

Strategy

www.tno.nl

+31 88 866 00 00

info@tno.nl

TNO 2026 17159 – 26 mei 2026

Eindnotitie

TNO Impact en Data-Infrastructuur

Auteurs	Marcel de heide
Rubricering verslag	TNO Public
Titel	TNO Impact en Data-Infrastructuur
Aantal pagina's	14
Programmanaam	EZK Programmafinanciering Data Infrastructuur
Projectnummer	060.61215

Alle rechten voorbehouden

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

© 2026 TNO

Inhoudsopgave

1	Inleiding: verbetering data-infrastructuur	4
1.1	Waardecreatiemodel: 'Input' - 'Impact'	4
1.2	Tekortkomingen huidige set indicatoren	5
1.3	Werkplan verbeteren data-infrastructuur	5
2	Resultaten werkplan	8
2.1	WP1: 'Impact Stories'	8
2.2	WP2: PPS-data IT	8
2.3	WP3: Theoretisch beleidskader	9
2.4	WP4: AI / LLM	12
3	Conclusies en vervolgstappen	13

1 Inleiding: verbetering data-infrastructuur

1.1 Waardecreatiemodel: 'Input' - 'Impact'

TNO hanteert als basis voor het beschrijven van de effecten van onderzoek het waardecreatiemodel. Figuur 1.2 geeft een overzicht van de huidige indicatoren die TNO verzamelt in deze context.

De basis voor bijna alle informatie die nu wordt verzameld is het SAP-systeem (software voor het managen van bedrijfsprocessen (in dit geval een soort van (als een projectmanagementsysteem), met behulp van o.a. bijbehorende Digital Project Forms (met informatie over onderwerp (titel), financieringsbron, scope, etc.) van het project en de 'urenregistratie' (met informatie over tarieven en tijdschrijven van onderzoekers). De informatie wordt (tijdens de uitvoering) verzameld en opgeslagen op het niveau van individuele projecten.

Merk op dat het feit dat het SAP-systeem primair is gericht op het managen van bedrijfsprocessen impliceert ook dat de bijbehorende informatie die wordt verzameld beperkt is wat betreft de scope. Zo wordt er alleen informatie verzameld over (de omvang van) financiering van onderzoek (en bepaalde kenmerken van de financier) als er een 'directe' relatie is tussen TNO en de financier: als er een rekening wordt verstuurd en / of er een zekere financieringsstroom waarneembaar is.

Kader 1: Beperkingen van het SAP-systeem als basis voor informatieverzameling.

De overige indicatoren die in de huidige situatie worden verzameld zijn niet gekoppeld aan een specifiek project, en niet aan elkaar gelinkt. Met andere woorden: de overige indicatoren worden elk op een andere manier verzameld en opgeslagen (in een andersoortige database), en zijn niet dusdanig gelabeld dat ze eenvoudig herleid kunnen worden naar een specifiek project.

De 'maatschappelijke discussie' over de rol en relevantie van TNO gaat in de praktijk (voornamelijk) over hoe effectief TNO is in het creëren van 'Outcome', en daarmee Impact door het doen van onderzoek. 'Outcome' gaat in die context over effecten op microniveau (het niveau van 'de overheid' en innoverende bedrijven die kennis toepassen in het 'productieproces'): omvang van toegevoegde waarde, werkgelegenheid, etc. Impact gaat over de effecten op macroniveau (het niveau van de economie en de maatschappij 'als geheel'): omvang van bbp-effecten maar ook 'maatschappelijke' impact zoals veiligheid.

De 'politieke discussie' over de rol en relevantie van TNO gaat (daarnaast) over hoe efficiënt TNO is (als één van de publieke instrumenten om R&D en innovatie aan te jagen) in het 'omzetten' van 'Input' in 'Outcome' / 'Impact' - om de publieke financiering te verantwoorden. Voor EZ vormt inzicht in de

effectiviteit én efficiëntie in die context daarnaast de basis om te trachten de totale beleidsmix verder te optimaliseren.

Voor TNO zelf kan juist inzicht in hoe Input leidt tot 'Activiteiten' tot 'Output' en zo verder van 'Outcome' tot 'Impact' dienen als een basis voor het efficiënt sturen van bijvoorbeeld (keuzes voor) onderzoeksactiviteiten.

Kader 2: De relevantie van het meten van de effecten van onderzoek.

1.2 Tekortkomingen huidige set indicatoren

De huidige set van indicatoren en de manier waarop deze worden verzameld kent twee belangrijke tekortkomingen. Als eerste adresseert de set vooral het onderzoeksproces zelf ('Activiteiten'), wat daar in wordt gestopt ('Input'), en de directe effecten van wat daar uit komt - kennis die neerslaat in bijvoorbeeld rapporten en publicaties ('Output'). Er is onvoldoende informatie beschikbaar over ('Outcome' en) 'Impact' - de focus van de maatschappelijke en politieke discussie (zie Kader 3).

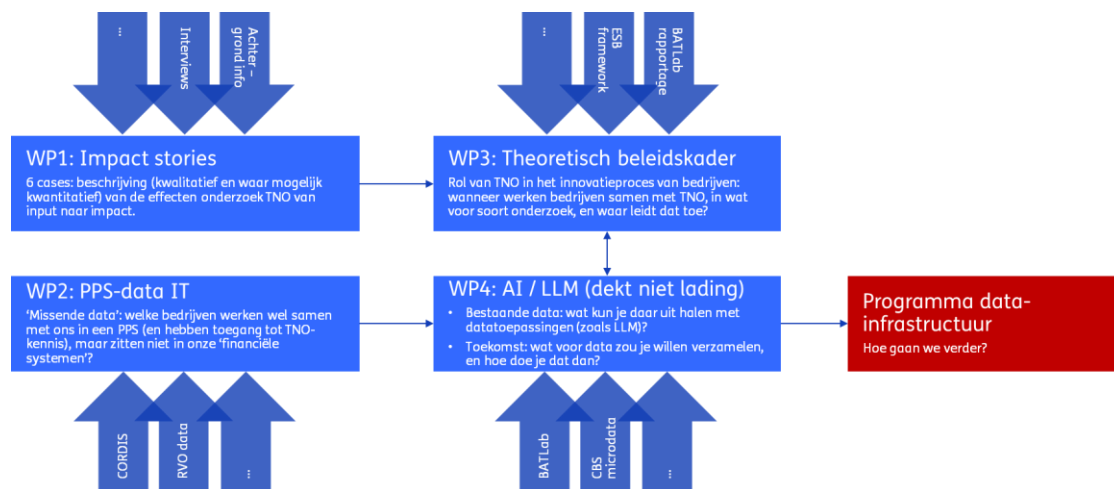
Vooral de 'vroeg effecten' van het doen van onderzoek zijn goed te vangen met indicatoren. In die fase zijn aspecten van het onderzoeksproces 'waarneembaar', en daarmee te monitoren. Het is veel moeilijker om de effecten van het toepassen van kennis te beschrijven, en om daarin dan vervolgens de bijdrage van die kennis die voortkomt uit onderzoeksprojecten te 'isoleren' - zogenaamde problemen met attributie. Deze effecten zijn daarnaast pas na langere tijd zichtbaar, (ver) na afronding van het onderzoeksproject. Juist de stap van 'Outcome' (effecten van de toepassing van kennis op het niveau van (individuele) bedrijven) naar 'Impact' (effecten op de gehele economie / maatschappij) is moeilijk, omdat toepassing van kennis juist daar leidt tot spill-over effecten én tot creative destruction. Dit impliceert dat de effecten van onderzoek 'richting Impact' meer en meer moeten worden geschat (met behulp van verschillende kwantitatieve en kwalitatieve evaluatiemethodieken).

Kader 3: Monitoren en schatten van effecten.

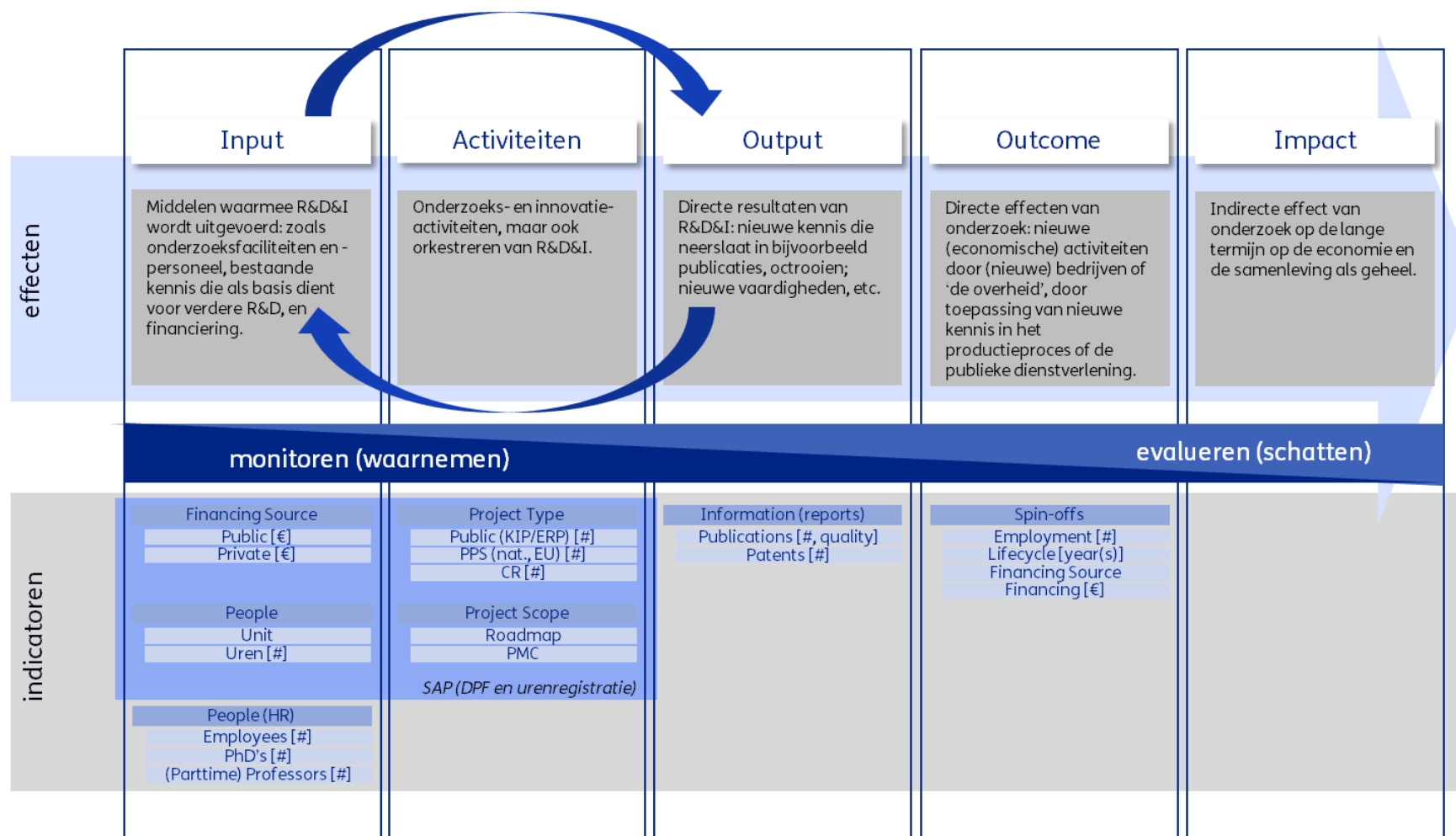
Daarnaast is het lastig om de effecten van het doen van onderzoek 'van links naar rechts' in het waardecreatiemodel te beschrijven, om zo een zekere relatie en 'gevolgtijdelijkheid' van de opeenvolgende effecten inzichtelijk te maken. Daarmee ontbreekt een belangrijke basis om onderzoek door TNO te kunnen 'sturen'.

1.3 Werkplan verbeteren data-infrastructuur

Om (een deel) van bovengenoemde tekortkomingen in het proces van informatieverzameling te adresseren heeft TNO een werkplan opgesteld met een opzet van activiteiten voor de verbetering van de data-infrastructuur: het "Impact en Data-infrastructuur – Werkplan 2024 (TNO 2024 R12266 Impact en Data-Infrastructuur)". Dit rapport beschrijft kort de resultaten van het werkplan en de bijbehorende werkpakketten, zoals beschreven in Figuur 1.1, en geeft suggesties voor hoe TNO de informatieverzameling verder kan optimaliseren om de effecten van onderzoek beter te kunnen vangen.



Figuur 1.1: Opzet werkplan met bijbehorende WP's.



Figuur 1.2: Waardecreatiemodel.

2 Resultaten werkplan

2.1 WP1: 'Impact Stories'

In de context van WP1 is voor elk van de units van TNO een zogenaamde 'impact story' geformuleerd. Een 'impact story' verhaalt hoe een bepaalde technologie die TNO (mede) heeft ontwikkeld tot impact heeft geleid in de economie en de maatschappij. Dat verhaal wordt beschreven 'van links naar rechts' in het impact framework, en niet gerapporteerd op het niveau van één individueel effect, of enkele aanpalende effecten - zoals nu gebeurt, in bestaande rapportages.

De Impact Stories zijn geschreven door externe tekstschrijvers volgens een strikt format. De rapportages zijn gebaseerd op een serie van interviews met betrokken onderzoekers van TNO en andere collega's, maar ook met externen voor bijvoorbeeld 'testimonials'. Deze informatie is aangevuld (onderbouwd) met bestaande rapportages die units zelf (laten) opstellen, elk met hun eigen scope (effecten) en doelgroep.

Op basis van een analyse van het proces van het formuleren van de zes 'Impact Stories' kan het volgende geconcludeerd worden - als input voor verdere stappen om de effecten van onderzoek door TNO beter te vangen:

- De 'Impact Stories' zijn zeer uitgebreid, maar het is toch niet gelukt het gehele proces van 'Input' naar 'Impact' te beschrijven. De 'Impact Stories' lijken te focussen op het proces van 'Activiteiten' naar 'Outcome'.
- De beschrijvingen zijn voornamelijk kwalitatief. Dit lijkt ingegeven door het feit dat het voor de voor de case geïnterviewde TNO'ers lastig is om te achterhalen wat de exacte onderliggende onderzoeksprojecten zijn geweest die de basis vormen voor de case. En daarmee is het lastig (zo niet onmogelijk) om de bijbehorende 'Input' te beschrijven. De huidige data-infrastructuur laat het niet toe de info te aggregeren op het niveau van de case, en de geïnterviewden kunnen deze info ook niet reproduceren op basis van hun geheugen en ervaringen.
- Alle geïnterviewden zijn terughoudend wat betreft het schatten van 'Impact'. Dit is ingegeven door het feit dat de omvang van toepassing van producten en diensten al moeilijk te vangen is in economische indicatoren. Het toekennen van effecten van kennis in die context is daarin buitengewoon uitdagend.

2.2 WP2: PPS-data IT

Het SAP-systeem waarmee informatie wordt verzameld over de projecten die door TNO worden uitgevoerd beschrijft niet de omvang van onderzoek waarbij er geen financiële transactie 'waarneembaar' is tussen TNO en overige actoren in een consortium. Hierdoor blijft een deel van de (directe) effecten van onderzoek door TNO buiten beeld, omdat deze actoren wel toegang tot de onderzoeksresultaten van de PPS. In de context van WP2 is daarom onderzocht wat de totale omvang is van publiek-private samenwerking waarbij TNO betrokken is.

Voor de analyse is een dataset samengesteld die is opgebouwd uit PPS-projecten die in 2023 en 2024 zijn opgestart, en die publiek zijn gefinancierd (zoals EU-projecten, PPSi (TKI-) projecten en Nationaal Groeifondsprojecten). Van de resulterende 511 projecten zijn in de

bijbehorende 'projectfiles' 'handmatig' de bijbehorende overeenkomsten (onderzoekscontracten) geanalyseerd. Daarbij zijn deelnemers en hun 'bijdrage' (financieel of in-kind) geïdentificeerd en beschreven.

Het resultaat laat zien dat TNO via indirecte PPS'en zeer intensief samenwerkt met bedrijven en andere partners. De analyse van de steekproef suggereert dat de totale omvang van de projecten waarin TNO participeert (bijna) een factor 10 groter is dan het TNO-aandeel in deze PPS'en.

Het ophalen van de gegevens van deelnemers per project uit de contracten is in de praktijk het meest tijdrovend gebleken van de gehele analyse. De gegevens zijn 'handmatig' geïdentificeerd en geregistreerd in een Excel om zo de dataset te completeren. Voor de 511 projecten is 1,5 maand aan fte (>200 uur) nodig gebleken voor een ervaren controller om de juiste informatie te verzamelen.

2.3 WP3: Theoretisch beleidskader

Het onderzoek dat TNO uitvoert met en voor bedrijven kent verschillende 'modaliteiten' (zie Tabel 2.1): i) 'eigen onderzoek' (zoals '*Early Research Programs*' en 'Vraaggestuurde Programma's'); ii) Publike-Private Samenwerking (PPS, zoals 'sponsorcontracten' en 'daadwerkelijke samenwerkingen in een subsidietraject'); en iii) contractonderzoek. Elk van deze vormen van onderzoek kent zijn eigen karakteristieken wat betreft financiering, uitvoering, sturing, en eigenaarschap van de resulterende IP.

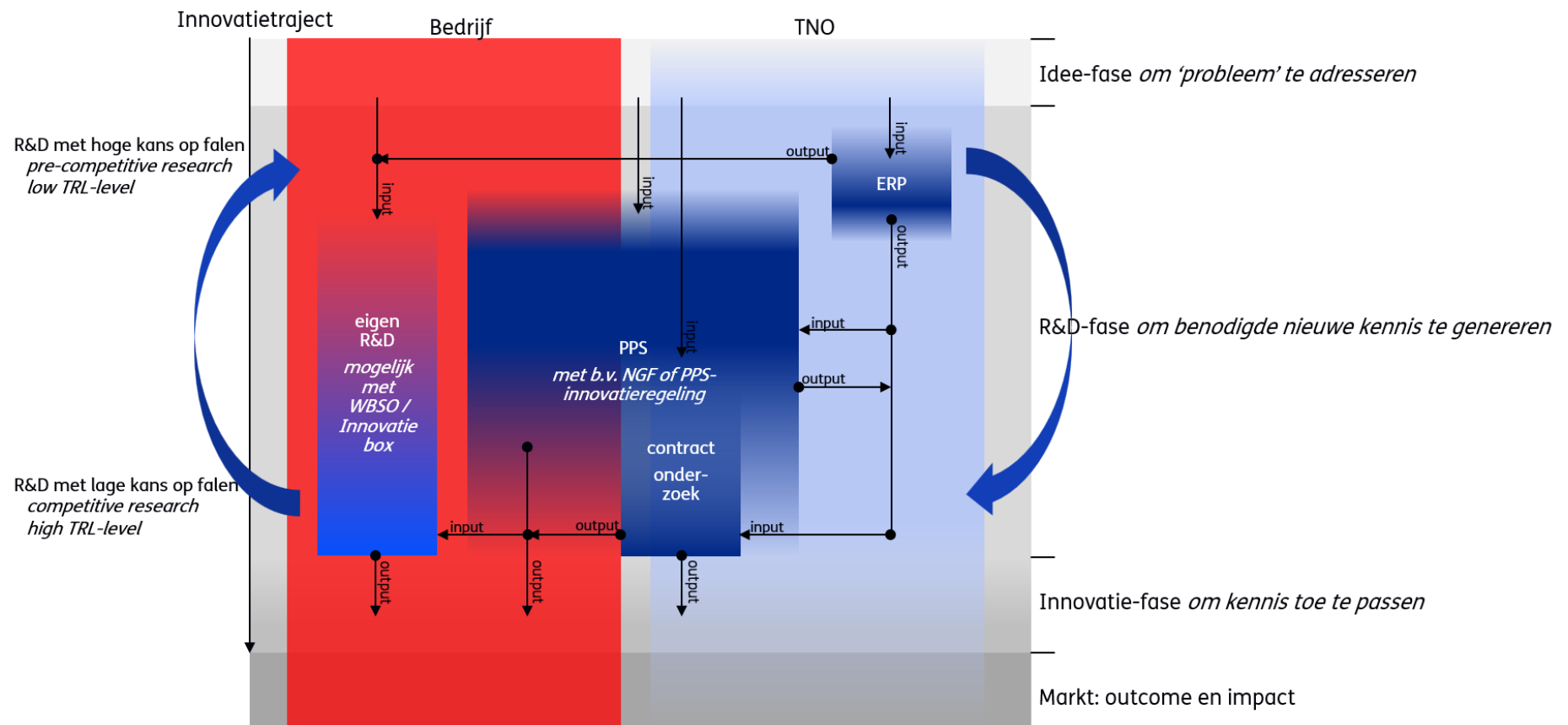
Het SAP-systeem waarmee informatie wordt verzameld over de projecten die door TNO worden uitgevoerd is nu niet in staat de relatie tussen deze verschillende vormen van onderzoek te vangen. Dit bemoeilijkt bijvoorbeeld het verder inzichtelijk maken van de rol en relevantie van TNO in het innovatiesysteem - en daarmee ook het verder optimaliseren van de publieke beleidsmix. Daarnaast ontbreekt hiermee ook informatie voor TNO zelf om keuzes in onderzoek beter te onderbouwen.

In de context van WP3 is een theoretisch kader opgesteld dat de investeringsbeslissing van bedrijven om al dan niet aan R&D te doen beschrijft. Met het theoretisch kader kan verklaard worden wat voor bedrijven wat voor soort onderzoek doen met TNO, en onder welke voorwaarden (wat betreft vorm van financiering ('cash' of 'in-kind') en eigenaarschap van de resulterende IP) ze samenwerking aan gaan. In de bijbehorende analyse is TNO één van de instrumenten van de totale beleidsmix waaruit bedrijven kunnen kiezen wanneer zij beslissen om al dan niet te investeren in onderzoek.

Op basis van dit model kunnen conclusies getrokken worden over de 'gevolgtijdelijkheid' van bovengenoemde vormen van onderzoek - ook in relatie tot (al dan niet publiek gefinancierd) eigen onderzoek door bedrijven (zie Figuur 2.1). 'Output' van het ene onderzoekstraject vormt in die context 'Input' voor vervolgonderzoek in een specifieke context (technologie, markt, etc.).

Tabel 2.1: Modaliteiten van onderzoek en hun karakteristieken.

Type project	Financiering	Uitgevoerd door	Soort bedrijven	Soort onderzoek	Soort innovatie	IP(R)
ERP (0)	Overheid, via TNO	TNO	-	Zeer hoog risico, ver weg van de markt	Gericht op kennisopbouw (opbouwen kennis kapitaal-voorraad)	IP(R) voor TNO, maar wel publicaties
PPS (1), (2)	Overheid, bedrijven, TNO - direct maar ook 'in kind'	TNO met bedrijven	Bedrijven met en zonder eigen onderzoeksinfrastructuur. Consortium bouwt op kennisinfrastructuur van gehele consortium	Relatief hoog risico, ver van de markt	Radicaal	IP gedeeld, afspraken over IPR, ook publicaties
Contractonderzoek (3)	Bedrijven	TNO voor bedrijven	Bedrijven zonder relevante onderzoeksinfrastructuur – ze bouwen daarvoor op TNO	Relatief laag risico, dicht bij de markt	Voornamelijk incrementeel	IP gedeeld, IPR voor bedrijven, geen publicaties
Fiscaal instrumentarium	Bedrijven, overheid	Individuele bedrijven	Bedrijven met relevante onderzoeksinfrastructuur	Relatief laag risico, dicht bij de markt	Voornamelijk incrementeel	IP(R) voor bedrijven, geen publicaties



Figuur 2.1: 'Activiteiten' in het waardecreatiemodel: vormen van (TNO) onderzoek en hun gevolgtijdelijkheid.

2.4 WP4: AI / LLM

TNO beschikt ook over een grote hoeveelheid ‘ongestructureerde’ gegevens in de vorm van bijvoorbeeld (digitale) projectdossiers. In deze tekstuele documenten staat veel informatie opgenomen over de inhoud van het onderzoek, samenwerkingsvormen, en uitkomsten.

In de context van WP4 is een pilot uitgevoerd (bestaande uit verschillende experimenten), met als doel om de effectiviteit van LLM wat betreft het structureren van informatie te toetsen. Daartoe zijn met behulp van specifieke ‘tools’ bepaalde ‘aspecten’ (van de effecten) van onderzoek geïdentificeerd in projectdossiers. Specifiek was het doel om projecten, als een vorm van *Activiteiten*, te kunnen ‘labelen’ volgens de sleuteltechnologieën van de NTS - om zo de bijbehorende ‘micro-data’ uit het SAP systeem te kunnen aggregeren, en indicatoren te kunnen samenstellen op het niveau van specifieke technologieën.¹ Deze pilot is uitgevoerd door het *Data and Analytics* team van TNO.

Op basis van de pilot kan het volgende geconcludeerd worden:

- Automatische KET-classificatie met LLM's is mogelijk haalbaar, maar de prestaties zijn nog niet optimaal in gegeven huidige setting.
- Er is sprake van *class imbalance* en ondervertegenwoordiging van bepaalde KET's, wat meespeelt in de resultaten: meer data is nodig. Dat betekent dat niet elk label goed vertegenwoordigd is qua aantallen (sommige kwamen veel voor, anderen niet of nauwelijks).
- Prompt engineering is van essentieel belang: een zorgvuldig geformuleerde prompt levert optimale resultaten onder de huidige omstandigheden. Zelfs minimale aanpassingen in de opdracht aan een LLM kunnen bij ieder model tot uiteenlopende resultaten leiden.
- Menselijke beoordeling blijft essentieel voor het waarborgen van de kwaliteit binnen de golden dataset. Het is om die reden niet aan te raden om labels door slechts één persoon te laten toewijzen en deze vervolgens als absolute waarheid ("de gouden standaard") te beschouwen. Dit geldt des te meer wanneer er ruimte is voor discussie over de precieze definitie van een ‘KET-bijdrage’.

De huidige aanpak levert onvoldoende resultaat op. Verdere analyse van data (en peer review) en optimalisatie van prompts is noodzakelijk voor betere uitkomsten:

- **Algemene overeenstemming** over **criteria** om tot **KET toewijzing** te komen (liggen al aantal templates uit experiment welke kunnen worden besproken). Om tot een initiële verbetering te komen is echter stap (2) ook van belang. Dit is een definitie kwestie.
- Met in stap (1) **overeengekomen prompt de gelabelde documenten opnieuw bekijken** (in peers) (inspanning van 1 + 2 is middelmatig, en kan relatief snelle kwaliteitswinst opleveren). Dit betekent dus m.b.v. de opgestelde prompt EN de opnieuw gelabelde documenten opnieuw evalueren of de kwaliteit toereikend blijkt.
- **Automatische promptoptimalisatie** kan systematisch de resultaten verbeteren, mits stap (1) en (2) zijn uitgevoerd. Deze relatief nieuwe techniek houdt het programmatisch herformuleren van prompts in. Onze latere optimalisatiepogingen leverden geen beter resultaat op, waarschijnlijk omdat stap 1 en 2 niet waren aangepast.
- **Label extra data in ondervertegenwoordigde categorieën** via *active learning*: minimaal 30 documenten per KET (in totaal 150-200). Dit verbetert de labelverdeling en voegt meer subtechnologieën toe aan de dataset. Daarna kan automatische promptoptimalisatie opnieuw worden ingezet.

¹ Zie: [De Nationale Technologiestrategie. Bouwstenen voor strategisch technologiebeleid | Rapport | Rijksoverheid.nl](#).

3 Conclusies en vervolgstappen

TNO werkt constant aan het verbeteren van de aanpak om de effecten van onderzoek te vangen en te beschrijven, om rol en relevantie nader te duiden. Onder andere op basis van het werkprogramma zijn de volgende initiatieven uitgerold, en zullen de volgende acties worden opgestart:

- In het jaarverslag 2025 vormt het waardecreatiemodel voor het eerst de basis voor de rapportage. Voor de volgende jaren zal getracht worden het kader van (kwalitatieve en kwantitatieve) indicatoren verder worden uitgebreid - met name op het gebied van maatschappelijke effecten.
- Als onderdeel van TNO.nl zal een specifieke pagina worden opgezet waar de effecten van onderzoek door TNO zullen worden gepresenteerd op basis van interne en externe rapporten en evaluaties, gestructureerd volgend het waardecreatiemodel.
- In de context van EARTO zal een data-platform worden opgezet waar leden zoals TNO data voor een set van indicatoren zullen aanleveren (vooral op het gebied van 'Input', 'Activiteiten' en 'Output'), als basis voor het (onderling) benchmarken van de RTO's die deelnemen aan het initiatief.² In eerste instantie zal het platform alleen toegankelijk zijn voor deelnemende RTO's, en zullen gegevens niet gedeeld kunnen worden met externen.
- Er zullen weer zes nieuwe impact stories worden geformuleerd - met extra aandacht voor een beschrijving (benadering) van 'Input', en 'Impact'. Naast 'individuele' cases zullen ook 'unit-overschrijdend' zogenaamde XL-impact stories worden opgesteld op brede thema's waar verschillende researchgroepen aan hebben gewerkt, zoals bijvoorbeeld emissie monitoring/luchtkwaliteit.
- Naar aanleiding van de eerdere PPS-analyse is in het afgelopen jaar een vervolgstap gezet. Een afstudeerder heeft (naast het handmatig in kaart brengen van partnerbijdragen) financieringsstromen en de totale projectwaarde van PPS-projecten, onderzocht hoe deze informatie structureel kan worden vastgelegd en ontsloten voor rapportage. Geconstateerd is dat er verschillen in beschikbaarheid en kwaliteit van documentatie tussen projecten en subsidieverstrekken is. Op basis van de werkzaamheden is een voorstel uitgewerkt om de registratie structureel te borgen aan de voorkant van het projectontwikkelingsproces, onder andere door vastlegging in het SAP-systeem (in Dynamo - een onderdeel van het SAP-systeem dat gebruikt wordt voor het vastleggen van gegevens over projecten in de voorstel-fase) en heldere procesafspraken over eigenaarschap, verantwoordelijkheden en rapportage. Omdat het al mogelijk is om in Dynamo partners vast te leggen, sluit dat mooi aan. Daar moet dan nog wel een veld aan worden toegevoegd met het bedrag. De voorgestelde aanpak is inmiddels inhoudelijk uitgewerkt en getoetst met betrokken stakeholders. Een heikel punt in deze is draagvlak en operationalisering van de vastlegging. Op dit moment is er nog bijvoorbeeld nog geen overeenstemming wie verantwoordelijk moet zijn voor de vastlegging
- De LLM-analyse suggereert dat de gehanteerde experimenten resultaten (data) geven die onvoldoende is van kwaliteit (o.a. wat betreft accuraatheid). Het verder verbeteren van de bestaande data zal structurele additionele inspanningen vereisen. De benodigde middelen en mensen zouden daarentegen ook kunnen worden ingezet om het

² Zie: [EARTO | European Association of Research and Technology Organisations](#).

projectmanagementsysteem verder te verbeteren. TNO kiest er nu voor om die laatste optie te verkennen aan de hand van (combinaties van) verschillende opties in een breed spectrum van mogelijkheden, met de volgende 'extremen':

- Het additioneel 'labellen' van projecten (inclusief de voorstellen), wat betreft bijvoorbeeld type technologie, TRL-level, vormen van 'Input' om de gevolgtijdelijkheid te duiden, etc. Ook nadere informatie over een mogelijke de PPS zoals hierboven beschreven zou kunnen worden toegevoegd. De kwaliteit van de resulterende informatie zal bij deze aanpak hoog zijn, maar de praktische uitvoerbaarheid is complex en uitdagend, omdat dit een voortdurende input van gegevens vraagt (continue 'labellen': ex-ante, tijdens en ex-post).
- Het nader specificeren van de 'karakteristieken' van onderzoekers (onderzoeksonderwerpen / -specialisaties (op het niveau van methoden, technieken, technologieën, etc.), publicaties / rapporten, etc.), en dit via de urenregistratie linken aan de projecten waaraan zij werken. De kwaliteit van de resulterende informatie zal minder hoog zijn dan in de vorige aanpak (simpelweg omdat er meer onderliggende aannames zullen moeten worden gedaan), maar de praktische uitvoerbaarheid is hoger - hoewel dit een voortdurende update vereist van de onderzoeksprofielen.