak van

numerieke aard. Door gebruik te maken van technologieën zoals GANs, kunnen AI-systemen realistische, maar kunstmatige datasets genereren die dienen als bruikbare surrogaten voor echte datasets. Dit heeft grote voordelen in sectoren zoals gezondheidszorg, waar privacy en ethische overwegingen het gebruik van echte patiëntgegevens beperken. Synthetische datasets, gegenereerd door GAI, kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt voor het trainen van diagnostische modellen zonder dat er echte patiëntgegevens nodig zijn, terwijl deze synthetische data wel dezelfde structuur bevatten als echte patiënt data.

Hoewel er overeenkomsten bestaan in de basismechanismen van GAI in beeld, tekst en data, zijn de toepassingen en trainingsmethoden aanzienlijk verschillend. GAI in beeldvorming concentreert zich op het analyseren en repliceren van (visuele) patronen, net als bij het genereren van synthetische data. Tekst gebaseerde GAI focust zich op linguïstische structuren en de creatie van betekenisvolle tekstuele content. De verschillende vormen van GAI bieden aanzienlijke mogelijkheden voor innovatie binnen hun respectievelijke toepassingsgebieden en hebben potentie aanzienlijke veranderingen teweeg te brengen in de manier waarop data en content wordt geproduceerd en geconsumeerd. Voor de Nederlandse zorg is met name GAI met betrekking tot tekst en data relevant, omdat deze de meeste potentie heeft op korte termijn om een significante bijdrage te leveren aan het verlagen van de werkdruk van zorgpersoneel, het verbeteren van de patiënt-reis of het mogelijk maken van data hergebruik zonder privacy te schenden.

Er zijn ook risico's verbonden aan de inzet van GAI. Deze bestaan onder andere uit onvoorspelbare onnauwkeurigheden (hallucinaties), impact op het milieu, de oorsprong van de data, privacy en veiligheid, mogelijke bias, beperkte open source mogelijkheden en afhankelijkheid en onduidelijkheid rondom wetgeving. Deze worden in meer detail besproken in [Hoofdstuk 4](#).

3 Huidige staat van AI in de gezondheidszorg

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke algemene AI toepassingen er momenteel in de Nederlandse gezondheidszorg worden gebruikt, wat de impact en de resultaten van het gebruik tot nu toe zijn en hoe het landschap en ecosysteem eruit ziet.

3.1 Overzicht van bestaande, ‘klassieke’ AI-toepassingen

In de Nederlandse ziekenhuizen wordt GAI nog weinig gebruikt, op enkele pilots na die in het volgende hoofdstuk in meer detail worden besproken. Wel wordt klassieke (niet generatieve) AI op bredere schaal toegepast, vooral voor het stellen van diagnoses op basis van beeldherkenning binnen de radiologie. In 2022 gebruikte een derde van de ziekenhuizen klassieke AI in één of meerdere toepassingen binnen de radiologie (zie [bron](#)). Op afstand komt op de tweede plaats gebruik voor interventies of therapeutische beslisondersteuning. Ook wordt klassieke AI ingezet voor preventie, prognose, administratie en logistiek, maar is die inzet nog beperkt. Met name topklinische ziekenhuizen en de Universitaire Medische Centra maken gebruik van klassieke AI. Inmiddels is 64% van de ziekenhuizen aan het experimenteren met klassieke AI of het aan het implementeren. Ruim 60% van de ICT'ers in de zorg verwacht dat dit de werkdruk zal verlagen. Deze cijfers zijn gebaseerd op de ‘AI Monitor Ziekenhuizen 2023’, een jaarlijks onderzoek uitgevoerd door M&I partners onder 42 ziekenhuizen in Nederland (zie [bron](#)). Momenteel loopt er een haalbaarheidsstudie bij vijf ziekenhuizen voor een landelijke radiologie-AI-infrastructuur (zie [bron](#)).

De inzet van klassieke AI voor diagnose en behandeling wordt onder andere gebruikt door het Amsterdam UMC en TU Eindhoven. Naast het VASCUL-AID onderzoek gaat het Amsterdam UMC onderzoek stimuleren om de kans op hart- en vaatziekten beter te voorspellen met AI-toepassingen. De VASCUL-AID studie richt zich op het prognosticeren van de verergering van vaatziekten bij mensen met een aorta aneurysma in de buik of slagaderverkalking in de benen, waarmee het risico op hartinfarct en beroerte voorspeld kan worden ([bron](#)). Enkele anderen voorbeelden zijn het gebruik van AI voor poliep detectie in de dikke darm ([bron](#)), het herkennen van slokdarm kanker, risico detectie van borstkanker ([bron](#)), hypnose met een virtual reality (VR) bril bij kinderen ([bron](#)), het vaststellen van autisme bij kinderen ([bron](#)) en het voorspellen van verwachte nazorg ([bron](#)).

3.2 Impact en resultaten tot nu toe van GAI

Buiten enkele doorbraken en veelbelovende toepassingen is de impact van GAI in de Nederlandse zorg beperkt. Tot nu toe wordt er voornamelijk geëxperimenteerd, worden er diverse pilots uitgevoerd en worden er innovatieve onderzoeken gedaan met GAI. Dit wordt bevestigd door de gehouden interviews (bijlage 4). Het is belangrijk (opkomende) toepassingen kritisch te evalueren en te doorgronden; werkt de toepassing? Hoe werkt de

toepassing? Welke data is er gebruikt? Wanneer werkt de toepassing? Hoe wordt dit alles gedefinieerd. Terwijl de technologie zich blijft ontwikkelen, is het van cruciaal belang inzicht te hebben in het complete proces van de totstandkoming van een dergelijke (G)AI toepassing en een evenwicht te vinden tussen innovatie, ethiek en de belangen van zorgverleners en patiënten ([bron](#)).

3.3 Landschap en ecosysteem

Het landschap van AI (zowel klassieke vormen als GAI) in de zorg ondergaat aanzienlijke veranderingen, gestimuleerd door technologische vooruitgang en innovatieve initiatieven, mede door de beschikbaarheid van veel goedkope of zelfs gratis algoritmes en cloud providers die hoge kwaliteit AI-gerelateerde services verlenen. Naast de ontwikkelingen van AI initiatieven van grote bedrijven zoals Google en Microsoft, zijn er tal van start ups die AI toepassingen ontwikkelen. Universitaire medische centra en Tech bedrijven zijn actief betrokken bij het ontwikkelen van GAI-toepassingen voor de gezondheidszorg. De Nederlandse AI Coalitie (NL-AIC) is het 'AI ready' traject gestart. Dit traject is ontworpen om AI succesvol te implementeren in ziekenhuizen. In het 'AI ready' project gaan zes ziekenhuizen ieder een andere AI toepassing gebruiken. Na het 'AI ready' traject zullen de ziekenhuizen de geleerde lessen met alle andere ziekenhuizen in Nederland delen. Momenteel zijn ziekenhuizen niet goed op de hoogte van wat er aan AI initiatieven binnen andere ziekenhuizen lopen. Door de gezamenlijke inspanningen te bundelen, kunnen diverse partijen de opgedane kennis delen en kan de implementatie van (G)AI in de zorg bevordert worden ([bron](#)). Het kennis netwerk AI in de zorg kan hierin een rol spelen ([bron](#)), de vraag is wel hoe innovatiepartijen zich tot dit initiatief moeten verhouden.

Tevens is er een initiatief van Samenwerkende Algemene Ziekenhuizen (SAZ), het Expertisecentrum Zorgalgoritmen 'voor en door de zorg' in 2021 gestart. In co-creatie met zorgprofessionals worden algoritmen ontwikkeld en kennis over AI en data gedeeld binnen het ziekenhuizen netwerk ([bron](#)).

Concluderend is er op het gebied van klassieke AI veel activiteit in het Nederlandse zorglandschap, maar wordt GAI als specifieke vorm van AI nog weinig in dagelijkse zorg praktijk toegepast.

4 (Potentiële) Toepassingen van Generatieve AI

Dit hoofdstuk behandelt een verzameling van verschillende mogelijke toepassingen van GAI in de zorg. Deze verzameling bestaat uit toepassingen voor het automatiseren van administratieve taken, voor diagnose en behandelplanning, geneesmiddelenontwikkeling, gepersonaliseerde geneeskunde, analyse van epidemiologische gegevens, virtuele gezondheidsassistenten en telemedicine, voorspellende analyse, synthetische data generatie en training en simulatie. De focus ligt op toepassingen in Nederland, maar waar relevant zijn ook internationale ontwikkelingen genoemd.

4.1 Automatisering van administratieve taken

Automatisering van administratieve taken is het toepassingsgebied waar het meeste activiteit plaatsvindt. De belangrijkste projecten rondom de inzet van GAI voor het verlichten van administratieve taken zijn 'Since my last visit' van EPIC (Amerikaanse ontwikkelaar van EPD systemen) samen met het Universitair Medisch Centrum Groningen (UMCG), Amsterdam UMC en ETZ, en de inzet van ChatGPT (OpenAI) door Erasmus MC binnen de 'Digizorg cockpit'. Tevens is het Expertisecentrum 'voor en door de zorg' een initiatief van SAZ ziekenhuizen, waar AI wordt ingezet. Daarnaast hebben techgiganten Microsoft en Google respectievelijk de Azure AI Health Bot en Vertex AI ontwikkeld, welke onder ander GAI gebruikt.

4.1.1 Patiëntvragen beantwoorden met LLMs

EPIC heeft samen met het UMCG en EZT medio 2023 proeven gehouden rondom de inzet van LLMs voor het automatiseren en beantwoorden van schriftelijke vragen van patiënten. Het doel is hiermee de medisch professional te ondersteunen met het schrijven van een antwoord door een AI gegenereerd concept klaar te zetten. Deze wordt door de zorgverlener gelezen, aangepast waar nodig en vervolgens verstuurd. De potentiële bijdrage aan de verlaging van administratieve lasten is groot: het UMCG alleen krijgt ruim 1200 vragen per week (zie bijvoorbeeld [bron](#) en [bron](#)).

Er wordt samengewerkt met EPIC die de applicatie heeft ontwikkeld en de applicatie in Nederland als eerste land buiten de Verenigde Staten (VS) beschikbaar stelt. De technologie is volwassen en onderdeel van de 'In Basket' communicatiesoftware van EPIC. Daarmee is het opschalen eenvoudig, kost het weinig extra tijd van de medewerker (er is altijd de mogelijkheid om het niet te gebruiken) en is het gebruiksgemak groot. Het maakt gebruik van GPT maar is zo opgebouwd dat het andere taalmodellen kan gebruiken. Bijvoorbeeld als juridische kaders worden gesteld door de Europese AI act. GPT draait binnen het EPD, om de privacy te borgen. EPIC zelf claimt niet bij de data te kunnen. De mate waarin de privacy is geborgd kan door de auteurs van dit rapport niet worden nagegaan. Wel kan het lonen de Data Protection Impact Assessment in een vervolg te bestuderen om zo meer inzicht in gemaakte afspraken en maatregelen te verkrijgen. Er is geen specifieke datum of deadline genoemd door EPIC wanneer de applicatie breed beschikbaar komt. Voor software welke meer doet dan opslag,

verwerking, communicatie of eenvoudig doorzoeken van medische data geldt dat een CE-markering nodig is als er sprake is van diagnostisering of behandeling ([bron](#)). Het is lastig te beoordelen of deze software CE-gemarkeerd dient te worden omdat onduidelijk is wat de reikwijdte van de concept antwoorden is.

Erasmus heeft een pilot uitgevoerd waarbij ze ChatGPT hebben gebruikt. Erasmus is klant van Chipsoft (Nederlandse ontwikkelaar voor EPD systemen) en heeft daarom geen toegang tot de eerder genoemde software van EPIC. In een eigen pilot gebruikt Chipsoft ChatGPT voor het beantwoorden van logistieke vragen en orderverwerking. Aan medische dataverwerking waagt Chipsoft zich niet, al wordt de potentie wel gezien. Door deze scope heeft men zich onttrokken aan CE en MDR wetgeving. Ook bleek uit de interviews dat er zorgverzekeraars experimenteren met de inzet van *speech-to-text* technologie om zo telefoongesprekken met klanten geautomatiseerd samen te vatten.

4.1.2 Patiënt-dossiers samenvatten

Een tweede applicatie van EPIC waar het UMCG mee heeft geëxperimenteerd heeft als doel patiënt-dossiers samen te vatten. Dit kan grote tijdswinst opleveren volgens Tom van der Laan: *“Als ik nu één dagdeel spreekuur op de polikliniek heb, kost het me zo’n twee à drie uur voorbereidingstijd”*, vertelt hij: *“Ik lees van iedere patiënt het dossier, bekijk bijvoorbeeld veranderingen in medicijngebruik en behandelingen door andere zorgverleners. Ik denk dat GAI dat net zo goed kan als ik en hopelijk beter.”* (zie website [UMCG](#) voor citaat). Hier gelden de punten van het vorige project ook: volwassenheid is wederom hoog, net als integratie in het zorgproces. Maar gezien de aard van de gegevens zijn de risico’s ook veel hoger.

Grofweg zijn er twee belangrijke gevaren direct gelinkt aan het functioneren van het taalmodel. Allereerst kan het cruciale gegevens uit het patiëntendossier missen en niet aan de arts teruggeven. Zo blijkt uit de interviews dat het precies formuleren van de gebruikte prompt (de gestelde vraag aan het taalmodel) cruciaal is voor een kloppende uitkomst. Kleine veranderingen in de gestelde vraag kunnen leiden tot het missen van cruciale gegevens. Zo kwam uit een van de interviews met een vertegenwoordiger van EPIC naar boven dat het zoeken naar algemene pijnstilling in het dossier niet altijd opleverde dat een patiënt een specifieke vorm van pijnbestrijding had gehad (bijvoorbeeld ibuprofen), waar dit wel gevonden werd als naar de specifieke vorm van pijnstilling werd gevraagd. Ten tweede is het mogelijk dat het taalmodel gegevens noemt in de samenvatting die niet corresponderen met de patiëntgegevens. Het is uit de gepubliceerde artikelen en interviews niet op te maken of er op een goede manier rekening gehouden wordt met dit soort verkeerde uitkomsten. Tot slot geven verschillende ontwikkelaars aan veel tijd en moeite te steken in het zorgen voor de juiste uitkomsten.

Het is technisch een uitdaging ervoor te zorgen dat een LLM uitsluitend juiste gegevens gebruikt en altijd de juiste resultaten teruggeeft. In deze specifieke toepassing heeft dat er mee te maken dat op voorhand niet alle mogelijke patiënt dossiers en samenvattingen overzien kunnen worden in de ontwikkeling van de toepassing. Daarmee kan het taalmodel in bijzondere gevallen, die geen onderdeel waren van de tests, zich onverwachts gedragen. Het is niet mogelijk alle toepassingen op voorhand te toetsten. Maar volgens twee geïnterviewde artsen hoeft dat misschien ook niet om wel waarde toe te voegen. In de huidige zorgsetting is het vaak ook niet mogelijk voor een dienstdoende arts alle relevante informatie uit een patiëntdossier door te nemen alvorens een consult. De vraag rijst dan op wanneer het model goed genoeg is voor de toepassing, waarbij risico’s en baten worden gewogen. Voor

grootschalige implementatie is het belangrijk hier duidelijkheid in te verschaffen voor zowel zorgpersoneel als technologieontwikkelaars.

Een mogelijke manier om de risico's inzichtelijk te maken is het opstellen van een benchmark. Een benchmark zou in dit geval een ruime hoeveelheid voorbeelden van patiënt dossiers bevatten met telkens een samenvatting van belangrijke elementen ter ondersteuning van de arts. Voorbeelden zijn medicatiegebruik en eerdere diagnoses. Als een gegeven taalmodel in een uitlopende serie van voorbeelden consistent de juiste informatie teruggeeft, scoort ze hoog op de benchmark. Worden er fouten gemaakt, gaat de score omlaag. Zo kan een goede benchmark het vertrouwen in de toepassing in de zorgpraktijk laten groeien.

Ook is dit wederom een grensgeval of de CE-markering nodig is en is het onduidelijk of daar aan voldaan wordt. Dit maakt dat het vertalen naar productie mogelijk nog ver weg is.

4.1.3 Amerikaanse techbedrijven

Verschillende grote techbedrijven ontwikkelen GAI applicaties voor de zorg. In 2023 introduceerde Microsoft, als één van de toonaangevende technologiebedrijven, diverse GAI-applicaties specifiek voor de gezondheidssector. Deze applicaties zijn ontworpen om gezondheidsgerelateerde data te integreren met externe informatiebronnen, gebruikmakend van GAI-technologieën om chatbots te creëren. Deze chatbots bieden ondersteuning aan zowel patiënten als zorgverleners door het verstrekken van samenvattingen van EPD's (zie bijvoorbeeld [bron](#)). Google bracht met Vertex AI een toolbox met soortgelijke functionaliteiten op de markt en ontwikkelt met Med-PaLM een LLM gericht op de zorg (zie [bron](#)). Amazon lanceerde gelijktijdige verschillende Cloud tools gericht op het verlichten van administratie in de zorg en opende een GAI centrum in de VS, gericht op onder andere ontwikkeling van tooling voor de zorgsector (zie [bron](#)).

De applicaties van deze bedrijven worden direct in de Nederlandse zorg gebruikt. Het is echter lastig de schaal goed te beoordelen en in hoeverre deze verder strekt dan pilot projecten. Ook is duidelijk dat Microsoft een samenwerking met EPIC is aangegaan (zie [bron](#)), wat mogelijk maakt dat de technologie van Microsoft ook via die weg op grotere schaal in Nederland gebruikt zal worden. Zo is hier al sprake van in de pilots van het UMCG en het ETZ met Epic. Verder is uit de interviews ook naar voren gekomen dat ChipSoft ook gesprekken voert met Microsoft. Google is een soortgelijke partnership met HCA Healthcare begonnen in 2021, maar die leverancier is niet actief in Nederland (zie [bron](#)).

4.2 Diagnose en behandelplanning

GAI kan artsen helpen om efficiënt beslissingen te nemen en snel geïnformeerd te worden, doordat GAI analysemogelijkheden en informatie uit het medisch dossier samenvoegt. Hierdoor kan de zorgverlener ondersteund worden in het overzien van alle beschikbare informatie om zo met minder tijd juiste diagnoses en behandelplannen te maken.

In het Jeroen Bosch Ziekenhuis is er ook onderzoek gedaan naar het vermogen van ChatGPT voor het stellen van een diagnose. De door ChatGPT gegenereerde diagnoses waren vergelijkbaar met de diagnoses van artsen. Echter, er werd alleen gekeken naar gevallen met één klacht en diagnose. Er is niet gekeken naar complexe gevallen van personen die bijvoorbeeld op de spoedeisende hulp binnen komen. Daarnaast werd duidelijk dat een dergelijke tool een arts kan ondersteunen maar nu niet kan vervangen. In de studie werd alles in drievoud geanalyseerd met ChatGPT (Nederlands, Engels en met en zonder laboratorium uitslagen), waarbij onder andere inconsistentie werd aangetoond in antwoorden op identieke vragen ([bron1](#), [bron2](#)).

Daarnaast heeft het Nederlandse DeepDoc de EvidenceHunt-Chat gelanceerd. Deze tool gebruikt GPT3 en biedt een chatinterface om gebruikers te helpen bij het lokaliseren van klinisch en biomedisch bewijsmateriaal (zie [bron](#)). Het helpt daarmee niet direct een diagnose stellen maar wel snel de relevante informatie op te halen om het proces te ondersteunen. Tot slot kan gesteld worden dat GAI voor diagnose en behandeling potentie heeft om toegepast te worden ter ondersteuning van de arts. Maar het is noodzakelijk dat de arts eindverantwoordelijke blijft. GAI zal een arts waarschijnlijk niet kunnen vervangen, maar wel kunnen ondersteunen door eenvoudige, generieke taken over te nemen. In de risico en aanbevelingen secties van dit rapport wordt hier verder op ingegaan.

4.3 Geneesmiddelenontwikkeling

Op het gebied van geneesmiddelenontwikkeling is veel wetenschappelijke activiteit rondom GAI. Er zijn recente publicaties waarbij de inzet van GAI wordt gebruikt om klinische uitkomsten te voorspellen (zie bijvoorbeeld [bron](#)), voor het herpositionering van medicijnen voor alternatieve klinische domeinen, het vinden van nieuwe eigenschappen van bestaande moleculen en het genereren van mogelijke relevante nieuwe molecuulstructuren (zie bijvoorbeeld [bron](#)). Daarnaast vinden in de VS verschillende samenwerkingen plaats tussen start ups en grotere techbedrijven rondom dit onderwerp. Enkele voorbeelden zijn de samenwerking tussen NVIDIA met BioNeMo (zie [bron](#)) en Alphabet (Google) met AlphaMissense (zie [bron](#)).

Een noemenswaardige ontwikkeling op dit terrein is AlphaFold. AlphaFold is een (G)AI programma ontwikkeld door DeepMind, een onderdeel van Google's moederbedrijf Alphabet welke de structuur van eiwitten kan voorspellen. De gebruikte technologie van de laatste versie (AlphaFold 2 uit 2020) is vergelijkbaar met de onderliggende architectuur van LLMs (zie bijvoorbeeld [bron](#)). AlphaFold richt zich op het ontrafelen van de 3D structuur van eiwitten.

Kennis van eiwitstructuren is dan belangrijk voor het begrijpen van de uiteenlopende functies die eiwitten kunnen hebben. Deze informatie wordt op zijn beurt gebruikt om eventuele aangrijpingspunten voor medicatie te bepalen. In de afgelopen decennia is het met gigantische hoeveelheden tijd en middelen gelukt van ongeveer 100.000 unieke eiwitten de structuren te ontdekken. Dit vaak met behulp van kostbare apparatuur en jaren van trial-en-error (zie bijvoorbeeld [bron](#)). AlphaFold richt zich op dit 'eiwit-vouw probleem', waarbij men op basis van relatief goed beschikbare informatie de aminozuur sequentie probeert te voorspellen en hoe een eiwit-structuur zich in een driedimensionale ruimte zal vormen.

De impact van AlphaFold is groot. Voor de lancering was van grofweg 17% van de 20.000 eiwitten in het menselijk lichaam de 3D-structuur bekend (zie [bron](#)). Dat is nu 98,5% (cijfers uit 2021, zie [bron](#)) waarmee het de grootste bijdrage aan de wetenschap is. Daarnaast is einde 2023 aangekondigd dat er nieuwe functionaliteiten zijn ontwikkeld die het mogelijk maken naast eiwitten ook de eigenschappen van andere biologische componenten te voorspellen (zie [bron](#)).

Ook synthetische data kan een rol spelen in medicijnontwikkeling. Specifiek *de novo* synthetische data. *De novo* betekent hier volledig nieuw genereerde gegevens die niet direct afgeleid zijn van bestaande gegevens, maar in plaats daarvan worden gecreëerd door algoritmes of modellen om bepaalde eigenschappen of structuren na te bootsen. In de context van bijvoorbeeld geneesmiddelenonderzoek, kan *de novo* synthetische data betrekking hebben op de creatie van nieuwe moleculaire structuren die niet voorkomen in de natuurlijke wereld maar potentieel nuttig kunnen zijn als geneesmiddelen. Deze methode biedt de mogelijkheid unieke datasets te genereren voor onderzoeksdoeleinden, training van machine

learning modellen, of het testen van systemen, zonder afhankelijk te zijn van reële gegevens die mogelijk beperkt, privacygevoelig of moeilijk toegankelijk zijn.

De volwassenheid van de technologie voor commercieel gebruik is nog beperkt en praktische toepassingen zijn er nog niet in Nederland, voor zover bekend bij de auteurs van de dit rapport. In Nederland wordt wel gebruik gemaakt van LLMs voor het extraheren van informatie uit wetenschappelijke publicaties voor zogeheten Target-Safety-Assessments. Target-TRI, een platform ontwikkeld door TNO, is in staat om eigenschappen en relevante informatie uit wetenschappelijke bronnen te extraheren die relevant zijn voor een nieuwe medicijn in zeer vroege fase (zie [bron](#)).

4.4 Gepersonaliseerde geneeskunde

Een grote uitdaging binnen de gezondheidszorg is het bieden van gepersonaliseerde zorg, afgestemd op de unieke behoeften en voorkeuren van elke patiënt. Dit vereist het verzamelen en analyseren van data uit diverse bronnen, zoals medische dossiers, lab resultaten, scans, genetische testen en wearables. Deze data moeten geïnterpreteerd en gecommuniceerd worden naar zowel de patiënt als de arts op een manier die efficiënt is en waarde toevoegt. GAI kan hier op twee manieren een rol spelen. De eerste heeft te maken met data, de tweede met tekst.

Het verzamelen van data uit wearables heeft de nodige uitdagingen omdat niet alle patiënten toegang tot wearables hebben, ze niet wensen te gebruiken of niet alle wearables dezelfde kwaliteit data opleveren. Daarnaast laten niet alle patiënten de testen uitvoeren die nodig zijn voor een zo compleet mogelijke diagnose of monitoring. GAI kan dit probleem verminderen door het *de novo* genereren van synthetische of aangevulde data. Dit omvat het creëren van realistische synthetische patiënt profielen, die de kenmerken van echte patiënten zonder wearables nabootsen, om zo de omvang en diversiteit van de dataset te vergroten. Ontwikkelingen op dit vlak bevinden zich nog in de onderzoeksfase en worden weinig toegepast in de praktijk (zie [bron](#)).

Ondanks de potentie van de techniek wordt GAI nog niet voor de doeleinden van gepersonaliseerde geneeskunde toegepast in Nederland, voor zo ver bekend bij de auteurs van dit rapport.

4.5 Analyse van epidemiologische gegevens

Er zijn geen voorbeelden gevonden door de auteurs van dit rapport over de inzet van GAI om direct bij te dragen aan de analyse van epidemiologische gegevens. Wel kan een LLM gebruikt worden als ondersteunende tool om observationeel onderzoek op te zetten en uit te voeren (zie [bron](#)), het werk van wetenschappers ondersteunen door bijvoorbeeld literatuuronderzoek te versnellen (zie bijvoorbeeld het Amerikaanse Centre for Disease Control (CDC) of door tools op kennis toegankelijk te maken voor het breder publiek (zie bijvoorbeeld [bron](#)).

4.6 Virtuele gezondheidsassistenten en telemedicine

LLM's kunnen als virtuele gezondheidsassistenten een belangrijke bijdrage aan de zorg leveren in het ondersteunen van patiënten door medisch jargon om te zetten in eenvoudige taal, wat een beter begrip van hun gezondheidstoestand en behandelplannen bevordert. Deze assistenten hebben de capaciteit complexe elektronische patiëntendossiers (EPD's) te

doorgronden en essentiële informatie samen te vatten, waardoor patiënten snel toegang krijgen tot belangrijke gezondheidsgegevens.

Er zijn in Nederland nog geen bedrijven gevonden die GAI inzetten ter ondersteuning van virtuele gezondheidsassistenten of ten behoeve van telemedicijnen.

4.7 Voorspellende analyse

Er zijn verschillende experts en opinion-leaders die de potentie van GAI benoemen in het maken van klinische voorspellingen op basis van grote hoeveelheden beschikbare data. Zie bijvoorbeeld Philips' Chief Innovation & Strategy Officer Shez Partovi (zie [bron](#)) en marktanalyses zoals van bijvoorbeeld McKinsey (zie [bron](#)). Uit ons onderzoek blijkt dat er geen gebruik van GAI voor dit doeleinde is in Nederland. De reden hiervoor is niet geheel duidelijk, maar zou te maken kunnen hebben met de relatief vroege fase van ontwikkeling en relatief grote afstand voor veel Nederlandse (academische) ziekenhuizen tot de buitenlandse techbedrijven die deze technologie ontwikkelen.

4.8 Synthetische data

Data in de zorg is waardevol. Het kan gebruikt worden in primaire zorgproces om goede zorg te leveren en hergebruikt worden voor het verbeteren van de zorg en bijbehorend beleid. Echter, is de data ook gevoelig en moet er voor hergebruik aan veel technische en juridische eisen worden voldaan. Synthetische data lijken daar een oplossing voor te bieden. Het doel is een kopie van de originele data te maken die de onderliggende eigenschappen vertegenwoordigt zonder herleidbare persoonsgegevens te bevatten.

Syntho is een Nederlands bedrijf dat synthetische data maakt voor onder andere de zorg. In een samenwerking met Erasmus MC maken ze realistische kopieën voor onderzoeksdoeleinden (zie [bron](#)).

Ondanks de mogelijkheden blijft grootschalig gebruik van synthetische in de zorg uit. Dat komt mogelijk door enkele belangrijke beperkingen van de techniek. Zo is het lastig met unieke gevallen om te gaan zonder privacy op te geven of informatie te verliezen. Ook is het lastig goed te beoordelen wanneer data geschikt is zonder uitvoerige gekwantificeerde maten van kwaliteit die van de toepassing afhangen en niet altijd beschikbaar zijn. Verdere risico's en belemmeringen van synthetische data worden in Hoofdstuk 4 besproken. Voor meer informatie zie bijvoorbeeld [bron](#).

4.9 Training en simulatie

Er is een groeiend aanbod van cursussen voor gebruik en begrip van AI, maar geen opleidingen of trainingen door GAI (zie bijvoorbeeld [bron](#) en [bron](#)). In verschillende interviews met experts en stakeholders is gebleken dat men wel potentie ziet in het gebruik van GAI voor het creëren van realistische trainingsscenario's, bijvoorbeeld voor VR maar praktijkvoorbeelden zijn er nog niet. Ook laten de geïnterviewden weten dat er op dit moment te weinig aandacht voor (G)AI is in de opleidingen van zorgprofessionals, en dat er behoefte is aan goede opleidingen en trainingen voor reeds afgestudeerden.

5 Uitdagingen en belemmeringen

In dit hoofdstuk worden de uitdagingen en belemmeringen die GAI met zich meebrengt binnen de gezondheidszorg toegelicht. Er wordt ingegaan op hallucinaties, de trainingsdata van modellen, ethiek en privacy en de technologische en operationele uitdagingen. Het gebruik van GAI in de zorgsector brengt verschillende uitdagingen en risico's met zich mee. Ook is er aandacht voor synthetische data. Aangezien er weinig toepassingen voor het genereren van beeld in de zorg relevant zijn, is deze lijst gericht op het genereren van tekst.

5.1 Hallucinaties en misleidende uitkomsten

Een van de voornaamste zorgen voor de inzet van LLMs is het fenomeen van hallucinaties, waarbij de AI onjuiste, verzonden of misleidende informatie genereert. Dit kan ernstige gevolgen hebben in een medische context. Hallucinaties kunnen variëren van kleine onnauwkeurigheden tot volledig fictieve verklaringen die geen basis hebben in de werkelijkheid. Dit fenomeen is een uitdaging in het veld van kunstmatige intelligentie en het onderkennen en corrigeren van hallucinaties is een belangrijk onderzoeksgebied om de toepasbaarheid en veiligheid van LLMs te verbeteren.

Een voorbeeld van misleidende informatie die doelbewust werden gecreëerd komt van de Flinders University in Australië. Een onderzoeksteam verbonden aan deze universiteit heeft onderzoek gedaan naar het verspreiden van misleidende informatie. Binnen 65 minuten konden 102 blogs met misleidende informatie over vapes en vaccins gegenereerd worden, met teksten die gericht waren op zowel ouders, jongvolwassene, ouderen, mensen met chronische ziekten en zwangere vrouwen. Tevens konden er binnen twee minuten 20 realistische afbeeldingen worden gecreëerd en kon de misleidende informatie binnen no-time naar 40 verschillende talen worden aangepast ([bron](#), [bron2](#)). Er zijn verschillende manieren om dit risico tegen te gaan, maar doordat ze het gevolg zijn van de fundamentele werking van LLMs is het nooit helemaal uit te sluiten (zie bijvoorbeeld [bron](#)).

Een belangrijk aanvullend risico voor het krijgen van de gewenste uitkomst is het opstellen van de juiste instructie of prompt. Een verkeerd geformuleerde prompt kan leiden tot verschillende risico's. Ten eerste kan het resulteren in de creatie van inhoud die misleidend of feitelijk onjuist is, wat de verspreiding van desinformatie kan bevorderen. Ten tweede kunnen onzorgvuldig geformuleerde prompts leiden tot de generatie van aanstootgevende of ongepaste inhoud, wat schadelijk kan zijn voor gebruikers of bepaalde groepen kan stigmatiseren. Bovendien kan een gebrek aan duidelijkheid in de prompt resulteren in resultaten die niet aansluiten bij de verwachtingen of behoeften van de gebruiker, waardoor tijd en middelen inefficiënt worden gebruikt. Ten slotte kunnen verkeerd geformuleerde prompts bijdragen aan de versterking van bestaande vooroordelen of stereotypen, omdat de AI de bias in de data waarop het getraind is, kan repliceren en versterken. Het is daarom cruciaal om prompts zorgvuldig te overwegen en te formuleren om deze risico's te minimaliseren.

5.2 Trainingsdata

Ook de oorsprong van de data die gebruikt wordt om deze modellen te trainen is een aandachtspunt. Mogelijk is veel van de trainingsdata auteursrechtelijk beschermd. Zo startte de New York Times in december 2023 een grote rechtszaak tegen OpenAI (de maker van GPT) waarin ze het bedrijf aanklagen voor massale copyright schendingen (zie [bron](#)). Daarnaast is het in de gezondheidszorg cruciaal dat de data representatief, nauwkeurig en actueel is. Foutieve of verouderde informatie kan leiden tot onjuiste beslissingen. Voor toepassingen in de gezondheidszorg is het belangrijk dat de data beoordeeld is door medische experts in plaats van personen zonder medische achtergrond/kennis. De mate waarin dit belangrijk is hangt af van de graad van medische expertise die nodig is voor een goede uitkomst. Een eenvoudige vraag over de locatie van de apotheek behoeft weinig medische achtergrond waar een uitleg over de betekenis van bijwerkingen dat wel nodig heeft. Tevens is het belangrijk dat de trainingsdata heterogene data bevat. Indien een tool is getraind op basis van patiënten uit bijvoorbeeld alleen Afrikaanse landen betekent het niet dat de tool direct in te zetten is door Europese landen. De trainingsdata is echter vaak niet in te zien of te controleren, wat het lastig maakt om te beoordelen wie de toepassing kunnen inzetten. Deze 'black box' aard van veel GAI systemen is een mogelijk probleem voor de zorg. Vaak zijn de systemen closed-source en met een afhankelijkheid van externe leveranciers, met als gevolg problemen met transparantie en controleerbaarheid. Afhankelijkheid van de leverancier van de technologie kan leiden tot een machtpositie en de daarbij bijbehorende negatieve gevolgen, zoals slecht werkend prijsmechanisme door gebrekkige onderhandelingspositie van de zorgverlener (zie bijvoorbeeld [bron](#)). De afwezigheid van controleerbaarheid kan in extreme gevallen leiden tot gebruik van modellen die met opzet getraind zijn om schadelijke uitkomsten te genereren ([bron](#)), iets wat achteraf nagenoeg onmogelijk is te achterhalen. Zoals gebleken uit de interviews met experts, moet de afhankelijkheid van een model beperkt worden door meerdere modellen toe te staan (binnen toepassingen van EPIC bijvoorbeeld, al is daar de afhankelijkheid van één partij een ander risico).

Een belangrijke ontwikkeling die de bovengenoemde problemen adresseert is het GPT-NL project. In dit project wordt een Nederlands taalmodel ontwikkeld waarbij brondata van Nederlandse bodem en in de openbaarheid worden gebruikt (zie [bron](#)). Een andere relevante ontwikkeling is de Mistral LLM van het gelijknamige Franse bedrijfje als Europese tegenhanger van OpenAI (zie [bron](#)).

5.2.1 Synthetische data

GAI en Synthetische data hebben een eigen set van uitdagingen wanneer ze worden gebruikt om data te produceren voor primair gebruik (*de novo* generatie, zie 3.4) of secundair gebruik (bijvoorbeeld het realistisch nabootsen van een gevoelige dataset voor epidemiologisch onderzoek, zie 3.8), bestaande uit het risico op bias en de versterking ervan, de lastige interpreteerbaarheid van de methode om tot de synthetische data te komen en gebrekkige methoden om de datakwaliteit goed te beoordelen.

Allereerst het risico op bias. In medische toepassingen is het vaak belangrijk naar bijzondere gevallen te kijken. Echter, wanneer bijzondere gevallen niet in de trainingsdata aanwezig waren, zal het moeilijk zijn deze ook goed te representeren in de synthetische data. Daarnaast heeft AI de neiging bijzondere gevallen te negeren en zich te richten op de veel voorkomende gevallen. Daarnaast is het lastig om het AI-model wat de data heeft gegenereerd te beoordelen en inzichtelijk te maken welke keuzes zijn gemaakt (lastige interpreteerbaarheid). Tot slot zijn

de huidige beoordelingsmethodieken voor de kwaliteit van synthetische data tekortschietend voor de complexe aard van medische data (zie [bron](#)).

5.3 (Medische) ethiek en privacy

Tevens spelen ethische overwegingen een grote rol. Binnen medische ethiek zijn schaarste, beroepsgeheim en behandelrelatie belangrijk onderwerpen. Schaarste, met name gerelateerd aan de toegankelijkheid, betaalbaarheid en kwaliteit van medische zorg, variërend van de beschikbaarheid van gespecialiseerde behandelingen tot het aantal beschikbare (geschoolde) zorgprofessionals, brengt ethische dilemma's met zich mee.

Toegankelijkheid heeft betrekking op een gelijkmatige verdeling van zorg over diverse bevolkingsgroepen. Dit roept vragen op over gelijke kansen op gezondheid en de mogelijkheid voor iedereen toegang te krijgen tot noodzakelijke medische zorg. In tijden van schaarste kunnen diverse aspecten zoals leeftijd, verdienste voor de samenleving en effect op de omgeving tot discussie leiden. Enerzijds kan (G)AI het werk van zorgprofessionals uit handen nemen en daarmee toegankelijk houden, terwijl anderzijds beslissingen in de gezondheidszorg menselijk en empathisch moeten zijn, en is er bezorgdheid dat de inzet van AI kan leiden tot een verlies aan menselijkheid in de zorg. Ook kan het voorkomen dat het AI-model bepaalde vooroordelen of bias vertoont. Zo zijn er verschillende voorbeelden bekend van racistische uitkomsten (zie bijvoorbeeld Fang et al., 2023: [bron](#)). Dit is primair afhankelijk van de trainingsdata, welke vrijwel nooit bekend is. Als de trainingsdata niet divers genoeg is, of bepaalde vooroordelen bevat, kan dit leiden tot discriminatie en ongelijke behandeling van patiënten.

Een andere ethische overweging heeft met betaalbaarheid van de zorg te maken. Schaarste kan resulteren in situaties waarin niet alle benodigde behandelingen beschikbaar zijn, of waar patiënten geconfronteerd worden met hoge kosten. Dit creëert morele dilemma's met betrekking tot de verdeling van financiële lasten en de ethiek van het al dan niet beperken van toegang tot zorg op basis van financiële mogelijkheden. Bepaalde zorgtaken zouden door AI overgenomen kunnen worden, waardoor doelgerichter gewerkt kan worden met als gevolg het waarborgen van de betaalbaarheid. In 2021 is er een verkennende maatschappelijke kosten-batenanalyse van AI in de zorg gedaan. Hieruit komt naar voren dat er een meerwaarde is, maar de mogelijkheden nog niet volledig worden benut ([bron](#)). Tot slot is er het kwaliteitsvraagstuk, waarbij schaarste kan leiden tot compromissen in de kwaliteit van de zorg die wordt geboden. Dit brengt de ethische verantwoordelijkheid met zich mee de beste zorg te leveren binnen de beschikbare middelen en om transparantie en openheid te waarborgen bij het maken van keuzes die de kwaliteit van de zorg beïnvloeden. Terwijl transparantie en openheid één van de belemmeringen bij het gebruik van (G)AI is. Ook vragen verschillende geïnterviewde artsen zich af hoe de impact van chatbots zal zijn als ze zich meer naar het klinische domein zullen verschuiven. Men vraagt zich af hoe bijvoorbeeld de autoriteit van de arts zou kunnen veranderen door een chatbot die medische adviezen of zelfs diagnoses zou kunnen stellen. (G)AI heeft potentieel om de zorg efficiënter te maken en tegelijkertijd zorgt de innovatie van medische technologie voor nieuwe behoeften, waardoor toegankelijkheid, betaalbaarheid en kwaliteit actuele onderwerpen zullen blijven. Verder onderzoek is nodig om meer inzicht in deze overwegingen te brengen.

Daarnaast speelt de behandelrelatie tussen arts en patiënt en het beroepsgeheim een grote rol. De behandelrelatie is van groot belang. Autonomie van de patiënt en de gezamenlijke besluitvorming tussen arts en patiënt is cruciaal. De behandelrelatie tussen arts en patiënt heeft invloed op de therapeutische resultaten. (G)AI-systemen kunnen mogelijk met nieuwe

informatie en behandelopties komen. Dit zou kunnen leiden tot meer aandacht en focus op wetenschappelijk bewijs en klinisch meetbare parameters, en ten koste kunnen gaan van individuele voorkeuren en psychologische, sociale en organisatorische aspecten en daarmee de autonomie van een patiënt kunnen beïnvloeden (). Tevens speelt het beroepsgeheim een grote rol. Het beroepsgeheim is een ethisch principe dat de vertrouwelijkheid van informatie tussen zorgverlener en patiënt beschermt. Het beroepsgeheim is van cruciaal belang om een veilige omgeving te creëren waarin patiënten vrijelijk en openlijk kunnen communiceren over hun gezondheidsstatus, inclusief gevoelige informatie. Het beroepsgeheim schept een ethische plicht voor zorgverleners om de privacy van de patiënt te waarborgen en informatie niet zonder toestemming te delen, behalve in uitzonderlijke omstandigheden waarin er een wettelijke verplichting is of wanneer er sprake is van ernstig gevaar voor de patiënt of anderen. Het is echter de vraag hoe er binnen (G)AI-systemen met het beroepsgeheim omgegaan wordt. Privacy, veiligheid en datalekage vormen significante risico's. Gezondheidsinformatie is extreem gevoelig en moet met de hoogste niveaus van beveiliging en vertrouwelijkheid worden behandeld. Wanneer men gebruik maakt van ChatGPT via de reguliere consumentenroute worden alle ingevoerde gegevens eigendom van de maker OpenAI. Er is ook het risico dat gevoelige informatie, die per ongeluk in de prompt wordt opgenomen, kan leiden tot privacy problemen of ongewenste openbaringen van persoonlijke gegevens. Er zijn manieren om dit te voorkomen, door bijvoorbeeld het taalmodel lokaal te faciliteren of een ander model te gebruiken maar het blijft lastig te controleren in hoeverre er sprake is van een risico op datalekken, wat ernstige gevolgen kan hebben voor patiënten en zorgaanbieders. Voor meer informatie kunnen de door de Europese commissie in 2019 opgestelde richtsnoeren voor het ethisch toepassen van AI worden geraadpleegd ([bron](#)).

5.4 Technologische en operationele uitdagingen

Naast voorgaande uitdagingen zijn er de nodige technische hordes die een risico kunnen vormen voor succesvolle implementatie van GAI. In 2021 is er een leidraad 'kwaliteit AI in de zorg' opgesteld. Hiermee worden zorgverleners ondersteunt om de kwaliteit van AI te beoordelen. De leidraad is gericht op kwalitatieve diagnostische en prognostische toepassingen van AI in de zorg. Er zijn minimale eisen en aanbevelingen opgesteld voor de fasen: het ontwikkelen, valideren, implementeren en toepassen van AI-toepassingen. Validatie van (G)AI toepassingen is essentieel om medische fouten te voorkomen. Indien een dergelijke toepassing fouten maakt heeft dit tot gevolg dat het vertrouwen verloren gaat in (G)AI ([bron](#)). De vraag die hierbij naar voren komt is 'wanneer is een toepassing valide?' Mogelijk is er tijdwinst te behalen bij de inzet van administratieve taken, en heeft een fout hierin minder gevolgen dan een medische fout. Validiteit van een toepassing is moeilijk te definiëren. Daarnaast is het van belang dat ziekenhuizen meer samenwerken en opgedane kennis delen. Ziekenhuizen kunnen elkaars toepassingen overnemen en valideren in plaats van de huidige situatie, waarbij ze op eigen eilandjes werken en voornamelijk alles zelf ontwikkelen. Samenwerking en het delen van geleerde lessen zullen ook de implementatie kunnen bevorderen. Wat betreft implementatie en opschaling wordt deze met name belemmerd door het gebrek aan kennis en de weerstand tegen het gebruik van AI-toepassingen van zorgprofessionals. Om de weerstand te verminderen en implementatie te vergroten is het AIProHealth consortium opgericht om zowel online als fysiek zorgprofessionals te trainen ([bron](#)). Tevens richten Nictiz en PFN zich op bewustwording en kennis van zorgprofessionals. Bij succesvolle implementatie is ook wetgeving van belang. Echter, de wetgeving rondom de inzet van AI is vaak onduidelijk of loopt achter op de technologische ontwikkelingen. Dit creëert

een onzeker juridisch klimaat waarin het moeilijk is de verantwoordelijkheden en aansprakelijkheden duidelijk te definiëren. Onlangs is er in Nature een artikel gepubliceerd met betrekking tot het opstellen van levende richtlijnen die zijn gebaseerd op de drie principes: verantwoording (menselijk toezicht), handhaving van transparantie (aangeven indien GAI is gebruikt) en onafhankelijk toezicht (om ethisch en kwalitatief hoogstaand gebruik te garanderen) ([bron1](#), [bron2](#)). Ook het Rathenau Instituut pleit voor aanscherping van nationaal en Europees beleid (zoals de AI act, zie 5.1) en het vormen van de mogelijkheid om schadelijke GAI toepassingen van de markt te halen ([bron](#)). In het volgende hoofdstuk is meer aandacht voor de relevante wettelijke kaders en ontwikkelingen op dit gebied.

Tot slot zijn milieuoverwegingen relevant, aangezien de werking van grote AI-modellen aanzienlijke hoeveelheden energie vereist, wat een negatieve impact op het milieu kan hebben. Aan de hand van de methode uit Narayanan et al., 2021 kan een range worden geschat van ruim 4 kiloton CO₂ in het meest gunstige scenario (Canada met veel groene stroom) tot ruim 21 kiloton CO₂ in Zuid-Afrika (zie [bron](#)).

6 Regelgeving en Beleid

Binnen wet- en regelgeving wordt het verwerken van data en het gebruik van AI in de zorg als hoog risico gezien. Daarmee moet de technologie zich in de gerelateerde wetten houden aan de meest stringente regels. Dit leidt soms tot vertraging van technologische vooruitgang, maar is ethisch van groot belang.

Wetgeving over AI is meestal ontwikkeld vanuit het meer klassieke gebruik van machine learning algoritmes voor diagnostiek en behandeling en nog niet toegespitst op het gebruik van GAI in de zorg. Daarnaast zijn er veel verschillende wetten die een rol spelen in het gebruik van GAI en hoe deze wetten interacteren is vaak een vraag, deze onduidelijkheid leidt tot een verdere vertraging in de adoptie van GAI in de zorg.

6.1 AI act, waar relevant voor GAI

Over de AI-act is nu een voorlopig akkoord ([bron](#)) gesloten. In dit akkoord spelen 'sandboxes' een grote rol voor innovaties. Sandboxes zijn veilige afgeschermdde omgevingen waarin innovaties ontwikkeld en getest kunnen worden. Daarnaast beschermt de AI-act gebruikers door te eisen dat het helder is wanneer een applicatie AI gebruikt, waarbij GAI expliciet wordt genoemd. Voor GAI geldt dat helder moet zijn voor de gebruiker dat de inhoud gegenereerd is door AI en dat het model geen illegale content mag genereren. Daarnaast wordt het voor hoog risico gebruik van AI verplicht een risicomanagement systeem te gebruiken. GAI-modellen die een grote impact hebben en breed worden ingezet moeten goed geëvalueerd worden en serieuze problemen moeten worden gerapporteerd. Ook moeten de modellen goed gedocumenteerd worden en er een samenvatting komen van de bronnen die gebruikt zijn voor het trainen van de modellen. Hoe de 'sandboxes', de bron-samenvattingen en risicomanagement systemen er in de praktijk uit gaan zien is nog onderwerp van discussies en behoeft onderzoek. Tot slot zijn er in de meest recente versie van de AI-act transparantievoorwaarden opgesteld rondom het gebruik van zogeheten General Purpose AI-systemen (GPAI-systemen), waaronder de meeste GAI valt. Daar waar GAI mogelijk niet onder GPAI valt is de vraag of deze niet aan dezelfde voorwaarden moeten voldoen. GPAI-systemen moeten voldoen aan naleving van het EU-auteursrecht en het publiceren van gedetailleerde samenvattingen van de inhoud die gebruikt is voor training. De krachtigere GPAI-modellen die systemische risico's kunnen vormen, zullen aan aanvullende eisen moeten voldoen, waaronder het uitvoeren van modelbeoordelingen, het beoordelen en beperken van systemische risico's, en het rapporteren over incidenten. Daarnaast moeten kunstmatig of gemanipuleerde afbeeldingen, audio of videomateriaal ("deepfakes") duidelijk als zodanig gelabeld zijn.

6.2 GDPR, UAVG in NL

De Algemene Verordening Gegevensbescherming (GDPR) in de EU en de Uitvoeringswet Algemene Verordening Gegevensbescherming (UAVG) in Nederland stellen strikte eisen aan de verwerking van persoonsgegevens om de privacy van individuen te beschermen. Voor GAI-systemen die zich richten op een breed scala aan intelligente taken en niet specifiek ontworpen zijn voor het verwerken van persoonsgegevens, kan de directe impact van de GDPR en UAVG

minder zijn in vergelijking met meer gespecialiseerde vormen van AI die expliciet ontworpen zijn voor het verwerken van dergelijke gegevens. Echter, wanneer GAI-systemen worden toegepast in scenario's waarbij persoonsgegevens worden verwerkt, zoals gepersonaliseerde aanbevelingen of gezondheidszorgtoepassingen, worden de vereisten van de GDPR en UAVG alsnog relevant. Deze regelgeving vereist dan transparantie, doelbinding, dataminimalisatie en beveiliging van de verwerkte gegevens, naast het waarborgen van de rechten van de betrokkenen.

Een relevant artikel binnen de AVG is artikel 22: het verbod rondom geautomatiseerde besluitvorming. Lid 1 luidt: *“De betrokkene heeft het recht niet te worden onderworpen aan een uitsluitend op geautomatiseerde verwerking, waaronder profilering, gebaseerd besluit waaraan voor hem rechtsgevolgen zijn verbonden of dat hem anderszins in aanmerkelijke mate treft.”*, welke niet geldt wanneer deze noodzakelijk is voor de uitvoer van de tot stand gekomen overeenkomst. Mogelijk dat het leveren van zorg gezien kan worden als een dergelijke uitzondering. Een verdere analyse van de AVG in het licht van GAI valt buiten de scope van dit onderzoek.

Daarnaast kunnen gebruikers van GAI persoonlijke informatie meesturen in hun prompt ook hier kan dan een datalek optreden als deze data naar een locatie wordt gestuurd die niet conform de GDPR en/of UAVG is (bijvoorbeeld naar een Amerikaanse server). De geïnterviewden waren zich allemaal heel bewust van deze risico's en hadden ook in hun eigen gebruiken deze risico's actief gemitigeerd. Ook bij breder gebruik zijn deze mitigerende maatregelen van belang, deels kan hiermee rekening worden gehouden in de implementatie van oplossingen, deels speelt ook educatie een rol.

6.3 MDR

Bij klinische gebruik van (G)AI voor bijvoorbeeld persoonlijke diagnostiek of advisering komt ook de Medical device regulation (MDR) en CE-certificering in beeld. Waar een klassiek medical device vaak een direct en scherp omschreven doel heeft, heeft een AI-algoritme vaak verschillende rondes van ontwikkeling nodig. Daarnaast vereist de MDR dat een AI-algoritme veilig is in de hele levenscyclus. Deze beide eisen maken het vaak lastig om een (G)AI-algoritme MDR-compliant te maken en om deze reden gaan ontwikkelaars vaak op zoek naar een gebruiksdoel waarvoor geen MDR naleving nodig is. Dit is soms een gemiste kans, omdat de grootste meerwaarde van toepassingen vaak wel ligt binnen MDR-regelgeving, zoals bijvoorbeeld het samenvatten van patiëntgegevens of ondersteunen in het stellen van een diagnose (zie ook Hoofdstuk 3). Een andere uitdaging van de MDR is dat er in Nederland te weinig notified bodies zijn, wat het ontwikkelen van GAI oplossingen voor de zorg verder kan vertragen. Notified bodies zijn aangewezen instanties die beoordelen of medische hulpmiddelen met gemiddeld of hoog risico aan wettelijke eisen voldoen om toegelaten te worden op de Europese markt ([bron](#)). In Nederland zijn drie notified bodies aangewezen. Aan notified bodies worden hoge eisen gesteld en deze worden aangewezen door de lidstaten zelf. De MDR stelt strengere eisen aan notified bodies. Nederlandse notified bodies voor de MDR worden door VWS aangewezen waarbij deze na elke vier jaar wordt her-beoordeeld ([bron](#)). Door het geringe aantal notified bodies kan de ontwikkeling van GAI voor de zorg vertraging oplopen door lange tijdslijnen in de certificering van digitale innovaties. Zo adviseren verschillende adviesbureaus om een jaar tot anderhalf jaar te rekenen voor het hele certificeringsproces (zie bijvoorbeeld [bron](#)).

7 Conclusie en aanbevelingen

Het doel van dit TNO onderzoek was te identificeren en te analyseren welke factoren van invloed zijn op het succesvol implementeren van GAI-technologieën in de gezondheidszorg. Er is geïnventariseerd wat de huidige status van AI in de gezondheidszorg is, en wat de mogelijkheden, uitdagingen en risico's met betrekking tot de inzet van GAI in de Nederlandse gezondheidszorg zijn. De belangrijkste bevindingen en aanbevelingen gedurende dit onderzoek zijn hieronder samengevat.

7.1 Huidige Impact en potentie van Generatieve AI

De huidige impact van GAI in de Nederlandse zorgsector is nog beperkt. Dat blijkt uit zowel de gehouden interviews als het deskresearch voor dit rapport. Hoewel er aanzienlijke potentie bestaat op diverse terreinen zoals diagnose en behandeling, concentreert de huidige toepassing zich voornamelijk op het verminderen van administratieve werklast in niet-klinische terreinen. Dit omvat taken zoals het opstellen van concepten voor niet-medische vragen van patiënten en het samenvatten van dossiers. Mogelijk zorgt dit bij de zorgprofessionals voor vermindering van lasten en meer contact met patiënten. Echter, is er een algemene terughoudendheid bij zowel artsen als technologiebedrijven in Nederland om GAI in te zetten voor medische toepassingen.

In onderstaande tabel wordt per GAI-toepassing de impact, potentie en het risiconiveau weergegeven. De structuur komt overeen met de toepassingen van hoofdstuk 3, waarbij gekozen is enkel die toepassingen weer te geven die zowel direct in de zorg gebruikt worden als een relatieve hoge volwassenheid kennen. De risico's niveaus zijn gebaseerd op de vier risiconiveaus van de EU AI Act (zie [bron](#)). Het is belangrijk hierbij de kanttekening te plaatsen dat binnen elke genoemde toepassingscategorie aanzienlijke variatie van risico mogelijk is. Het daadwerkelijke risico is daarmee use-case afhankelijk.

Tabel 1. Toepassingsgebieden van GAI geordend oplopend van laag naar hoog risico. Daadwerkelijke risiconiveau zal use-case afhankelijk zijn

Toepassing	Risico Niveau	Potentie Niveau	Reden
Automatisering van administratieve taken	Laag tot gemiddeld risico	Hoog	Draagt direct bij aan vrijmaken capaciteit van zorgpersoneel zonder grote risico's rondom hallucinaties en controle. Eenvoudig om samen met expert te laten werken. Risico hang af van de mate waarin model medisch gerelateerde handelingen verricht.
Virtuele gezondheidsassistenten en telemedicine	Gemiddeld tot Hoog risico	Gemiddeld tot Hoog	Potentie om veel werk van de zorgverlener uit de zorgpraktijk te nemen naar de thuissetting. Risico is hoger dan vorige toepassing vanwege mogelijke medische aard. Hoog risico als het met medische en biometrische gegevens werkt.
Diagnose en behandelplanning	Hoog risico	Hoog	Potentie hoog om werk van zorgverlener te ondersteunen en uit handen te nemen. Hoog risico als mens niet eindverantwoordelijk is en omdat er met biometrische gegevens wordt gewerkt.

Ondanks de geringe huidige impact lopen er verschillende pilotprojecten binnen de Nederlandse zorg om de impact uit te breiden. Uit het onderzoek voor dit rapport blijken er verschillende uitdagingen te zijn in het proces van een onderzoeksproject naar de daadwerkelijke (brede) implementatie van GAI in de zorgprocessen. De implementatie en opschaling wordt met name belemmerd door het gebrek aan kennis en de weerstand tegen het gebruik van AI-toepassingen van zorgprofessionals. Ook de MDR is onduidelijk over dit type software, en de AI-act is nog in de maak.

Een aanvullende conclusie van dit onderzoek is dat de voortrekkers op het gebied van General Artificial Intelligence (GAI) in de gezondheidszorg voornamelijk uit de grote Tech bedrijven uit de VS zoals Microsoft, EPIC, Google, etc. bestaat. Dankzij hun omvangrijke middelen, zowel financieel als qua expertise, zijn zij bij uitstek in staat om de complexe juridische en regelgevende hindernissen die gepaard gaan met de implementatie van AI in de gezondheidszorg te overwinnen. Ze een significante stuwende kracht zijn in de transformatie van zorgdiensten door middel van GAI-technologieën en vertegenwoordigen een groot taalgebied (Engels) ten opzichte van het Nederlandse.

Tot slot blijkt uit gesprekken met zorgprofessionals en betalers dat de business-case voor grootschalige adoptie bij digitale innovaties, in het bijzonder met betrekking tot GAI, vaak onderbelicht blijft. Hierdoor blijven digitale oplossingen vaak steken in de pilotfase. Dit wordt mede veroorzaakt door de complexe financieringsstructuren binnen de zorg in Nederland, waar de kosten en baten van nieuwe technologieën en innovatie in het algemeen niet gelijkmatig verdeeld zijn over de verschillende stakeholders. Zo liggen de baten van digitalisering regelmatig niet bij de investeerders. In sommige delen van de gezondheidssector bestaan er zelfs financiële prikkels die efficiëntieverhoging of digitalisering tegenwerken. Zo is het verdienmodel van de potentiële voordelen van GAI onduidelijk. Eventuele gewonnen tijd

kan ingezet worden voor meer patiëntcontact of voor het verhogen van het volume van geleverde zorg, maar het is onduidelijk hoe dit zich zal ontwikkelen. Tot slot is er voor de succesvolle implementatie van GAI een aanzienlijke tijdsinvestering van medisch professionals nodig. Gezien de bestaande capaciteitstekorten is het lastig om deze tijd vrij te maken, hoewel zich dit mogelijk spoedig terugverdient. In navolging op de verkennende maatschappelijke kosten-batenanalyse van AI in 2021, wordt n.a.v. de snelle ontwikkelingen op het gebied van AI aanbevolen om een nieuwe kosten-batenanalyse van AI in de zorg uit te voeren.

7.2 Risico's

Naast de potentie en uitdaging bij implementatie in de zorgprocessen zijn er ook risico's. Een belangrijk risico is de toenemende afhankelijkheid van grote (vaak buitenlandse) Techbedrijven die de AI-technologieën leveren, wat kan leiden tot een verslechterde onderhandelingspositie voor zorginstellingen en vendor lock-in, risico's voor leveringszekerheid en continuïteit en het lastig maken voor de Nederlandse overheid om te zorgen dat de buitenlandse bedrijven zich aan de Nederlandse en Europese richtlijnen houden.

GAI kan autonoom functioneren in situaties die duidelijk en niet-medisch zijn, waarbij het risico op schade beperkt is, en biedt daarmee waardevolle ondersteuning voor taken met een laag risico. Echter, in complexere, medisch gerelateerde situaties wordt het cruciaal dat de eindverantwoordelijkheid en controle altijd bij de zorgverlener blijven liggen. Dit kwam in alle interviews naar voren. De ondoorzichtigheid van AI-modellen en het potentieel voor onjuiste interpretaties of 'hallucinaties' benadrukken het belang van menselijk toezicht, vooral in de gezondheidszorg. Terwijl GAI waardevolle assistentie kan bieden door routinematige en eenduidige taken te automatiseren, moet de besluitvorming in medische contexten, waar de gevolgen aanzienlijk kunnen zijn, steeds onder de supervisie van een gekwalificeerde professional staan, die de ultieme beslissingsbevoegdheid behoudt.

Daarnaast is er vanuit het zorglandschap behoefte aan duidelijke governance structuren die overstijgende kaders bieden voor het bepalen van succes bij de implementatie van GAI. De MDR is onduidelijk over dit type software, en de AI-act is nog in de maak. Een mogelijke oplossingsrichting kan zijn accreditatie van de leverancier in plaats van certificering van de oplossing. De AI Leidraad vormt een houvast voor de implementatie van AI maar lijkt niet goed aan te sluiten op de specifieke karakteristieken van GAI.

Ook is er behoefte aan opleiding voor zorgpersoneel om beter om te gaan met AI en digitalisering. Kennis van de technologie kan bijdragen aan veiliger gebruik ervan, grotere acceptatie en snellere implementatie.

Er is ook behoefte aan breed gedragen succescriteria, waarmee de mate van succes van GAI-toepassingen kan worden bepaald.

Ook is er het risico dat op termijn de zorgverlener helemaal uit beeld verdwijnt in de interactie tussen patiënt en GAI, wat niet altijd de beste zorg oplevert voor de patiënt.

Overigens is er een diversiteit aan opvattingen in het veld. Sommige stakeholders benadrukken de kansen van de technologie, terwijl anderen de risico's onderstrepen en waarschuwen voor overhaaste implementatie. Een evenwichtige benadering is noodzakelijk om te voorkomen dat de zorgsector in een onwenselijke situatie belandt en te komen tot brede acceptatie.

Tot slot is er een risico op toenemende afhankelijkheid van de zorgverleners van (vaak buitenlandse) technologie leveranciers. De onderhandelingspositie van zorgleveranciers kan mogelijk verslechteren wanneer er door toenemende vraag aan zorgpersoneel en capaciteit

een afhankelijkheid van technologie vergroot die maar door enkele marktpartijen kunnen worden geleverd.

7.3 Aanbevelingen

In de huidige fase van zorginnovaties met GAI is de impact nog beperkt. Toch gaan de ontwikkelingen razendsnel. Ook onderkennen verschillende stakeholders de potentie van de technologie. Daarnaast is er een aantal belangrijke uitdagingen. Op korte termijn is er vooral waarde voor het ondersteunen in de administratieve werkdruk die zorgaanbieders ervaren.

Vanuit de interviews met experts komt naar voren dat het noodzakelijk is dat GAI-technologieën in samenwerking met zowel de arts als de patiënt geïmplementeerd wordt, zodat het goed aansluit bij de behoefte en geaccepteerd wordt door beide partijen. Daarvoor is het belangrijk een cultuur van continue feedback en samenwerking tussen technologen en zorgverleners te bevorderen, om ervoor te zorgen dat GAI-oplossingen blijven aansluiten bij de behoeften. Hierbij is het belangrijk om uit te vragen wat er gecommuniceerd moet worden door de arts aan de patiënt rondom het gebruik van GAI. Voor implementatie is het essentieel om duidelijk grenzen te definiëren in het gebruik van GAI.

De leidraad AI is geschikt voor 'klassieke' machine learning maar niet voor de inzet van GAI en zal dus moeten worden uitgebreid.

Momenteel hebben zorgprofessionals weinig tijd en ruimte om GAI te implementeren blijkt uit de gehouden interviews. Voor zorgprofessionals zal tijd vrijgemaakt moeten worden om succesvolle integratie van GAI te waarborgen en mogelijke efficiëntie te winnen. Hier gaan dus de kosten voor de baten uit. Dit blijkt uit gesprekken met verschillende stakeholders uit de zorg. Wel blijkt dat geïnterviewden met een technologische achtergrond denken dat in tegenstelling tot klassieke AI, GAI inherent gebruiksvriendelijker is en relatief minder training zal behoeven. Toch is het van belang zorgverleners te voorzien van gerichte trainingen over het gebruik en de mogelijkheden van GAI-technologieën, zodat ze deze effectief kunnen inzetten binnen hun praktijk. Daarnaast moet er een sterke focus liggen op het vergroten van het bewustzijn over de ethische aspecten en privacyoverwegingen bij het gebruik van dergelijke systemen in de zorg om risico's te verlagen. Effectieve communicatiestrategieën dienen te worden ontwikkeld om zorgprofessionals up-to-date te houden over de laatste ontwikkelingen en best practices in de toepassing van GAI.

Om vertrouwen in de effectiviteit en betrouwbaarheid van GAI binnen de gezondheidszorg te bevorderen, kan worden overwogen om benchmarks te ontwikkelen. Deze benchmarks zouden bijvoorbeeld een uitgebreide verzameling patiëntendossiers omvatten (indien gebruikt voor samenvattende doeleinden), elk voorzien van een samenvatting van cruciale informatie zoals medicatiegebruik en voorgeschiedenis, ter ondersteuning van medisch professionals en afhankelijk van een toepassing (zoals bijvoorbeeld uit Tabel 1). Door een taalmodel te evalueren op basis van zijn vermogen in een breed spectrum van gevallen consistent nauwkeurige informatie te extraheren, kan de betrouwbaarheid ervan worden aangetoond. Een hoge score op dergelijke benchmarks duidt op een sterke prestatie, terwijl fouten tot een lagere score leiden. Het succesvol implementeren van een benchmark kan aanzienlijk bijdragen aan het opbouwen van vertrouwen in GAI-toepassingen in de zorg. Verder is het essentieel om benchmarks niet alleen te baseren op het correct extraheren van informatie, maar ook op het contextuele begripsvermogen van het model. Dit omvat het vermogen van het model subtiele nuances in medische data te herkennen en correct te interpreteren, zoals het verschil tussen medicatie-interacties en comorbide aandoeningen. Hierdoor kunnen professionals in de gezondheidszorg beter geïnformeerde beslissingen nemen. Bovendien is het belangrijk de

ontwikkeling van benchmarks te begeleiden met ethische overwegingen, met name met betrekking tot de privacy van patiënten en de veiligheid van hun gegevens. Dit vereist dat benchmarks worden opgesteld met geanonimiseerde datasets die toch realistische medische scenario's representeren, zodat GAI-modellen kunnen worden getest zonder gevoelige informatie bloot te stellen.

Het beoordelen van de betrouwbaarheid van een GAI-model gaat verder dan alleen technische prestaties. Het omvat ook het evalueren van de ethische afwegingen die het model maakt bij het genereren van zijn output, zoals het vermijden van vooroordelen en het waarborgen van gelijke behandeling van alle patiënten. Dit kan worden bereikt door het model te testen met een diverse set aan patiëntendossiers die een breed scala aan demografische kenmerken en medische aandoeningen vertegenwoordigen.

Daarnaast is het wenselijk samenwerking tussen verschillende (pilot) projecten te bevorderen om de versnippering van inspanningen te verminderen. Een gezamenlijke aanpak kan synergiën creëren en de algehele effectiviteit van innovaties in de zorg vergroten. De NL-AIC en het kennisnetwerk AI en aanpalende initiatieven zoals de Digizo en HI-NL in de zorg kunnen hier een rol spelen, maar de vraag is of er genoeg budget, mankracht en mandaat beschikbaar is om deze regie te voeren.

Ook geven verschillende geïnterviewden stakeholders aan dat binnen het huidige zorglandschap het niet altijd duidelijk is hoe de baten, kosten en risico's verdeeld worden. Zo is er gebrek aan eenduidige uitkomstmaten, is het niet altijd duidelijk wie moet betalen voor de innovatieprojecten en kan het zijn dat binnen de huidige financieringsstructuur de mogelijke baten van investeren in (G)AI bij een andere partij landen. Men verwacht meer tijd te hebben voor patiënten maar ook te vrezes voor een hogere werkdruk en nog kortere contactmomenten als de efficiëntie en het bijbehorende volume door technologie verhoogd kan worden. Een nieuwe kosten-batenanalyse van AI in de zorg zou meer inzicht kunnen geven. Ook denken enkele professionals dat de prikkels voor de zorg om te digitaliseren en te veranderen, mogelijk niet voldoende zijn om genoeg snelheid in de digitalisering te behalen om op korte termijn impact te maken. Zowel zorgverzekeraars als medische professionals hebben in interviews aangegeven behoefte te hebben aan meer duidelijkheid rondom deze thema's om de inzet van GAI in de zorg te bespoedigen. VWS kan hierin een regierol nemen om met het veld deze kaders te gaan schetsen.

Het ontwikkelen en grootschalig implementeren van toepassingen van GAI in de zorg is een complexe onderneming die veelal voorbehouden is aan enkele grote (vaak buitenlandse) bedrijven. Deze complexiteit is vergelijkbaar met de situatie in de farmaceutische industrie, waar ook slechts enkele grote bedrijven in staat zijn om nieuwe medicijnen succesvol te ontwikkelen en op de markt te brengen. De analogie zit in het feit dat in beide sectoren bedrijven te maken hebben met strenge regelgeving, uitgebreide veiligheids- en effectiviteitstesten (al zijn die voor GAI nog volop in ontwikkeling), en een langdurig goedkeuringsproces door regelgevende instanties. Net zoals het ontwikkelen van een nieuw medicijn vereist dat een farmaceutisch bedrijf over de nodige financiële middelen, expertise en infrastructuur beschikt om door (klinische) proeven te navigeren en regelgevende hindernissen te overwinnen, zo vereist het ontwikkelen van GAI-toepassingen een soortgelijke inzet en capaciteit om te voldoen aan regelgevingsstandaarden en het implementatieproces succesvol te doorlopen. Beide processen zijn kapitaalintensief en risicovol, met als resultaat dat alleen de grootste en meest gevestigde organisaties in staat zijn om deze uitdagingen te overwinnen en innovaties op grote schaal te introduceren. Dit maakt het voor kleinere partijen lastig om de concurrentie aan te kunnen gaan met grote Tech bedrijven. De vraag is of dit een

wenselijke situatie is voor de Nederlandse zorg en of dit ook anders kan. Deze vraag heeft onderzoek.

Ook zijn er andere interessante toepassingen die meer onderzoek vereisen. Zo is het ondersteunen van de patiënten-reis (patient journey) en het ondersteunen van regie en zelfmanagement mogelijk met GAI. LLM's kunnen een cruciale rol spelen in de patiënten-reis door complex medisch jargon te vertalen naar begrijpelijke taal, waardoor patiënten hun diagnose en behandeling beter begrijpen. Ze zijn ook in staat om uitgebreide elektronische patiëntendossiers (EPD's) te analyseren en beknopte samenvattingen te bieden, wat patiënten helpt om snel essentiële informatie te verkrijgen. Deze empowerment van patiënten, gesteund door LLMs, stelt hen in staat om actiever deel te nemen aan beslissingen over hun zorgpad, wat leidt tot meer gepersonaliseerde en effectieve gezondheidszorg. Ondanks de potentie is meer onderzoek en ontwikkeling nodig deze toepassing op te bouwen. Een andere toepassing met potentie die meer onderzoek vereist is het gebruik van GAI voor het genereren van synthetische data. Deze ontwikkeling staat in de praktijk nog in de kinderschoenen, maar het bezit aanzienlijke potentieel om zorginnovaties te stimuleren door trainen van modellen te ondersteunen (vereist veel data) en hergebruik mogelijk te maken zonder privacy te schenden (voor onderzoeksdoeleinden).

Tot slot geeft één van de geïnterviewde experts aan dat de huidige MDRwetgeving te veel uitgaat van medische apparaten en niet goed past bij algoritmes en AI. Ook blijkt dat er weinig *notified bodies* zijn die zorgen voor lange tijdslijnen in de certificering van digitale innovaties. Ze pleiten daarom voor een accreditatiesysteem waarbij ontwikkelaars geaccrediteerd kunnen worden om software te ontwikkelen die zich aan de verschillende kaders en wetgeving houdt, zonder voor elke nieuw algoritme of toepassing certificering te halen. De Nederlandse overheid zou dit kunnen onderzoeken en in verdere onderhandelingen in Europa over nieuwe wetgeving mee kunnen nemen.

7.4 Visie op de toekomst

De ontwikkeling van GAI zal de komende jaren blijven voortduren. De verwachte impact op de Nederlandse zorg is groot, omdat GAI de potentie heeft bij te dragen aan betaalbare, toegankelijke en kwalitatieve zorg. Wel is het van belang naast de mogelijkheden ook de uitdagingen in het vizier te houden. Zo is er de noodzaak om belangrijke Nederlandse waarden, zoals rechtvaardigheid, transparantie, veiligheid, verantwoording en duurzaamheid te blijven borgen in wetgeving en beleid. Ook is het van belang de afhankelijkheid van een klein aantal buitenlandse partijen tegen te gaan door meer in AI-innovaties binnen Nederland te investeren. Deze visie put uit de verschillende gesprekken die zijn gevoerd met relevante stakeholders uit het zorglandschap voor dit rapport en past bij de recent gepresenteerde kabinetsvisie op GAI (zie [bron](#)).

8 Ondertekening

Utrecht, 4 april 2024

C. de Jong-Rubingh
Research Manager RAPID

R. van Stokkum
Auteur

9 Bijlagen

9.1 Bijlage 1: Afkortingen en definitielijst

AI: Artificiële intelligentie	Kunstmatige intelligentie dat in staat is om patronen te leren herkennen en voorspellen
CE-markering	Deze markering geeft aan dat een product volgens de fabrikant aan alle EU-eisen voldoet qua veiligheid, gezondheid en milieubescherming
Closed-source	Wanneer het publiek geen toegang krijgt tot de broncode en deze dus op geen enkele manier kan zien of wijzigen
Cloud provider	Een bedrijf dat een platform, infrastructuur, toepassing of opslagservices (in de cloud) aanbiedt
CV: Computer vision	Subcategorie van kunstmatige intelligentie die zich richt op het bouwen en gebruiken van digitale systemen om visuele gegevens te verwerken, analyseren en interpreteren
EPD: Elektronisch Patiënten Dossier	Softwaretoepassing waarbij medische patiëntengegevens in digitale vorm bewaard en beschikbaar gemaakt worden
GAI: Generatieve AI	Kunstmatige intelligentie dat in staat is om nieuwe inhoud te creëren
GANs: Generative Adversarial Networks	Model waarin twee neurale netwerken in tandem werken: één voor het genereren van afbeeldingen en de ander voor het evalueren
GDPR: General Data Protection Regulation	De Algemene verordening gegevensbescherming is een Europese verordening die de regels voor de verwerking van persoonsgegevens door particuliere bedrijven en overheidsinstanties in de hele Europese Unie standaardiseert
GPT: Generative Pre-trained Transformer	Taalmodellen voor algemene doeleinden die een breed scala aan taken kunnen uitvoeren, van het creëren van originele inhoud tot het schrijven van code, het samenvatten van tekst en het extraheren van gegevens uit documenten
LLMs: Large Language Models	Systemen getraind op grote hoeveelheden tekst data, leren taalstructuren, grammatica en stijlvariaties
ML: Machine learning	Een subset van kunstmatige intelligentie waarin computers leren van data en verbeteren met ervaring zonder expliciet te worden geprogrammeerd
MDR: Medical device regulation	Europese wet- en regelgeving voor medische hulpmiddelen. Opgesteld om veilig gebruik van medische hulpmiddelen te garanderen
NLP: Natural language processing	Een tak van de kunstmatige intelligentie die computers in staat stelt menselijke taal te begrijpen, te genereren en te analyseren
NL-AIC: De Nederlandse AI Coalitie	Publiek-privaat samenwerkingsverband waarbij overheid, bedrijfsleven, onderwijs- en onderzoeksinstituten en maatschappelijke organisaties zich inzetten om AI-ontwikkelingen in Nederland te versnellen en AI-initiatieven in Nederland met elkaar te verbinden

Notified bodies	Instantie die beoordeelt of medische hulpmiddelen met gemiddeld of hoog risico aan wettelijke eisen voldoen om toegelaten te worden op de Europese markt
Prompt	Instructies die aan een AI-model worden gegeven om een uitvoer te genereren
Prompt engineering	Een techniek binnen kunstmatige intelligentie en natuurlijke taalverwerking. Het houdt zich bezig met het ontwerpen en formuleren van contextuele instructies, genaamd “prompts,” die aan een AI-model worden gegeven om een gewenste taak uit te voeren
Sandboxes	Gecontroleerde omgeving waar ontwikkelaars, onder toezicht van overheidsinstanties, AI-systemen kunnen testen en inzetten in reële scenario's, met enige flexibiliteit op het gebied van de regelgeving
SAZ: Samenwerkende Algemene Ziekenhuizen	Vereniging van regionale ziekenhuizen
Speech-to-tekst technologie	Het door machine learning modellen vertalen van gesproken tekst naar geschreven tekst
Synthetische data	Een kopie van originele data die de onderliggende eigenschappen vertegenwoordigt zonder herleidbare persoonsgegevens te bevatten
Target-Safety-Assessments	Combineert cheminformatica, netwerkbiologie en data- en tekstmining voor het samenstellen van een uitgebreid rapport over het veiligheidsprofiel van een target
TNO: Nederlandse Organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek	Onafhankelijke onderzoeksorganisatie
UAVG: Uitvoeringswet Algemene verordening gegevensbescherming	De Uitvoeringswet Algemene verordening gegevensbescherming geeft in Nederland uitvoering aan de Algemene verordening gegevensbescherming, die per 25 mei 2018 de Wet bescherming persoonsgegevens vervangt
Vendor lock-in	Maakt een klant afhankelijk van een leverancier voor producten
VR: virtual reality	Een computer gegenereerde omgeving met scènes en objecten die echt lijken, waardoor de gebruiker het gevoel krijgt dat hij wordt ondergedompeld in zijn omgeving
VWS: Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport	Zet zich in voor de gezondheid en kwaliteit van leven van alle Nederlanders. Door te werken aan goede, betaalbare, duurzame zorg en ondersteuning. Door preventie en goede voeding te stimuleren. En door ervoor te zorgen dat er goede (top)sportvoorzieningen zijn

9.2 Bijlage 2: Zoektermen tabel voor doorzoeken bronnen

Deze zoektermen moeten verschillende aspecten van generatieve AI en de toepassing ervan in de gezondheidszorg bestrijken. Hier is een tabel met relevante zoektermen voor elk thema, inclusief aanvullende facetten die belangrijk zijn voor de succesvolle implementatie van generatieve AI in de Nederlandse gezondheidszorg:

Thema	Zoektermen
Voor- en nadelen van generatieve AI	"Generatieve AI voordelen", "Generatieve AI nadelen", "Generatieve AI risico's", "Generatieve AI kansen in gezondheidszorg"
Graad van acceptatie	"Acceptatie generatieve AI in gezondheidszorg", "Gebruikersadoptie AI in zorg", "Enquête AI acceptatie gezondheidssector"
Volwassenheid van toepassing	"Maturity levels generatieve AI", "Ontwikkelingsfase AI in zorg", "Generatieve AI readiness"
Schaling	"Opschalen AI in gezondheidszorg", "AI implementatie strategieën", "Generatieve AI groeimodellen"
Voorbeelden van geslaagde inzet	"Succesverhalen AI in zorg", "Case studies generatieve AI in gezondheidszorg", "Best practices AI gezondheidssector"
Voorbeelden van gefaalde inzet	"AI mislukkingen in zorg", "Lessen uit falende AI-projecten", "Case study gefaalde AI in gezondheidszorg"
Omgaan met wetgeving	"AI regelgeving in gezondheidszorg", "AI en GDPR in zorgsector", "Wettelijke kaders AI in gezondheidszorg"

Thema	Zoektermen
Dataprivacy en Beveiliging	"AI data privacy in gezondheidszorg", "Beveiliging AI-systemen in zorg", "AI en patiëntendata bescherming"
Integratie met Bestaande Systemen	"Integratie AI met zorgsystemen", "Compatibiliteit AI in ziekenhuizen", "AI en EHR/EMR integratie"
Financiering en Kostenbeheersing	"Financiering AI projecten in zorg", "Kostenbatenanalyse AI in gezondheidszorg", "Subsidies voor AI in de zorgsector"
Opleiding en Training van Personeel	"Training gezondheidspersoneel in AI", "Educatieve programma's AI in zorg", "AI competenties in gezondheidszorg"

Thema	Zoektermen
Ethiek en Maatschappelijke Verantwoordelijkheid	"Ethiek van AI in gezondheidszorg", "Maatschappelijke impact van AI in zorg", "AI ethische richtlijnen in zorg"
Patiëntenparticipatie en Feedback	"Patiëntenervaringen met AI in zorg", "Feedbackmechanismen AI in gezondheidszorg", "Patiëntenbetrokkenheid bij AI-ontwikkeling"
Toekomstige Technologische Trends	"Toekomstige AI trends in gezondheidszorg", "Opkomende AI technologieën in zorg", "Innovatie in AI voor gezondheidszorg"

Tabel voor resultaten: per toepassing	<p>Waar is het wel of niet gelukt en waarom?</p> <p>Hoe ziet innoveren in de zorg eruit met GAI?</p> <ul style="list-style-type: none"> - acceptatie, schaling, risico's (ethisch, juridisch en inhoudelijk: onbetrouwbaarheid), integratie in het zorg proces, toepassingsgebied, scholing, 	
	Wat doet het inhoudelijk voor welk toepassingsgebied?	
	Kans op succes (businesscase en bijdrage aan het 'verdeelvraagstuk': toegang, betaalbaarheid en kwaliteit van de zorg	
	Volwassenheid technologie	
	Welke ziekenhuizen/zorginstellingen? Welke bedrijven?	
	Integratie in het zorgproces	
	Scholing	
	Gebruikte bronnen	

	Welke techniek wordt gebruikt?	
	Privacy	
	Risico's	
	Schaling	
	Ethische verantwoordelijkheid/impact matschappelijk?	
	Juridisch?	
	Patient participatie	

9.3 Bijlage 3: Interview schema en vragen

Voor de interviews is gebruik gemaakt van semi-gestructureerde interview methode waarbij de volgende vragen als leidraad diende voor een uur durend gesprek. De interviews zijn opgenomen, uitgewerkt en verwerkt in het rapport. Telkens twee TNO onderzoekers waren aanwezig bij elk gehouden interview. Door de projectgrootte is er voor gekozen niet de interviews te transcriberen en te coderen maar de verworven inzichten op te nemen in de structuur van het rapport.

1. Introductie (5 minuten)
 - o Verwelkomen van de deelnemer.
 - o Uitleggen van het doel van het interview en hoe de gegevens gebruikt zullen worden.
 - o Uitleggen van vertrouwelijkheid en toestemming vragen voor opname en het gebruik van de naam van de deelnemer.
2. Algemene vragen (10 minuten)
 - o Welke generatieve AI-toepassingen zijn er momenteel in de gezondheidszorg en hoe worden deze gebruikt?
3. Impact en resultaten (10 minuten)
 - o Wat is de impact en wat zijn de resultaten van deze GAI-toepassingen tot nu toe?
 - o Hoe bepaalt men succes en zorgt men voor acceptatie binnen de zorg?
4. Landschap en ecosysteem (10 minuten)
 - o Hoe zou u het huidige landschap en ecosysteem van GAI in de gezondheidszorg beschrijven?
5. Specifieke toepassingen (10 minuten)
 - o Kunt u specifieke toepassingen noemen waar GAI een rol kan gaan spelen in de zorg?
 - o Bespreking van onderwerpen zoals epidemiologische gegevens, diagnose en behandelplanning, voorspellende analyse, gepersonaliseerde geneeskunde, automatisering van administratieve taken, virtuele gezondheidsassistenten, telemedicine en training en simulatie.
6. Voorbeelden en lessen (10 minuten)
 - o Kunt u voorbeelden geven van (on)succesvolle inzet van GAI in de gezondheidszorg?
 - o Welke lessen kunnen we trekken uit ervaringen in binnen- en buitenland?
7. Uitdagingen en belemmeringen (5 minuten)

- Wat zijn de ethische, privacy- en transparantie-uitdagingen bij het gebruik van GAI in de gezondheidszorg?
8. Regelgeving en beleid (10 minuten)
- Bespreking van de AI Act, GDPR en UAVG in Nederland, de European Health Data Space (EHDS), de Medical Device Regulation (MDR) en de WGBO.
 - Hoe kan de overheid helpen om deze innovaties te integreren in de gezondheidszorg?
9. Toekomstvisie en afsluiting (5 minuten)
- Hoe ziet u de toekomst van GAI in de gezondheidszorg?
10. Slotopmerkingen (1 minuut)
- Dank de deelnemer voor hun tijd en inzichten.
 - Bevestig de volgende stappen