

POSITION PAPER

Nederland koploper duurzaam digitaal

Terugbrengen van de milieu-impact
van en door digitalisering



Platform voor de
InformatieSamenleving



Coalitie
Duurzame
Digitalisering

POSITION PAPER

Nederland koploper duurzaam digitaal

Terugbrengen van de milieu-impact
van en door digitalisering

Inhoud

Managementsamenvatting	10
Ambitie, focus en rol NCDD	10
1. Visie	12
1.1. Intro: samenhang duurzaamheid en digitalisering	13
1.2. Urgentie: exponentiële datagroei vraagt om transitie naar een duurzaam digitaal systeem	14
2. Context en onderbouwing	18
2.1. Definities: duurzaamheid, energietransitie en emissies	19
Duurzaamheid, energietransitie en digitalisering	19
Emissies en energieverbruik: scope 1, 2 en 3	20
E-waste, grondstoffen (her)gebruik en vervuiling	22
2.2. Definities digitale sector, NCDD kiest voor 'digitaal systeem'	22
2.3. Milieu-impact als focus van de Nationale Coalitie Duurzame Digitalisering	24
2.4. Feitelijke onderbouwing	24
Emissies en energieverbruik van het digitaal systeem	24
Scenario's toekomstige emissies	26
E-waste, grondstoffen (her)gebruik en vervuiling	29
3. Schets speelveld en knelpunten	30
Vier perspectieven en knelpunten	31
4. Missie, kernelementen en uitgangspunten NCDD	34
4.1. Missie en kernelementen	35
4.2. Uitgangspunten	36

5. Werken langs 4 programmalijnen	38
5.1. Programmalijn 1: Lagere milieu-impact vanuit het perspectief van het digitale systeem	40
Thema 1: Groene software (Green Code)	40
Thema 2: Circular Resource Planning for IT (RePlanIT)	41
Thema 3: Energie-efficiënte informatietechnologie (NL-ECO consortium)	42
Thema 4: Toegepaste fotonica in data en telecom (Applied Photonics)	43
Thema 5: Zuinigere AI (Green and Tiny AI)	43
Thema 6: Legacy en rationalisatie van de landschapsarchitectuur (Old Systems Go)	44
Thema 7: Innovatieve koeling van datacenters (Cool data)	44
Thema 8: E-waste (Circulariteit)	45
5.2. Programmalijn 2: Lagere milieu-impact vanuit het perspectief van IT-bedrijfsvoering van de IT-eindgebruiker	47
Thema 9: Groene IT-bedrijfsvoering (GreenOps)	47
Thema 10: Hybride werken en milieu-impact (Emissieloze online thuiswerkplek)	50
Thema 11: Slimme Data Management- en Data Governance-oplossingen (Dark data)	50
Thema 12: Energieverbruik van servers (Handleiding Happy Flow, Zombie servers)	51
5.3. Programmalijn 3: Energietransitie: relatie tussen het energiesysteem en het digitale systeem	52
Thema 13: Flexibilisering van en door digitalisering (Flex your compute)	53
Thema 14: Digitale Product Paspoorten en 24/7 Carbon-Free Energy (Dutch Blockchain Coalition)	54

5.4. Programmalijn 4: Noodzakelijke randvoorwaarden voor impact	55
Randvoorwaarde 1: Duidelijke en consistente wet- en regelgeving/beleid	56
Randvoorwaarde 2: Awareness-creatie en intrinsieke motivatie van eindgebruiker tot producent, inclusief een begrippenkader	57
Randvoorwaarde 3: Duurzame IT-inkoop bij overheid en bedrijfsleven	58
Randvoorwaarde 4: Kennis en vaardigheden op het snijvlak van duurzaamheid en digitalisering	58
Randvoorwaarde 5: Kennis- en Innovatie Agenda (KIA) om kennishiaten in te vullen	59
Randvoorwaarde 6: Inspiratie, kennisdeling en afstemming met de Europese en Amerikaanse NCDD (ISIT Europe en Sustainable IT.org)	61
6. Visie op rollen van stakeholders 2024-2026	62
Systemische blik op transitie: waar staan we eigenlijk?	63
7. Tijdshorizon 2030 en volgende stappen van NCDD	70

Bijlages & bibliografie

Bijlage 1: Achtergrond emissies – Wet van Moore, energieverbruik & emissies en groene stroom	72
Wat als de Wet van Moore afloopt over 5 jaar?	73
Energieverbruik en fossiele brandstoffen	73
Groene stroom	74
Bijlage 2: Definities digitale sector in onderzoeken Dialogic en SEO	76
Dialogic – 4 hoofdcategorieën die de sector omvatten	77
SEO – 4 kernmechanismen die bijdragen aan emissiereductie	77
Bijlage 3: Voorbeelden van componenten van de digitale sector die wel en niet zijn meegenomen in de afbakening (Dialogic, 2023)	80
Bijlage 4: Besparingsopties en aanbevelingen in sectoren (onderzoeken LEAP, Dialogic en SEO)	84
Bibliografie	93

Voorwoord



Nederland als koploper duurzame digitalisering

In dit rapport duidt de Strategieraad van de Nationale Coalitie Duurzame Digitalisering (NCDD) hoe zij het speelveld en de rol van de NCDD ziet. De NCDD opereert op het snijvlak van de thema's duurzaamheid en digitalisering in Nederland. De Strategieraad van de NCDD is een samenwerking tussen de ABN AMRO Bank, Alliander, Amsterdam Economic Board, Cisco Systems International B.V., ECP | Platform voor de InformatieSamenleving, IMEC, NetApp, NL Digital, ministerie van Economische Zaken en Klimaat, Rathenau Instituut, Summaview en Stichting Nederland Onderneemt Maatschappelijk.

We schrijven dit rapport omdat we ons bewust zijn van de kansen die digitalisering de economie en maatschappij biedt, maar ook van de impact ervan op het milieu en klimaat. Het digitaal systeem stoot emissies uit, verbruikt elektriciteit, en voor hardware en andere fysieke componenten zijn grondstoffen nodig. Tegelijkertijd kan het digitaal systeem ook helpen om minder energie te gebruiken, het milieu minder te belasten en bij te dragen aan duurzaamheid in andere sectoren.

Het ontwikkelen van een concreet actieplan is echter complex. Het delen van best practices en het verbinden van initiatieven is lastig door kennisbarrières en een versnipperd veld. Publiek-private samenwerking is hierbij essentieel, maar komt lastig tot stand zonder coördinatie. De NCDD maakt dit proces makkelijker door duidelijke doelen te stellen, problemen aan te pakken, uitdagingen concreet te maken en deze te agenderen op verschillende tafels. Ook faciliteert de NCDD kennisdeling tussen belanghebbenden en initieert en organiseert de coalitie nieuwe projecten en samenwerkingen om dit te bevorderen.

Bij de samenstelling van dit rapport zijn de deelnemers van de NCDD geraadpleegd. Er is voortgebouwd op de knelpunten en aanbevelingen uit het in 2022 aan de minister van Economische Zaken en Klimaat overhandigde Manifest Duurzame Digitalisering, op het LEAP-gedachtegoed (Lower Energy Acceleration Program, de voorganger van de NCDD) en op projecten, partijen en initiatieven die zich sindsdien bij de NCDD hebben aangesloten. Ook is er afstemming geweest met het ministerie van Economische Zaken en Klimaat vanwege landelijk beleid in ontwikkeling.

We realiseren ons dat het onmogelijk is een compleet en uitputtend beeld te geven van alles wat er in Nederland op het snijvlak van duurzaamheid en digitalisering gebeurt. We kiezen daarom voor een aanpak waarin de deelnemers en het netwerk van de NCDD met elkaar werken aan kansrijke en impactvolle initiatieven. Op basis van de inventarisatie, analyse en visie in dit rapport zullen we de programmalijnen met de overheid en NCDD-deelnemers verder prioriteren en uitwerken in een concreet actieplan voor 2024 en verder.

Ons doel is u te inspireren en activeren om gezamenlijk te werken aan Nederland als koploper duurzame digitalisering. Samen streven we naar een lagere milieu-impact van en door digitalisering.

Strategieraad Nationale Coalitie Duurzame Digitalisering



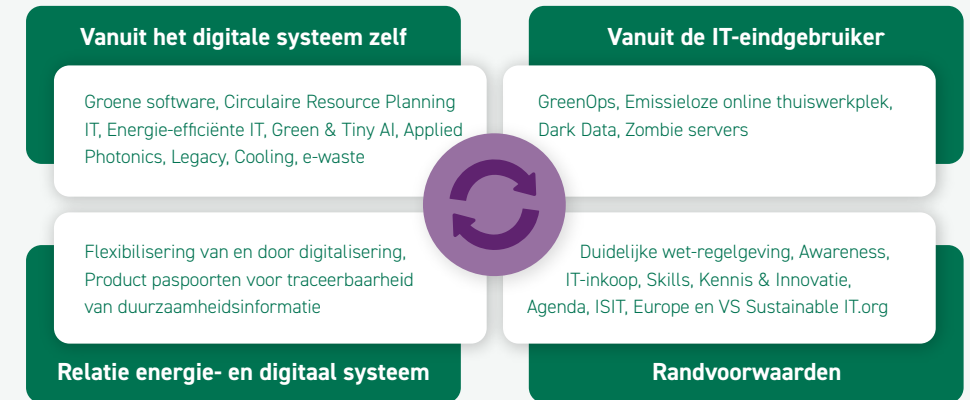
Managementsamenvatting

Digitalisering biedt de economie en maatschappij veel kansen, maar heeft ook impact op het milieu en klimaat. Het digitaal systeem (zie figuur 4, pag. 23) stoot emissies uit, verbruikt elektriciteit en voor hardware en andere fysieke componenten zijn grondstoffen nodig. Tegelijkertijd kan digitalisering ook bijdragen aan het inperken van haar eigen energiegebruik, milieu-impact én aan verduurzamingsopgaven in andere sectoren. Er gebeurt al veel in het digitaal systeem zelf en IT-eindgebruikers nemen initiatief. Ook is de urgentie om het energiesysteem aan te pakken groter dan ooit en biedt dit een grote kans om zowel de kansen met digitalisering als de uitdagingen in relatie tot deze sector aan te pakken. Daarnaast zijn we er niet met alleen deze benadering. Er zijn randvoorwaarden in Nederland die nodig moeten worden aangepakt. Vanuit een systemische blik zien wij dat er behoefte en noodzaak is deze transformatie in fasen te begeleiden, met een aantal sleutelprocessen, rollen van stakeholders en acties op de korte, middellange en lange termijn die georkestreerd moeten worden, maar waar nog geen landelijke coördinatie en afstemming op plaatsvindt.

Ambitie, focus en rol NCDD

Als digitaal koploper met duurzame ambities en een goed ontwikkeld R&D-ecosysteem, past het Nederland om toonaangevend te zijn in de ontwikkeling van innovaties en oplossingen in een duurzaam digitaal systeem. Als wij niet verduurzamen, zal dat ten koste gaan van economische groei en dragen we onvoldoende bij aan het verminderen van de impact op het milieu, zoals beoogd in de Sustainable Development Goals, het Nederlands Klimaatakkoord en de duurzaamheids-doelstelling van 'Europa's digitale decennium: doelstellingen voor 2030' (Europese Commissie, 2023). Om voldoende tractie en focus te hebben, kiezen we ervoor om in eerste instantie ons te richten op verduurzaming van het digitaal systeem en op bevordering van de relatie en integratie van het energiesysteem en het digitale systeem. Daarnaast werken we aan noodzakelijke randvoorwaarden zoals awareness, consistente en duidelijke wet- en regelgeving en skills op het snijvlak van duurzaamheid en digitalisering.

Perspectieven Nationale Coalitie Duurzame Digitalisering



De rol van de NCDD verhoudt zich tot de kansen en uitdagingen die we zien.

1. Het ontwikkelen van een integrale aanpak is complex. **NCDD vereenvoudigt dit proces door visie te creëren, duidelijke doelen te stellen, kansen en uitdagingen concreet te maken en aan te pakken, en deze onderwerpen bespreekbaar te maken aan verschillende bestuurlijke tafels in Nederland.**
2. Het delen van best practices en het verbinden van initiatieven is vaak lastig door kennisbarrières en een versnipperd veld. **NCDD faciliteert kennisdeling en samenwerking tussen belanghebbenden in de coalitie.**
3. Publieke-private samenwerking op thema's is essentieel maar komt lastig tot stand zonder coördinatie. **NCDD initieert en organiseert nieuwe projecten en samenwerkingen om dit te bevorderen.**

Op deze manier maken we samen de ambitie **'Nederland koploper duurzaam digitaal'** waar!



HOOFDSTUK 1

Visie

1.1. Intro: samenhang duurzaamheid en digitalisering

Wat we in de digitale wereld doen, is alleen maar mogelijk dankzij de fysieke wereld. Wanneer we Zoomen, Netflixen en online winkelen maken we gebruik van servers en opslagsystemen in datacentra die via kabels, routers en switches met elkaar verbonden zijn. Dit digitale systeem is afhankelijk van ruimte, energie, water en andere schaarse grondstoffen. De benodigde grondstoffen zijn niet alleen schaars, de delving ervan heeft ook een negatieve milieu-impact buiten Nederland en vindt bovendien soms plaats in landen waar de arbeidsomstandigheden slecht zijn. Tot op heden leidde de groei van ons dataverkeer niet tot een evenredige groei van het energieverbruik. Maar als de voorspellingen over de exponentiële groei in dataverkeer kloppen, en de beloofde efficiëntieslag door compactere en energiezuinigere ICT niet plaatsvindt, gaat dit zeker veranderen.

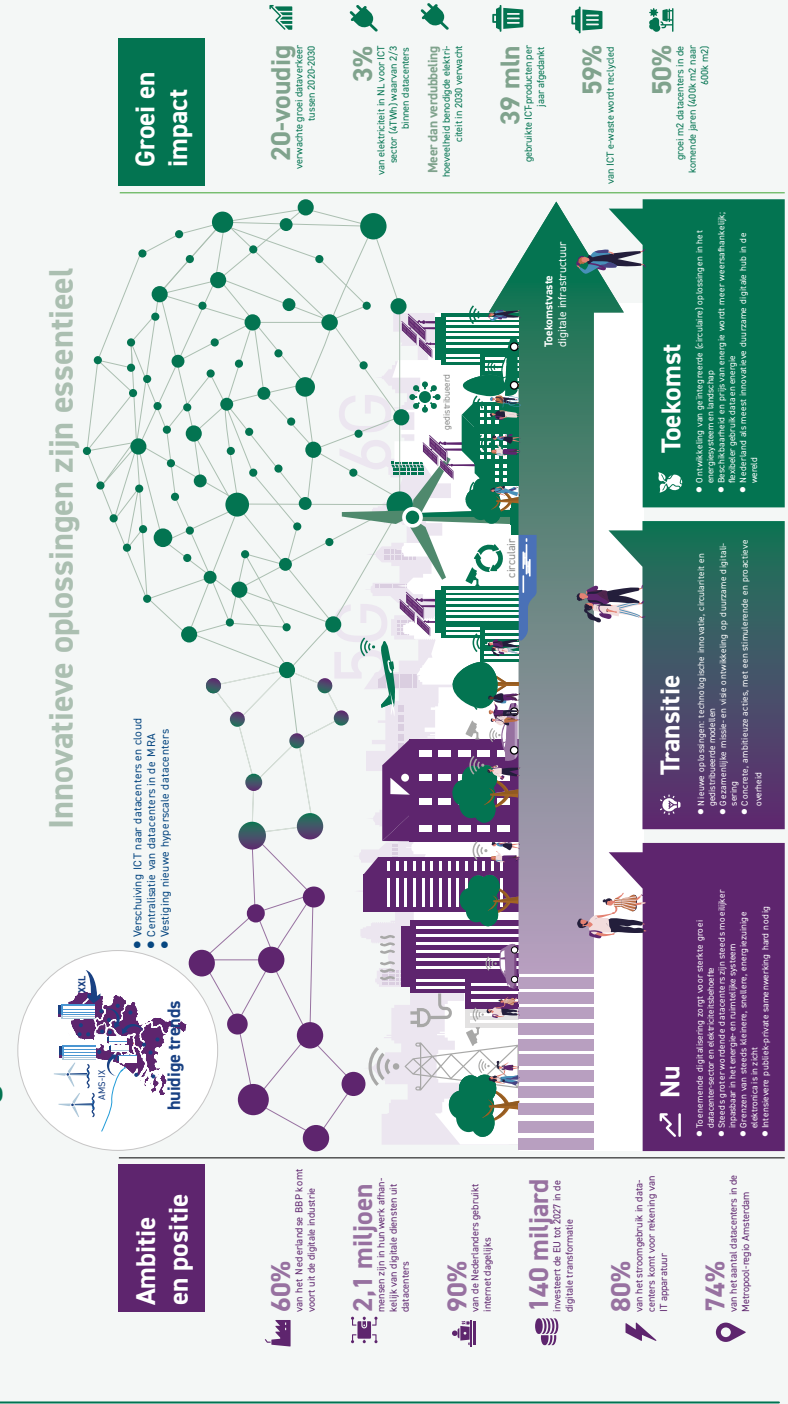
Is de ongebreidelde digitale groei wel houdbaar en wenselijk? Aan welke maatschappelijke behoefte dient het digitale systeem te voldoen? Deze vragen zijn uiterst relevant en raken thema's binnen dit rapport. Het digitale systeem houdt bovendien niet op bij onze landsgrenzen. Datacentra, zendmasten en kabels zijn steeds vaker onderwerp van geopolitiek en nationaal of lokaal getouwtrek. Dit zorgt ervoor dat duurzame digitalisering ook samenhangt met zorgen over gegevensbescherming, digitale veiligheid en digitale soevereiniteit. Er is dus behoefte aan een integrale blik op duurzame digitalisering. Maar ook aan nieuwe innovaties om een ander, duurzamer groeipad te vinden, dat losgekoppeld is van een evenredige claim op energie en materialen en een betere inpassing heeft in het energiesysteem. Zo kan digitalisering ook op een verantwoorde wijze bijdrage aan het behalen van duurzaamheidsdoelen.

Sterker nog, als digitaal koploper met duurzame ambities en een goed ontwikkeld R&D-ecosysteem past het Nederland om toonaangevend te zijn in het ontwikkelen van nieuwe innovaties en oplossingen op het gebied van een duurzaam digitaal systeem. Als wij niet verduurzamen, dan zal dat ten koste gaan van ontwikkelingen in de economie. Om impact te creëren is innovatie alleen niet voldoende. We moeten ook een gezamenlijke taal en kennisbasis ontwikkelen, bewustzijn creëren en prikkels voor duurzame toepassingen inbouwen, rekening houdend met Europese en mondiale ontwikkelingen.

1.2. Urgentie: exponentiële datagroei vraagt om transitie naar een duurzaam digitaal systeem

Het LEAP-programma (de regionale voorloper van de NCDD) liet zien dat er nu en in de toekomst behoefte is aan het ontwikkelen van innovatieve oplossingen (zie figuur 1). Exponentiële datagroei vraagt om een transitie naar een duurzaam digitaal systeem.

Exponentiële datagroei vraagt om transitie naar duurzame digitale infrastructuur

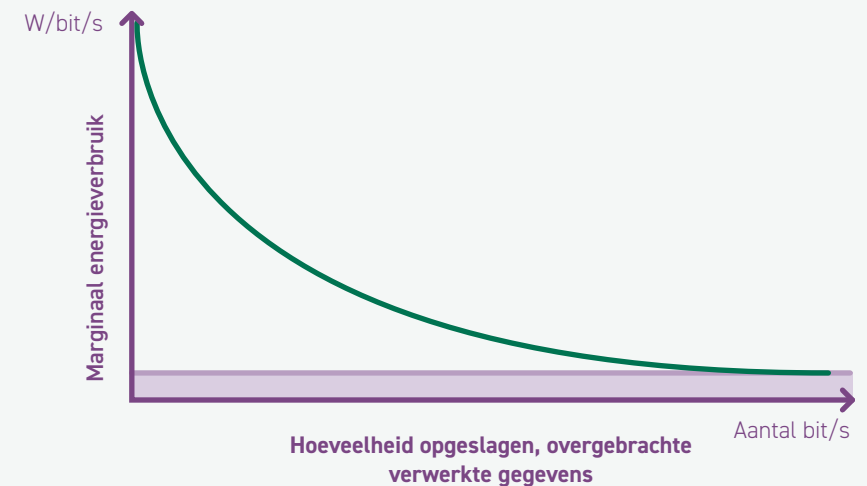
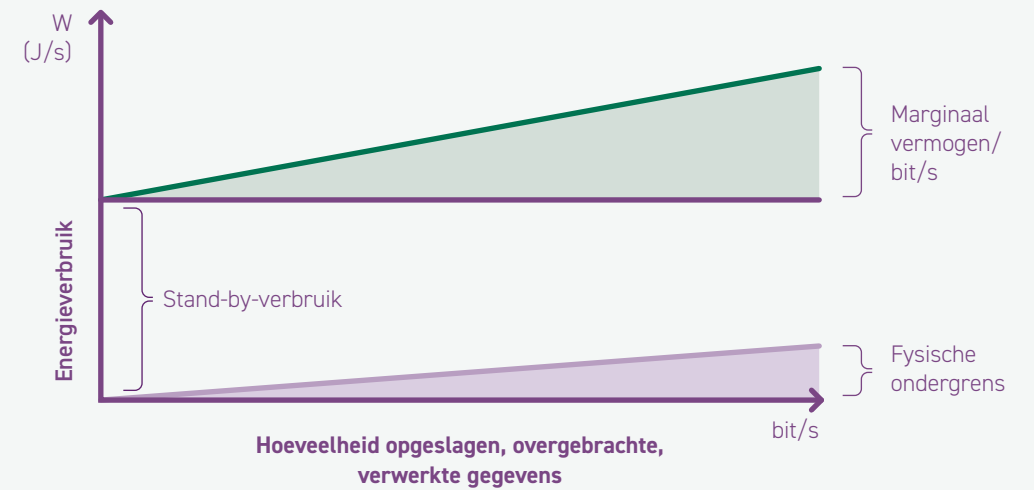


Figuur 1: Exponentiële datagroei vraagt om transitie naar duurzame digitale infrastructuur (Bron: LEAP, 2021)



In de afgelopen jaren groeide het volume van opgeslagen, verwerkte en overgebrachte data exponentieel met tientallen procenten per jaar (Dialogic, 2023). Deze groei laat zich deels verklaren door de groei van het aantal internetgebruikers/aansluitingen wereldwijd, de introductie van nieuwe diensten en de groei van het gebruik van bestaande diensten, maar ook door kwaliteitsgroei (bijvoorbeeld foto's en video's met hogere resoluties) en intensiteitsgroei (bijvoorbeeld doordat er meer video-streaming wordt gedeeld en bekeken). De vraag is of en hoe deze toegenomen behoefte in relatie staat tot de energie die nodig is om hieraan te voldoen.

Fysisch gezien kost het overbrengen, opslaan en verwerken van informatie altijd een bepaalde hoeveelheid energie, die afhankelijk is van de hoeveelheid informatie. Het beeld bestaat dat een toename van de hoeveelheid (verwerkte, opgeslagen en overgebrachte) data dan ook een evenredige groei in energieverbruik geeft. In de praktijk gaat deze redenering echter niet direct op. Er speelt in het digitale systeem enerzijds een bepaald basis *stand-by*-verbruik dat nodig is om een dienst te kunnen leveren. Dat wil zeggen dat een product als een server of basisstation een bepaald energieverbruik heeft – zelfs wanneer er géén dataverkeer is (stroomverbruik is er niet alleen met dataverkeer, ook als er geen dataverkeer is kan er stroomverbruik zijn in de stack met betrekking tot processen zoals encryptie, analyses en *back-ups*). Anderzijds zal een toename van bijvoorbeeld het netwerkverkeer over de bestaande infrastructuur ook niet direct tot een grote stijging van het energieverbruik leiden. In figuur 2 wordt dit op een schematische manier weergegeven.



Figuur 2: Relatie tussen energieverbruik en de hoeveelheid gegevens die wordt opgeslagen, overgebracht en verwerkt (Bron: Dialogic, 2023)



Context en onderbouwing

HOOFDSTUK 2

2.1. Definities: duurzaamheid, energietransitie en emissies

Duurzaamheid, energietransitie en digitalisering

Duurzaamheid is een veelomvattend onderwerp dat al vele jaren in verschillende vormen bestaat. Meer in het algemeen is duurzaamheid het uithoudingsvermogen van systemen en processen. Duurzame ontwikkeling is ontwikkeling die voorziet in de behoeften van de huidige generatie, zonder de behoeften van toekomstige generaties – hier en in andere delen van de wereld – in gevaar te brengen. Dat is de gangbare definitie van de VN-commissie Brundtland uit 1987.

Duurzaamheid en de energietransitie zijn termen die vaak door elkaar worden gebruikt; ze overlappen, maar verschillen ook. Wanneer wordt gesproken over de energietransitie, dan bevat dat thema's als een duurzaam elektriciteitssysteem, een gebouwde omgeving die steeds minder aardgas gebruikt en steeds meer energie opwekt, een klimaatneutrale en concurrerende industrie, duurzame mobiliteit, een volledig circulaire economie en een klimaatneutrale landbouw. Digitalisering kan binnen deze onderwerpen een faciliterende en aanjagende werking creëren, maar vergt zelf ook een belasting op energie. Denk bijvoorbeeld aan dataconsumptie- en opslag in datacenters, het internet *up-and-running* houden en blockchain-technologie.

Duurzaamheid en digitalisering zijn zo ongeveer de twee belangrijkste maatschappelijke opgaven én kansen van dit moment. Beiden opgaven houden ook verband met elkaar. Digitalisering is een middel om duurzaamheidsdoelen te realiseren, maar tegelijkertijd heeft de manier waarop we digitaliseren ook een directe milieu-impact. In de Nederlandse Digitaliseringstrategie (2021) wordt deze relatie ook benoemd, maar niet veel verder uitgewerkt. Wel is er een ambitie geformuleerd: het kabinet wilde zich vanaf 2022 met betrokken partners en lidstaten inzetten om de digitaliseringstransitie ook een duurzame transitie te laten zijn.

Emissies en energieverbruik: scope 1, 2 en 3

Het verminderen van emissies begint met het kunnen berekenen van de emissies. Om emissies te categoriseren is een methodiek ontwikkeld die uitstoot uitsplitst in scope 1-, 2- en 3-emissies (WRI/WBCSD, 2023). Dit is weergegeven in figuur 3. **Deze categorisering heeft twee doelen:**

- 1. Administratief:** om te voorkomen dat emissies op allerlei manieren niet of dubbel worden geteld;
- 2. Beleid:** om het aantrekkelijk te maken om specifiek beleid te ontwikkelen voor verschillende vormen van emissies, voor organisaties die over hun emissies moeten rapporteren (Deloitte, z.d.).

Een onderscheidend kenmerk tussen scope 1-, 2- en 3-emissies is de mate waarin een organisatie zelf inzicht in de emissies heeft en deze kan beïnvloeden.

Scope 1-emissies – helemaal in eigen hand

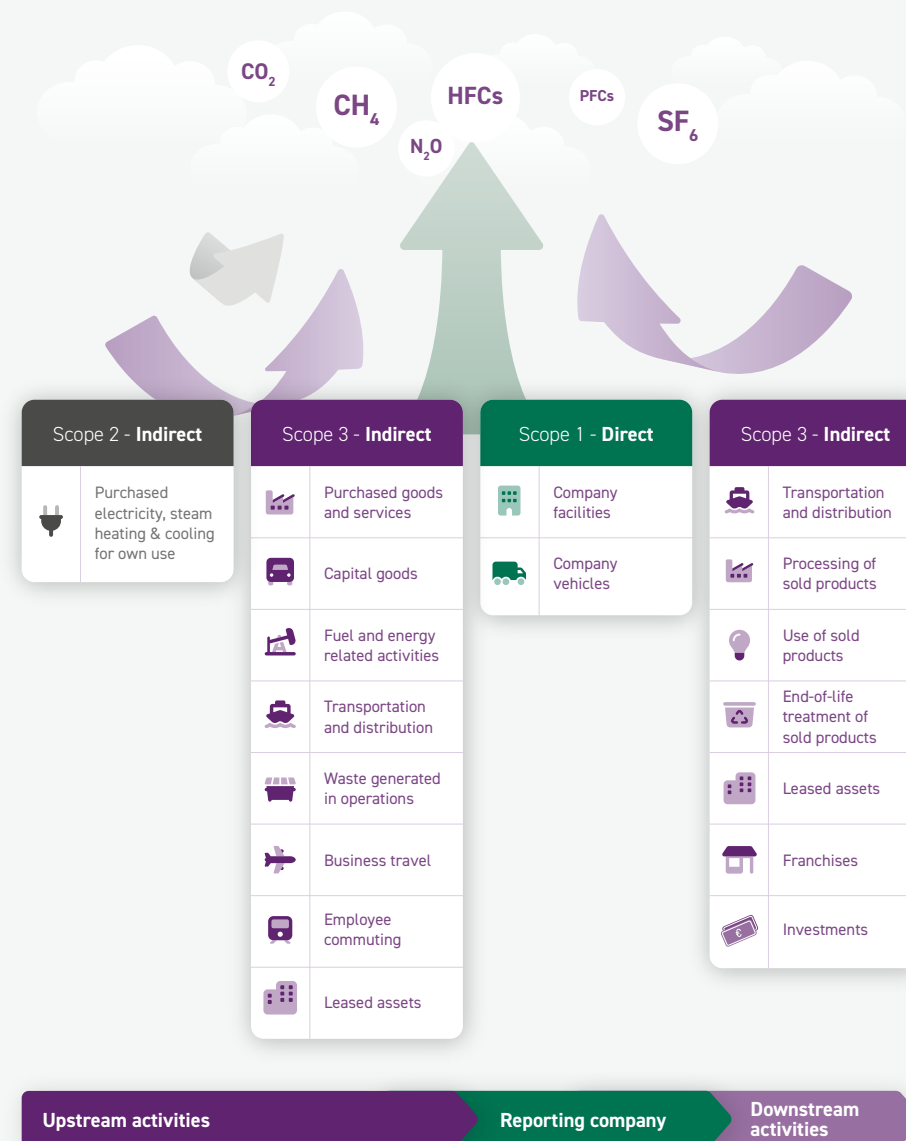
Emissies in scope 1 betreffen uitstoot van broeikasgassen bij de eigen activiteiten van een organisatie. Vaak als gevolg van het gebruik van fossiele brandstoffen en fossiele grondstoffen. Voorbeelden zijn de uitstoot van de benzine- en dieselauto's die door de organisatie worden ingezet, de uitstoot van gasverwarmingsketels om de eigen gebouwen te verwarmen en de uitstoot van productieprocessen. De organisatie heeft zelf inzicht in deze emissies en kan ze zelf beïnvloeden.

Scope 2-emissies - ten gevolge van inkoop van energie

Dit zijn de emissies als gevolg van de energie die de organisatie inkoop in de vorm van elektriciteit, warmte of koeling.

Scope 3-emissies – indirect verantwoordelijk

Dit zijn emissies waarvoor de organisatie indirect verantwoordelijk is, zoals de emissies in de toeleveringsketens en bij klanten wanneer de organisatie dat mogelijk maakt.



Figuur 3: Overzicht van alle broeikasgasemissies in de waardeketen (Bron: World Economic Forum, 2023)

In bijlage 1 (pag. 72) wordt de relatie tussen emissies, de Wet van Moore, energieverbruik en groene stroom verder toegelicht.

E-waste, grondstoffen (her)gebruik en vervuiling

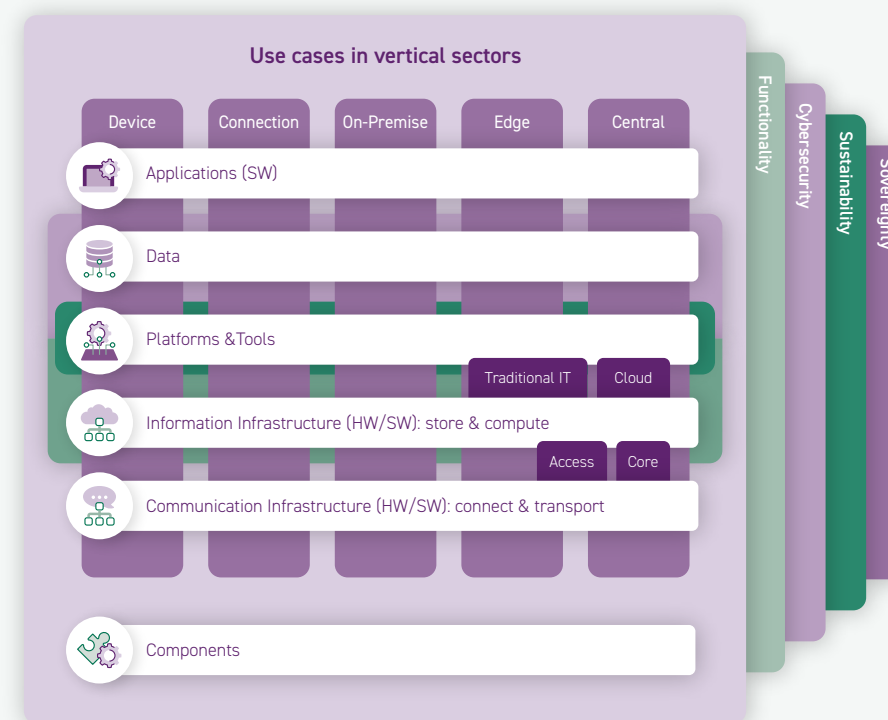
Naast broeikasgasemissies resulteert de groeiende vraag naar elektronische apparaten in een aanzienlijk grondstoffengebruik en een explosieve toename van elektronisch afval, ofwel e-waste. De grondstoffenwinning kan milieuschade veroorzaken, zoals bodemdegradatie, watervervuiling en ontbossing ten behoeve van mijnbouw. Daarnaast vereist de productie van elektronische apparaten en het digitaal systeem aanzienlijke hoeveelheden zeldzame metalen en mineralen, waardoor de druk op deze grondstoffen toeneemt. Verder worden veel apparaten na (her)gebruik niet goed genoeg ingeleverd voor recycling (denk aan jouw oude telefoons of camera's die nog ergens achter een schot liggen), waardoor deze waardevolle materialen onnodig verloren gaan.

2.2. Definitie digitale sector, NCDD kiest voor 'digitaal systeem'

In de recente onderzoeken van Dialogic en SEO worden definities gehanteerd voor de digitale sector. Deze definities zijn opgenomen in bijlage 2 (pag. 76). Naast beschrijvingen van de digitale sector, heeft de NCDD meerdere modellen bestudeerd als het gaat om het weergeven van digitale systemen en de definities ervan. De weergave hiernaast (bron: TNO, 2020) bevat een uitgebreide representatie van het digitale systeem, die NCDD het meest aanspreekt om mee te werken, omdat op alle onderdelen duurzaamheid een rol speelt.

Het model van TNO is een uitkomst van een intern onderzoek van TNO waarin ongeveer 15 *high level architecture*-modellen zijn geanalyseerd en gecompriëerd tot deze afbeelding van het digitale systeem.

Generic Layered Model



Figuur 4: Model van de digitale sector (Bron: TNO, 2020)

Dit model beschrijft het digitale systeem langs twee assen: een fysieke en een virtuele as. Horizontaal is de fysieke, infrastructurele keten weergegeven waarlangs informatie beweegt; van apparaten van eindgebruikers (zoals een laptop of smartphone), via een (netwerk)verbinding, naar een on-premise-, edge- of gecentraliseerd datacenter en omgekeerd. Verticaal zien we de grotendeels virtuele technologieën die draaien op deze onderliggende apparatuur, zoals applicaties, platformen, opslag en rekenkracht. In essentie vangt dit model hiermee alle fysieke en virtuele aspecten van digitale technologie. Het digitale systeem wordt gevormd door de verzameling van werkzaamheden gericht op het produceren en toepassen van deze digitale technologieën.

2.3. Milieu-impact als focus van de Nationale Coalitie Duurzame Digitalisering

De NCDD kiest ervoor om primair te kijken naar de milieu-impact van het digitale systeem. De milieu-impact wordt opgesplitst in de volgende categorieën¹:

1. Energiegebruik (gemeten in kilowattuur – kWh);
2. Emissies (gemeten in CO₂-equivalenten);
3. Grondstoffengebruik (Abiotic Depletion Potential (ADP), onderdeel van het Life Cycle Assessment);
4. Elektronisch afval (gemeten volgens de WEEE-richtlijn (Waste Electrical and Electronic Equipment Directive));
5. Vervuiling (gemeten in kilogram per vervuilend element).

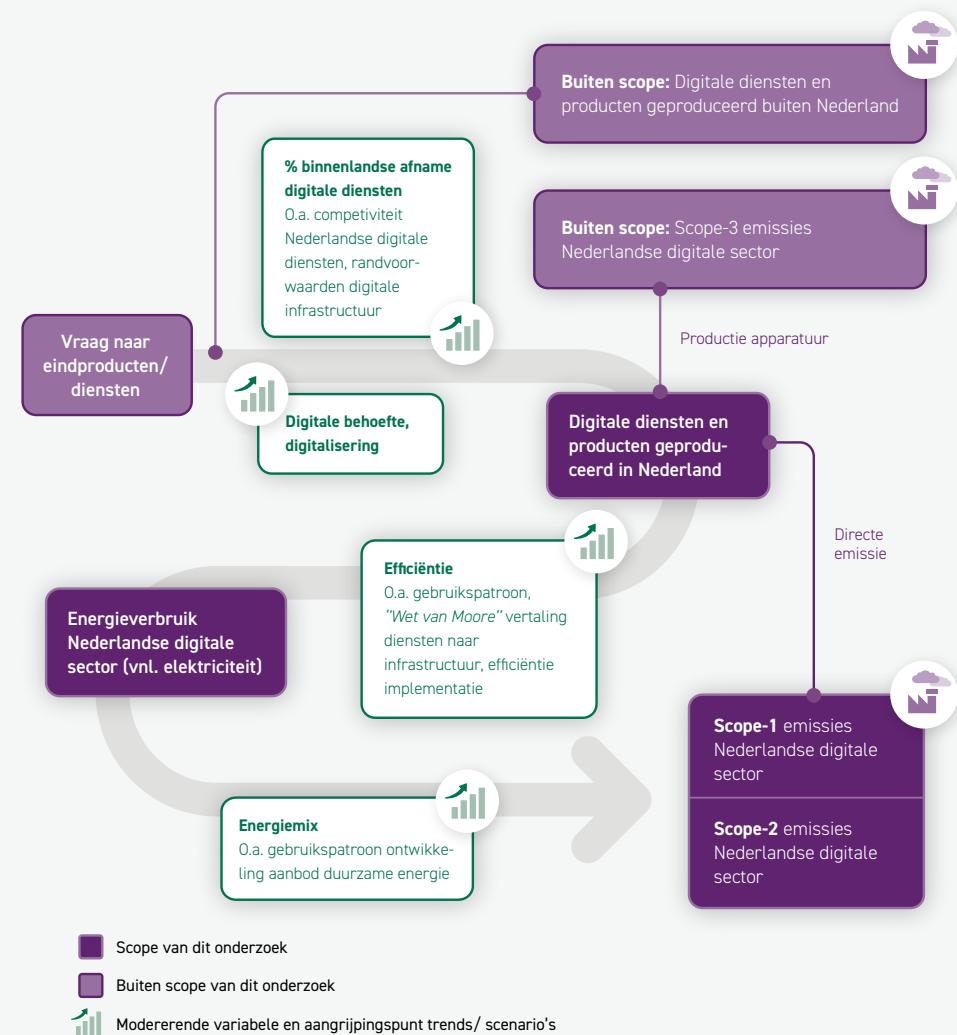
Dit betekent overigens niet dat andere SDG's niet indirect worden meegenomen (denk bijvoorbeeld aan het doneren van tweedehands, refurbished laptops aan derdewereldlanden).

2.4. Feitelijke onderbouwing

Emissies en energieverbruik van het digitale systeem

Onderzoek van Dialogic (2023) laat zien dat scope 2-emissies van het digitale systeem volledig samenhangen met het elektriciteitsverbruik van digitale apparatuur. Hiernaast is het analytisch kader afgebeeld wat hierbij wordt gebruikt.

¹ Om te komen tot deze uitsplitsing is gekeken naar de Roadmap van de Sustainable Digital Infrastructure Alliance (SDIA, z.d.). De impactfactoren die hierin staan zijn gebaseerd op de ISO 14000-standaard en de Life Cycle Assessment-methodologie en zijn in lijn met de EU Environmental Footprint Rules (Europese Commissie, 2021.)



Figuur 5: Analytisch kader (Bron: Dialogic, 2023)

In dit onderzoek is gekeken naar het energieverbruik van eindgebruikers-apparaten (zoals smartphones, tablets, desktops, tv's), vaste en mobiele netwerken en datacenters in Nederland.

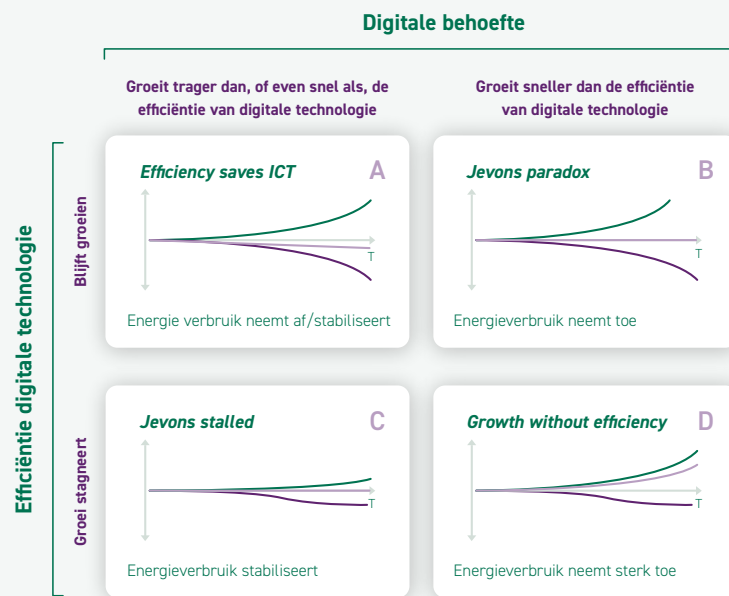
De totale geschatte uitstoot hiervan bedroeg in 2023 naar schatting maximaal **3,33 Mton CO₂** (gebaseerd op emissiefactoren op systeemniveau) en minimaal **1,04 Mton CO₂** (wanneer voor ingekochte groene stroom lage emissiefactoren worden gerekend). Daarvan is ongeveer 43% toe te wijzen aan eindgebruikersapparaten en tv's, 13% aan netwerken en 44% aan datacenters.

Ter vergelijking: de totale CO₂-uitstoot van Nederland was in 2021 in totaal 146,87 Mton. Daarmee is het digitale systeem (afgaand op de afbakening van Dialogic) verantwoordelijk voor tussen de **0,7% - 2,3%** van de totale uitstoot (Dialogic, 2023). In bijlage 3 (pag. 80) staat een overzicht welke componenten zijn meegenomen.

Dialogic is voor de CO₂-emissieberekening van elektriciteit uitgegaan van de emissiefactor per dagdeel, *location based* en *market based*. Daarnaast is specifiek voor de categorie datacenters een berekening gemaakt van de CO₂-emissie van diesel voor noodstroom.

Scenario's toekomstige emissies

Er wordt voor de raming van de toekomstige emissies door Dialogic uitgegaan van een viertal scenario's voor de ontwikkeling van het energieverbruik en emissies. Deze zijn samengevat in figuur 6.



Figuur 6: Scenario's voor de groei van efficiëntie van ICT versus scenario's voor de groei van de vraag naar ICT (Bron: Dialogic, 2023)

Voor 2030 wordt, afhankelijk van diverse scenario's op basis van de efficiëntie van digitale technologie en de groei van de vraag, verwacht dat het digitale systeem minimaal 0,79 Mton CO₂ zal uitstoten, gebaseerd op nationale emissiefactoren (zie figuur 7).

Mton CO ₂ -uitstoot in jaar:	2023	2030	2040	2050
0 Alleen algemene trends (bevolking/hh)	3,33	0,79	0,11	0,01
A "Efficiency saves ICT"		0,79	0,11	0,01
B "Jevons paradox"		0,93	0,15	0,02
C "Growth without efficiency"		0,93	0,15	0,02
D "Jevons stalled"		0,93	0,13	0,02

Elektriciteitsverbruik in jaar (GWh):	2023	2030	2040	2050
0 Alleen algemene trends (bevolking/hh)	14,7	14,3	14,6	14,8
A "Efficiency saves ICT"		16,8	18,8	19,0
B "Jevons paradox"		16,8	19,5	22,2
C "Growth without efficiency"		16,8	19,5	22,2
D "Jevons stalled"		16,8	17,5	17,8

Figuur 7: Tabel Resultaten voor de 5 scenario's (Bron: Dialogic, 2023)



SEO heeft gekeken naar een serie publicaties (SMART 2020, SMARTer 2020 en SMARTer 2030) van de Global e-Sustainability Initiative (GeSI), een strategisch partnerschap van de ICT-sector. De conclusie van de 2030-studie is een reductie van ongeveer **20%** van de mondiale emissies in 2030 door ICT-toepassingen. Deze aanpak is vervolgens herhaald door diverse onderzoekers met andere casussen. Accenture heeft als GeSi-partner bijgedragen aan de SMARTer 2030-studie. Vervolgens heeft Accenture met dezelfde methodologie een landenstudie voor Nederland uitgevoerd (2016). Op basis van 12 case studies is het bedrijf gekomen tot een cumulatieve besparing van **74 Mton CO2** in 2030. Dit was een besparing in 2016 ten opzichte van het verbruik in 2014 van 187 Mton CO2 van het totaal in Nederland (42%). De grootste bijdrage kwam vanuit ICT-toepassingen in de industrie, logistiek, gebouwde omgeving en energiesector.

Dit wordt in het rapport specifiek gemaakt door beleidsaanbevelingen in drie sectoren: mobiliteit, elektriciteit en industrie. De onderzoekers beschrijven dat de bijdrage aan emissiereductie het saldo is van de volgende effecten:

1. Het eerste-orde-effect is het verhogen van emissies door het energieverbruik dat direct komt door de toepassing van ICT;
2. Het tweede-orde-effect is het verlagen van emissies door efficiëntieverbetering die de toepassing van ICT met zich meebrengt;
3. Het derde-orde-effect is het verhogen van de emissies door een vraagtoename die volgt uit de efficiëntieverbetering. Dit effect wordt ook wel het *rebound*-effect of de *Jevons-paradox* genoemd.

De bijdrage aan emissiereductie is dus positief wanneer het tweede-orde-effect groter is dan de andere effecten. Meer feitelijke onderbouwing wordt beschreven in het SEO-rapport (2023).

E-waste, grondstoffen (her)gebruik en vervuiling

Zoals eerder benadrukt reikt de milieu-impact van het digitale systeem verder dan enkel de uitstoot die gepaard gaat met elektriciteitsverbruik. Uit cijfers van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS, 2023) blijkt dat in Nederland in 2022 **373 miljoen kilo e-waste** werd geproduceerd. Dat komt neer op **21 kilo e-waste** per inwoner. Van dit afval wordt ongeveer **53 procent ingezameld en gerecycled**. E-waste bestaat uit meer dan alleen ICT-producten, maar uit onderzoek (Huisman et al., 2017) komt naar voren dat er in Nederland jaarlijks zo'n 30 miljoen(!) kleine ICT-producten, zoals laptops en smartphones, worden weggegooid.

Het Nationaal WEEE Register rapporteert jaarlijks over de inzameling en verwerking van afgedankte elektrische en elektronische apparaten (AEEA). Van het volume elektrische apparaten dat op de markt gezet wordt – **707 miljoen kg** – is **24 miljoen kg (3,4%) klein ICT**. Van de bijna 200 miljoen kg inzameling van afgedankte apparaten was ruim 8% klein ICT. Het **inzamelpercentage van klein ICT was in 2022 69%**. Van dit gewicht kon **78%** van het materiaal worden **teruggewonnen** (NWR,2023).

Voor een circulaire apparatenketen is het essentieel dat we zuiniger met onze hardware omgaan. Zo stelt de Europese Commissie (2023) dat we ons gebruik van digitale technologie op een aantal punten kunnen veranderen om de gevolgen ervan voor het milieu te verminderen. Als we bijvoorbeeld alle smartphones een jaar langer gebruiken, **bespaart** dit tot 2030 elk jaar al **2,1 megaton CO2** in Europa. Dit staat gelijk aan 1 miljoen minder auto's op de weg. En van 4G- naar 5G-netwerken overschakelen kan het energieverbruik met maar liefst **90% verminderen**.

Vervolgonderzoek is nodig om de vervuilende aspecten van het digitaal systeem in kaart te brengen.

Schets speelveld en knelpunten

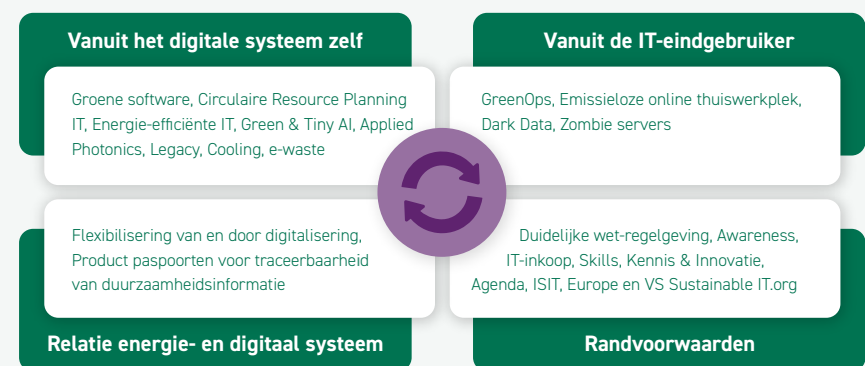
HOOFDSTUK 3

Vier perspectieven en knelpunten

Uit een brede analyse, gesprekken met NCDD-deelnemers en *stakeholders* en observaties in het afgelopen jaar, ziet NCDD 4 perspectieven om te kijken naar het speelveld (zie figuur 8):

1. Het digitaal systeem onderneemt zelf veel initiatief (inclusief innovaties);
2. IT-eindgebruikers pakken zelf de handschoen op om te verduurzamen binnen hun eigen IT-omgeving;
3. In de energiesector is veel gevoel voor urgentie en zijn er veel initiatieven in relatie tot het digitale systeem, naast inpassing van het digitale systeem in de fysieke leefomgeving. Ook zien we vanuit het Topsectorenbeleid dat Topsector Energie en Topsector ICT en ontstane coalities op meerdere manieren met sleuteltechnologieën in verschillende (top)sectoren innoveren met technologie. Daarnaast vindt er innovatie plaats binnen de werking van de technologie zelf;
4. We zien 6 randvoorwaarden met een meer overkoepelend karakter, waaraan in Nederland op grote schaal moet worden gewerkt.

Perspectieven Nationale Coalitie Duurzame Digitalisering



Figuur 8: Perspectieven en thema's (Bron: NCDD, 2023)



Binnen deze 4 perspectieven zijn er partijen die het Manifest hebben ondertekend en zijn er deelonderwerpen die worden opgepakt bij bedrijven, overheid, wetenschap, consortia (veelal Manifest-ondertekenaars), het maatschappelijk middenveld en lokaal ook door burgers. Deze perspectieven zijn de basis voor de indeling van de programmalijnen van de NCDD in hoofdstuk 4.

In het Manifest Duurzame Digitalisering van de NCDD (2022) worden knelpunten geschetst en aanbevelingen gedaan. Zie hiervoor figuur 9.



Om koploper duurzame digitalisering te worden, zijn 6 zaken essentieel

- | | |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Er is veel sprake van versnippering. Werk aan een goede (overheids-) samenwerking en coherent beleid. |
| 2. | Juiste data ontbreken nog. Zorg voor feiten en transparantie om fact-based te kunnen werken. |
| 3. | De huidige wet- en regelgeving volstaat niet. Pas deze aan waar nodig zodat duurzame keuzes vanzelfsprekend worden. |
| 4. | Er heerst een ernstig tekort op de arbeidsmarkt. Zorg voor mensen, kennis en tools. |
| 5. | Er is een gebrek aan integratie van het energie- en digitale systeem. Zorg voor toegankelijke innovatie om dit te bevorderen. |
| 6. | We zijn internationaal onvoldoende zichtbaar. Inspireer andere landen als koploper binnen een internationaal eerlijk speelveld. |

De transitie naar een duurzame samenleving vraagt om een enorme inspanning van alle partijen. Digitalisering levert een fundamentele bijdrage aan digitale innovaties die de energietransitie ondersteunen. Digitalisering is een belangrijke sleutel om verduurzaming te versnellen en moet zelf ook een verdere verduurzaming doormaken. Net als alle andere sectoren zal ook de digitale economie verder moeten verduurzamen om toekomstbestendig te zijn.

Figuur 9: Knipsel uit Manifest Duurzame Digitalisering (Bron: NCDD, 2022)



Missie, kern- elementen en uitgangspunten NCDD

HOOFDSTUK 4

4.1. Missie en kernelementen

De missie van de Nationale Coalitie Duurzame Digitalisering (NCDD) luidt: **NEDERLAND KOPLOPER DUURZAAM DIGITAAL – terugbrengen van de milieu-impact van en door digitalisering!**

De kernelementen van het plan van aanpak van de Nationale Coalitie Duurzame Digitalisering zijn:

1. Het ontwikkelen van een integraal beleid en aanpak is complex. **NCDD vereenvoudigt dit proces door visie te creëren, duidelijke doelen te stellen, problemen en uitdagingen concreet te maken en aan te pakken, en deze onderwerpen bespreekbaar te maken aan verschillende bestuurlijke tafels in Nederland;**
2. Het delen van *best practices* en het verbinden van initiatieven is vaak lastig door kennisbarrières en een versnipperd veld. **NCDD faciliteert kennisdeling en samenwerking tussen belanghebbenden;**
3. Publieke-private samenwerking is essentieel maar komt lastig tot stand zonder coördinatie. **NCDD initieert en organiseert nieuwe projecten en samenwerkingen om dit te bevorderen.**



4.2. Uitgangspunten

In 2022 overhandigde de NCDD een Manifest Duurzame Digitalisering aan de minister van Economische Zaken en Klimaat. Dit manifest beschrijft knelpunten en aanbevelingen die de NCDD heeft verzameld en gebundeld op basis van gesprekken met diverse belanghebbenden. Voor het ontwikkelen van integraal beleid en een concreet plan van aanpak heeft de NCDD de volgende uitgangspunten geformuleerd:

Uitgangspunten Nationale Coalitie Duurzame Digitalisering

1. Lagere milieu-impact van digitale infrastructuur is de primaire focus. Duurzaamheid is een breed begrip en dat brengt het risico met zich mee dat focus en impact verloren gaat. Daarom kiest de NCDD ervoor om te kijken naar de milieu-impact. Uitsplitsen van de milieu-impact is daarbij belangrijk. Dit doen we naar:
 1. Energiegebruik (gemeten in kWh);
 2. Emissies (gemeten in CO₂-equivalent);
 3. Grondstoffengebruik (Abiotic Depletion Potential (ADP), onderdeel van het Life Cycle Assessment);
 4. Elektronisch afval (gemeten op basis van de WEEE-richtlijn: Waste Electrical and Electronic Equipment Directive);
 5. Vervuiling (kilogram per vervuilend element).

Dit betekent overigens niet dat andere SDG's niet indirect worden meegenomen (denk bijvoorbeeld aan het doneren van tweedehands en *refurbished* laptops aan derdewereldlanden).

2. Gemeenschappelijk taal met een helder begrippenkader is onontbeerlijk. Omdat op het snijvlak van digitaal en duurzaam nog relatief weinig gedeelde visie en kennis bestaat, bestaat het risico dat verschillende actoren elkaar niet begrijpen. Dit kan een versnipperde aanpak tot gevolg hebben. Een gemeenschappelijke taal helpt ook bij het ontwikkelen van bewustwording en kennis over dit thema bij verschillende actoren in het systeem (zoals datacenters, IT-afdelingen en consumenten);
3. Besluiten zijn gebaseerd op feiten. Voor objectieve besluitvorming zijn heldere normen en standaarden nodig, net als handvatten voor organisaties die hun digitale duurzaamheidsstrategie willen verwezenlijken. Dit is bijvoorbeeld essentieel om het reductiepotentieel goed in kaart te kunnen brengen;
4. Integratie tussen het energie- en digitale systeem dient als hefboom voor een duurzame digitale infrastructuur. Door de groeiende elektriciteitsbehoefte van de digitale infrastructuur, is er plaatselijk flinke druk op het elektriciteitsnetwerk. Innovatieve concepten en oplossingen voor een meer geïntegreerd energie- en digitaal systeem zorgen ervoor dat deze infrastructuur toekomstvast is;
5. Kijk wat kan op korte termijn, maar anticipeer nu al op langetermijnscenario's. Digitale technologie heeft in de afgelopen decennia bewezen op zichzelf efficiënter en energiezuiniger te worden, maar de vraag is of deze efficiëntieslag de toenemende vraag en behoefte naar digitale diensten kan bijhouden. Ook moeten we rekening ermee houden dat het digitale systeem geen landsgrenzen kent als er wordt gekeken naar milieu-impact en scope 1-, 2- en 3-effecten. Terwijl we als Nederland wel slechts beperkte impact hebben op deze factoren, omdat we hier (bijna) geen grondstoffen delven of zelf hardware voor het digitale systeem produceren;
6. Een duurzaam digitaal systeem is een gezamenlijke en maatschappelijke opgave. Bij de transitie naar een duurzaam digitaal systeem moeten verschillende, soms conflicterende, belangen worden verenigd in een gemeenschappelijke ambitie. Er is al beweging op deelreinen, met pilots en onderzoeken vanuit verschillende partijen. Maar om substantiële maatschappelijke impact te creëren is een systemische blik nodig.



HOOFDSTUK 5

Werken langs 4 programma- lijnen

De perspectieven en thema's zoals gevisualiseerd in figuur 8 en toegelicht in hoofdstuk 3, vormen de basis voor 4 programmalijnen waarlangs de NCDD thema's en projecten kiest. Binnen de programmalijnen wordt gekeken naar wat nu al concreet kan worden gedaan en wat op basis van onderzoeken en scenario's de mogelijkheden zijn op de (middel)lange termijn. De thema's in de programmalijnen zijn aansprekende, toonaangevende Nederlandse projecten die werken aan duurzaam digitaal en zijn geselecteerd op basis van een aantal criteria, waaronder:

- Een significante ((indirecte of directe) milieu-impact;
- In lijn met methodieken en definities (voor zover het emissies en energiegebruik betreft de onderzoeken van SEO en Dialogic 2023);
- Met slagingskans naar aanleiding van een maturiteitsindex (milieu-impact en belang voor stakeholders);
- Aanvullend op de andere initiatieven en bijdragend aan de missie van de NCDD.

De vier programmalijnen zijn:

1. Lagere milieu-impact vanuit het perspectief van het digitale systeem (verduurzamen van digitalisering);
2. Lagere milieu-impact vanuit het perspectief van de IT-eindgebruiker (verduurzamen van digitalisering);
3. Energietransitie: integratie van het energiesysteem en het digitale systeem (verduurzamen door digitalisering);
4. Noodzakelijke randvoorwaarden voor impact.

Dit hoofdstuk beschrijft per programmalijn welke thema's relevant zijn en wat de status is van het werken daaraan.

5.1. Programmalijn 1: Lagere milieu-impact vanuit het perspectief van het digitale systeem



Er zijn voorbeelden, initiatieven en samenwerkingsverbanden in Nederland die al werken aan deelthema's binnen het digitale systeem. Dit geeft een goed beeld van het innoverend vermogen van partijen in het digitale systeem. Hieronder staan een aantal thema's en een aantal partijen opgesomd die zich als Manifest-ondertekenaar hebben aangemeld. De NCDD werkt met hen samen en stemt af.

Thema 1: Groene software (*Green Code*)

Hoe kunnen we de kennis en bekendheid van groene software vergroten en green software tactics in de praktijk brengen? De werklijn Groene Software heeft de volgende drie hoofddoelen:

- *Green software tactics* in de praktijk brengen met het LETSGO LEAP lab;
- Toewerken naar een gestandaardiseerd model en *tool* voor de meting van milieu-impact van software;
- Kennis over groene software verspreiden bij ontwikkelaars bij de overheid en het bedrijfsleven en richting curricula in het onderwijs.

LETSGO is een samenwerking van Schuberg Philis, Vrije Universiteit Amsterdam, Software Improvement Group, SURF, SDIA, Imuno en de Universiteit Utrecht. De samenwerking is een DEI+ Pilot Project onder het thema *Energy Efficiency* en wordt deels gefinancierd door RVO.

Thema 2: Circular Resource Planning for IT (*RePlanIT*)

In dit project ontwikkelt het consortium een prototype van het RePlanIT-systeem, dat wordt getest in een realistische omgeving. Er wordt gefocust op dataservers en laptops, waarbij ook cloud-diensten (servers in beheer van een IaaS- of PaaS-dienstverlener) binnen de scope vallen. Het systeem wordt ontwikkeld door Aliter Networks in samenwerking met TU Delft en Green IT Amsterdam, met ondersteuning van de ontwerp- en engineeringbedrijven IDEAL&CO, WcoolIT en KPN. Het systeem wordt gevalideerd in samenwerking met eindgebruikers van de Gemeente Amsterdam en Rijkswaterstaat, waar een (kleinschalige) testomgeving/field lab wordt ingericht. Resultaat is een prototype van het RePlanIT-systeem, gevalideerd in praktijkomgevingen, voor laptops en dataservers. Het systeem bestaat uit drie onderdelen.

1. Het *Dynamic Product Passport* – Hier wordt informatie opgeslagen over de hardware voor inkoop, onderhoud en vervanging;
2. De *Circular Resource Planner* – Hier worden data geïnterpreteerd uit het productpaspoort voor condition-based maintenance, refurbishment en gefaseerde vervangingsstrategieën op systeemniveau;
3. De *Circular Resource Configurator* – Dit geeft een actueel overzicht van de beschikbare en vrijkomende gebruikte ICT-hardwarecomponenten voor het bouwen van circulaire hardwareconfiguraties.

Hiermee kunnen eindgebruikers betere, snellere en kwantitatief onderbouwde beslissingen nemen die aantoonbaar leiden tot verminderd primair materiaalgebruik en een lagere milieu-impact van de ICT-omgeving. Daarnaast wordt zo de levensduur van dataservers en laptops met tenminste drie jaar verlengd en wordt minstens de helft *refurbished* ingezet. Partijen als Gemeente Amsterdam en Rijkswaterstaat kunnen hiermee naar schatting jaarlijks een reductie van 13,19 ton aan primair grondstoffengebruik realiseren en 2,4 Mton CO₂-equivalenten aan broeikasgasemissies vermijden. Daarnaast levert het een besparing van tenminste 50% op de aanschafkosten op. Dit project wordt deels gefinancierd met budget uit Topsector Energie.



Thema 3: Energie-efficiënte informatietechnologie (NL-ECO consortium)

Om het sterk toenemende energiegebruik te drukken, wil NL-ECO nieuwe materialen, technologieën en wetenschappelijke inzichten voor energie-efficiënte informatietechnologie ontwikkelen. Het consortium van 33 organisaties gaat funderend onderzoek doen naar de digitale technologieën van de toekomst.

NL-ECO kijkt voor die nieuwste technologieën ter inspiratie onder meer naar het brein: de meest energiezuinige computer die we kennen. Het brein namaken is niet het doel op zich, maar het exploreren van op hersenwerking gebaseerde neuromorfische concepten is een van de mogelijke routes die het consortium wil nemen. De onderzoekers kijken ook naar andere materialen en inzichten om informatietechnologie duurzamer te maken.

Het doel is om in vijf jaar tijd verschillende schaalbare concepten te ontwikkelen die de industrie kan oppakken en doorontwikkelen. Het brede consortium bestaat uit organisaties uit de academische wereld, maatschappelijke partners, lokale overheden en de industrie. Het gaat om: Universiteit Twente, Radboud Universiteit, Rijksuniversiteit Groningen, TU Eindhoven, TU Delft, Fontys Hogescholen, Saxion Hogeschool, AMOLF, ASTRON, TNO, ASML, IBM Zurich Research Lab, Toyota Motor Europe, Thales, IMEC Leuven, IMEC Eindhoven, Smart Photonics, LioniX International BV, PITC, VSPARTICLE, Surf, TSST, European Space Agency, Green IT Amsterdam, Gemeente Westerkwartier, Amsterdam Economic Board, HQ Graphene, Örebro University, Uppsala University, Jülich Research Center, Max-Planck Institute for Microstructure Physics, NLdigital en Science LinX.

Thema 4: Toegepaste fotonica in data en telecom (Applied Photonics)

Binnen het Photondelta-programma (dat ondersteund wordt vanuit het groeifonds) is Data & Telecom één van de markten waarvoor innovaties en toepassingen worden ontwikkeld. Vanuit het LEAP-programma was er een constructieve samenwerking gestart om de brug te slaan van onderzoek naar praktijktoepassingen bij eindgebruikers. In de RVO-publicatie 'Near term Photonic applications in Datacom and Telecom with impact on reducing energy demand' (rvo.nl) is een marktstudie gedaan met marktrijpe fotonische toepassingen die op korte termijn beschikbaar zijn. Om de adoptie en bijbehorende efficiency-voordelen van toegepaste fotonica te benutten, zullen vanuit de NCDD nieuwe initiatieven worden genomen om het kennisveld, producenten en eindgebruikers in Nederland te verbinden.

Thema 5: Zuinigere AI (Green and Tiny AI)

Het chatprogramma ChatGPT, dat levensechte gesprekken kan voeren, gebruikt een enorme hoeveelheid stroom: één enkele trainingssessie van ChatGPT betekent zo'n 500 ton CO₂-uitstoot (NOS, 31 mei 2023). Dat is gelijk aan duizend auto's die duizend kilometer rijden. Bij de TU Delft werkt men aan groener maken van AI: er worden systemen ontwikkeld die het beste antwoord voor de consument vinden, maar met minder energie. Dat betekent zoeken naar dezelfde speld, maar in een kleinere data-hooiberg. Zo kwamen ze met een andere methode al tot 30 tot 40 procent minder energieverbruik bij opdrachten aan ChatGPT.

In Amsterdam probeert men het op een andere manier. Er wordt gewerkt aan een chip die werkt als onze hersenen. Die chip is twintig keer zuiniger en kan meer dan de huidige generatie chips. Het brein is net een kleine gloeilamp. Die energiezuinigheid van hersenen proberen de onderzoekers in een algoritme te vangen en op een chip te zetten. Zo kan de chip energie besparen. Ook de Nederlandse AI Coalitie heeft Energie en Duurzaamheid als toepassingsgebied. Naast de toepassing van AI-oplossingen voor het efficiënter functioneren van het slimme energiesysteem van de toekomst gaat het hierbij ook om energiezuinige AI. Een nieuw element hierin kan zijn dat ook de plaats en tijd van het draaien van AI-learning modellen wordt afgestemd op het aanbod van duurzame energie en bijbehorende marktprikkels in het energiesysteem.



Thema 6: Legacy en rationalisatie van de landschapsarchitectuur (*Old Systems Go*)

Veel efficiëntieverbetering is te behalen met het vervangen of upgraden van oude systemen. Vervanging is echter een directe trigger voor scope 3 uitstoot. Uitputting van grondstoffen, e-waste, en vervuiling liggen op de loer. Afhankelijk van de levenscyclus-analyse van een apparaat kan het vanuit duurzaamheidsoogpunt verstandig zijn deze later of juist eerder te vervangen. Naast het kosten- en duurzaamheidsaspect, is een vermoeden dat bij veel organisaties allerlei afwegingen spelen die bewegen op dit terrein uitdagend maakt. Dit neemt niet weg dat veel inefficiënte verouderde apparatuur komende tijd vervangen zal worden, wat een goede kans biedt om het efficiënt en duurzaam in te richten. Onder andere de Legacy Coalitie, maar ook ABN AMRO Bank en IBM hebben ervaring op dit gebied, die nog verder verkend kan worden.

Thema 7: Innovatieve koeling van datacenters (*Cool data*)

Datacenters moeten dataservers op een bepaalde (lage) temperatuur houden en koeling is onvermijdelijk. Dit gebeurt voornamelijk met water- en luchtkoeling. Dit heeft een impact op het milieu. Ook zijn er aggregaten die vaak op fossiele brandstoffen draaien en op die manier bijdragen aan uitstoot. Er zijn energiezuinigere manieren van koelen op de markt of in ontwikkeling, zoals koelen met olie (dompelkoeling), koelen met geluid of vloeistofkoeling (koeling waarbij hardware in direct contact staat met vloeistof). In het LEAP-initiatief is een exercitie gehouden om deze innovatieve technieken en de barrières voor adoptie en verdere ontwikkeling te verkennen. Het doel was inzicht krijgen in wat er al gebeurt en de marktrijpheid van energie-efficiënte oplossingen in kaart brengen. Toenmalig betrokken partijen waren: Asperitas, Escher Cloud, SURF, HPE, PentraInfra, NL Digital en de UT. Nieuwe partijen zijn onder meer NCDD-deelnemers Ixora en Intermax – die deze oplossing momenteel test in de praktijk – Incooling, on-chip koeling, en Coolgradient, een AI-oplossing voor koelingsoptimalisatie.

Thema 8: E-waste (*Circulariteit*)

Sinds eind vorige eeuw zijn producenten van elektrische apparaten verantwoordelijk voor de inzameling en verwerking van afgedankte elektrische apparaten, waaronder ICT-apparatuur. De collectieve producentenverantwoordelijkheid is vanuit branches georganiseerd – voor de ICT-sector vanuit NL Digital met stichting ICT Milieu. In de loop der jaren is hierbij steeds meer de samenwerking opgezocht. Vanaf maart 2021 organiseert Stichting OPEN namens alle producenten van elektrische en elektronische apparaten (EEA) in Nederland de wettelijke producentenverantwoordelijkheid voor e-waste. Samen met alle elektronica-productgroepen hebben ze het doel om 65% van de producten die op de markt worden gebracht in te zamelen en hoogwaardig te recyclen en de e-waste-sector meer circulair te maken. Onder de naam Wecycle zamelen ze namens ruim 4.000 producenten op meer dan 15.000 locaties in Nederland afgedankte elektrische apparaten in van consumenten en bedrijven. Na de sortering op Wecycle Service Centers worden onderdelen, van bijvoorbeeld laptops, waar mogelijk hergebruikt. Door hoogwaardige recycling bij gecertificeerde verwerkers wordt ongeveer driekwart van het gewicht aan materialen teruggewonnen. De Coalitie werkt graag met Stichting OPEN aan de uitdagingen die zij ervaren, bijvoorbeeld bij het terugwinnen van kritische materialen.

De Circulair IT Group biedt circulaire IT-oplossingen, gericht op het verlengen van de levensduur van IT-assets. Hiermee minimaliseert dit initiatief de negatieve impact van de IT-waardeketen op het milieu en het (kritieke) grondstoffenverbruik. De groep biedt diensten aan zoals de verwijdering en vernietiging van afgedankte IT-activa, beveiligde gegevensverwijdering, reparatie, refurbishment, distributie, installatie en wederverkoop van kortgebruikte IT-apparatuur. Deze groep bedient meer dan 10.000 B2B-klanten wereldwijd en biedt een volledig hardwareproductenportfolio aan, van IT-infrastructuur tot werkplek- en mobiliteitsapparatuur.

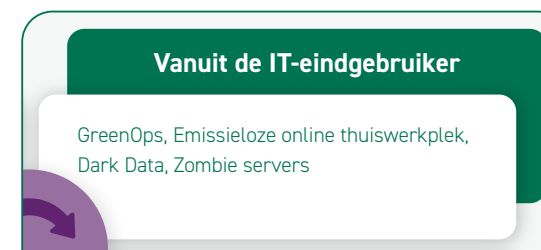
Circulaire-IT.nl biedt een platform voor meer dan 800 organisaties en is specifiek gericht op voorlichting, kennisdeling en inspiratie. Het heeft een jaarlijks Jaarcongres Circulaire IT in november en daarmee een community om mee samen te werken.



Het Materials Innovation Institute (M2i) heeft via NWO het programma Circular Circuits gehonoreerd onder de Perspectief call 2020. Dit 5-jarige onderzoeksprogramma zal zich richten op het ontwerp van de volgende generatie elektronica voor een circulaire economie. Penvoerder is Universiteit Delft. Bij het project zijn 11 universiteiten en onderzoeksinstituten en 17 industriële partners betrokken uit de hele keten. M2i is verantwoordelijk voor het beheer van dit programma. Het project zal bijdragen aan een volledig circulaire generatie elektronica en oplossingen om technische, economische en maatschappelijke knelpunten voor levensduurverlenging, hergebruik, reparatie, renovatie en recycling te overwinnen. Het maakt hierbij gebruik van een nieuwe generatie elektronische componenten, product-serviceontwerp, nieuwe bedrijfsmodellen en geavanceerde recyclingtechnologie. Het project levert een cruciale bijdrage aan het Nederlandse overheidsprogramma 'Nederland Circulair in 2050', met name voor consumentengoederen en de maakindustrie, twee van de vijf belangrijke transitie sectoren. De circulaire innovaties moeten e-waste terugdringen, een substantiële besparing opleveren van (kritieke) grondstoffen en energie, en tot slot duurzame banen creëren. Het project omvat de productgroepen Communicatie-infrastructuur, Telecommunicatie-consumentenelektronica, Verlichting en Vermogenslektronica.



5.2. Programmaliijn 2: Lagere milieu-impact vanuit het perspectief van IT-bedrijfsvoering van de IT-eindgebruiker



Ook vanuit IT-eindgebruikers is er gedachtegoed en zijn er voorbeelden, initiatieven en samenwerkingsverbanden hoe te verduurzamen in het digitale systeem. Daarnaast wordt er gekeken wat daarvoor nodig is binnen een organisatie. Hierbij komt ook de dynamiek op de werkvloer, in de boardroom én de samenwerking met ketenpartners en leveranciers om de hoek kijken. Hieronder volgt een opsomming van een aantal van dit soort thema's die bij de NCDD bekend zijn, waarbij een aantal partners deel uitmaakt van NCDD.

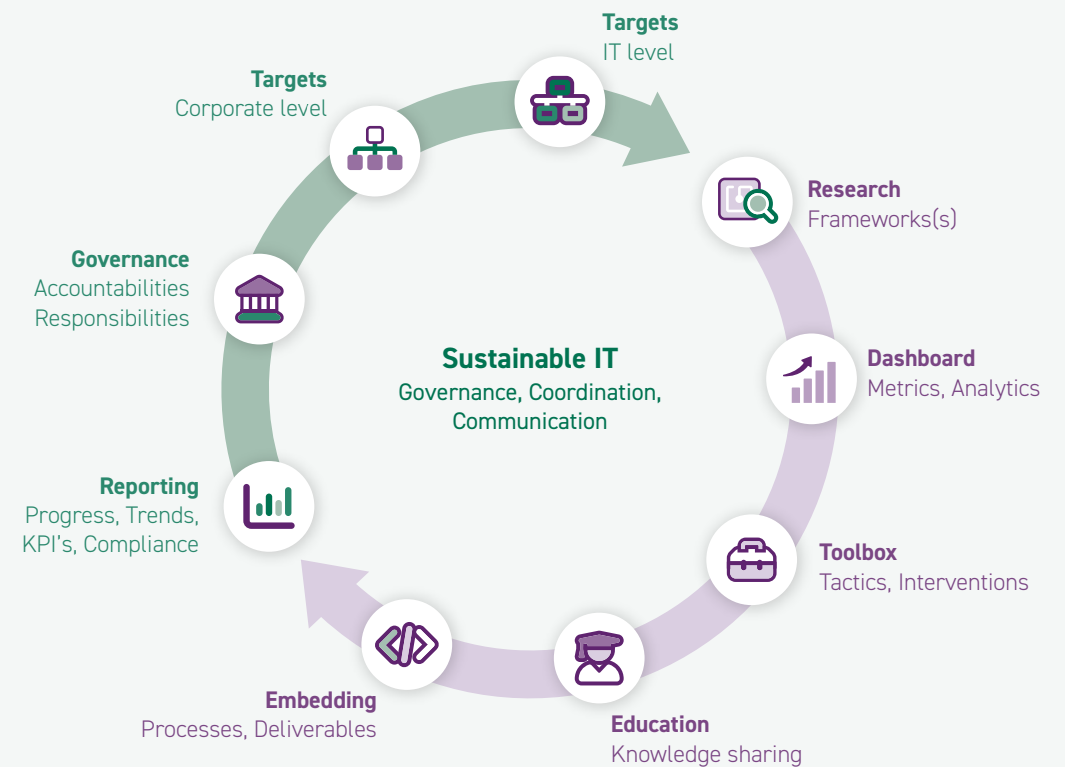
Thema 9: Groene IT-bedrijfsvoering (*GreenOps*)

Digitale services ontwikkelen zich niet zelf. IT-eindgebruikers hebben vaak enorme operaties opgezet om de ontwikkeling van digitale services en het onderhoud hiervan te kunnen beheren. Duurzaamheid moet onderdeel worden van deze operaties. Van IT-ontwikkeling tot IT Security en Datamanagement. Van elementen als risk-management en reporting tot personeelsmanagement en inkoop. Om organisaties te helpen hun IT-bedrijfsvoering te verduurzamen, zijn kennis en hulpmiddelen nodig.

Om dit te doen wordt er gewerkt aan verschillende oplossingen:

1. Platform voor kennis- en contentmanagement. Op verschillende plekken binnen Nederland, maar ook op EU en wereldwijd niveau, worden kennis en hulpmiddelen ontwikkeld om IT-organisaties te helpen verduurzamen. Deze initiatieven zijn echter wijdverspreid, wat de toegankelijkheid tot deze kennis en hulpmiddelen zeer beperkt. Om dit op te lossen, wordt er gewerkt aan een platform waarmee deze initiatieven worden samengebracht en makkelijk toegankelijk worden voor de IT-professional;
2. Bepaalde elementen van IT-management zullen nog onderbelicht blijken. Vanuit het thema GreenOps zal er worden gewerkt aan het verzamelen en ontwikkelen van de ontbrekende kennis en hulpmiddelen;
3. IT-transformaties zijn groot en complex. Daarom wordt onder het thema GreenOps gewerkt aan een bondig stappenplan dat IT-organisaties kunnen gebruiken om hun eigen operaties te verduurzamen;
4. Voordat IT-eindgebruikerorganisaties kunnen sturen op een groene IT-bedrijfsvoering moeten ze eerst weten waar ze staan. Veel organisaties vinden het nog moeilijk om inzichtelijk te maken wat de exacte impact van hun operaties is op bijvoorbeeld het milieu. Er wordt daarom gewerkt aan hulpmiddelen waarmee organisaties een eigen baseline kunnen ontwikkelen. Dit zal ook een belangrijke rol spelen bij de adaptie van CSRD wet- en regelgeving;
5. Tot slot is het van belang dat medewerkers binnen een IT-organisatie begrijpen wat de impact van IT behelst en wat zij kunnen doen om deze impact te verkleinen. Daarom wordt er gewerkt aan onderwijscontent om IT-professionals op dit onderwerp bij te scholen. Naast kennisdeling tussen IT-professionals maar ook IT-eindgebruikers is het van belang dat de inzichten worden gedeeld in het onderwijs, zodat de nieuwe generatie IT'ers dit direct toepast.

Betrokken partijen zijn: IBM, Hogeschool Utrecht, Radboud Universiteit, VU, Gemeente Amsterdam, I-Partnership (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties), Netapp en ABN AMRO Bank (zie figuur 10).



Figuur 10: Model Sustainable IT (Bron: ABN AMRO Bank, 2023)



Thema 10: Hybride werken en milieu-impact *(Emissieloze online thuiswerkplek)*

Na de coronapandemie is thuiswerken voor veel organisaties flink toegenomen, wat implicaties voor het milieu heeft. De focus van deze werklign ligt op het ontwikkelen van een paper dat organisaties helpt de impact van hun IT op duurzaamheid in kaart te brengen en acties te ondernemen om de uitstoot gerelateerd aan de online werkplek te verminderen. De werklign creëert kennis over de milieu-impact van online werken en biedt inzicht in wat iedereen (werkgever, werknemer, digitale dienstverlener) in zijn of haar rol kan doen om emissies terug te dringen en voorkomen. Daarnaast draagt de groep bij aan *incentives* om te verduurzamen. Betrokken partijen zijn: Gemeente Amsterdam, Cisco, Dell, TU Delft, TNO, ECP en ABN AMRO Bank.

Thema 11: Slimme Data Management- en Data Governance-oplossingen *(Dark data)*

Datacentrische optimalisaties voor energie-efficiëntie hebben tot doel gegevens efficiënter te beheren, zodat de hoeveelheid benodigde bronnen (en dus energie) voor gegevensopslag, computerbronnen om gegevens te verwerken en netwerkbronnen om gegevens over te dragen tussen cloud-, edge- en servers van de klant, wordt verminderd. Gedacht kan worden aan bijvoorbeeld pilots en projecten om energie-efficiënte oplossingen voor gegevensbeheer te identificeren. Denk hierbij bijvoorbeeld aan mogelijkheden voor optimalisatie van de gegevensstroom, gegevens-deduplicatie, slimme gegevenscompressie op basis van gebruiksfrequentie en datagebruik-profilering die al het bovenstaande mogelijk maken.

Tegelijkertijd moeten klanten die van datacenterdiensten (*hyperscale, co-location* en *on-premise*) gebruikmaken, gaan rapporteren over hoe duurzaam hun gegevens worden opgeslagen (in lijn met andere rapportagerichtlijnen uit Europa). Dat betekent dat datacenters de manier waarop hun servers worden gebruikt – variërend van workload-beheer, gegevensbeheer, consolidatie tot applicatieprofilering en migratie – moeten optimaliseren. De betrokken partijen kunnen een standaard format ontwikkelen waarin gebruikers van datacenters in samenwerking met hun klanten over hardware-, software

defined infrastructure- en softwareapplicatie-diensten rapporteren. Eerder betrokken waren HPE, Reuzado, UT, TNO, Google, Microsoft en SURF. De Dutch Cloud Community en de Dutch Datacenter Association staan ervoor open om mee te praten.

Thema 12: Energieverbruik van servers *(Handleiding Happy Flow, Zombie servers)*

Deze handleiding wil het systeembeheerders en operationeel beheerders gemakkelijk maken om het energieverbruik van hun servers te verminderen, door de *powermanagement settings* te controleren en waar nodig aan te passen. Beheerders lezen wat zij kunnen doen, hoe dat aan te pakken en ze krijgen antwoorden op veel gestelde vragen. Ook vinden ze enkele praktijkvoorbeelden van bedrijven die hen voorgingen, zoals KPN, luchthaven Schiphol en de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied die 7 tot 14% bespaarden met de aangepaste instellingen.

Deze Happy Flow-handleiding 1.0 is bestemd voor alle organisaties die energie-efficiënter willen werken en beschikken over dataservers, in eigen kantoor of in een datacenter. De paragraaf over het waarom van de handleiding is geschreven voor ICT-managers, MVO-verantwoordelijken en vergelijkbare functionarissen. De paragraaf 'Wat jij kunt doen?' is bedoeld voor systeembeheerders en operationeel beheerders. Hardware-leveranciers en datacenters kunnen deze handleiding gebruiken om hun klanten te informeren en te adviseren. Dit RVO-document is ontwikkeld in samenwerking met DELL, HPE, IBM, VMware en Red Hat. Powermanagement op servers is ook een erkende maatregel voor energiebesparing, waarover vierjaarlijks aan de overheid gerapporteerd moet worden met de informatieplicht. Naast de specifieke instellingen van powermanagement per server komt er steeds meer inzicht in de performance en het energieverbruik van ICT-applicaties in gevirtualiseerde omgevingen. Hiermee kunnen verdere rationalisatie en efficiëncyslagen worden gemaakt in de IT-omgeving.

5.3. Programmalijn 3: Energietransitie: relatie tussen het energiesysteem en het digitale systeem



Binnen het digitale systeem kan aan vier typen oplossingen worden gewerkt (SEO, 2023):

1. Besluitvormingstechnologie (AI, Machine Learning, Digital Twin);
2. Sensor- en controletechnologie (IoT, Drones & Imaging, Automatisering en Robotica);
3. Fundamentele technologie (Measurement & Reporting, Big Data Analytics);
4. Faciliterende technologie (Cloud, 5G/6G, Blockchain, Virtual/Augmented reality).

De thema's die hieronder worden toegelicht lijken te passen bij diverse van deze typologieën. Omdat de sectoren mobiliteit, elektriciteit en industrie aanzienlijke hoeveelheden broeikasgassen uitstoten, is hier het reductiepotentieel mogelijk ook het grootst. Er gebeurt al veel in Topsectoren-programma's op dit gebied, net als binnen TO2-instellingen, de Nationale Wetenschapsagenda en NWO. Topsector Energie heeft een Digitaliserings Strategie en pakt specifieke issues in de energietransitie aan. De NCDD kijkt naar de relatie tussen het energiesysteem en het digitale systeem als oplossing voor onder andere netcongestie en flexibilisering van het energiesysteem.

Thema 13: Flexibilisering van en door digitalisering (*Flex your compute*)

Hoe kan het management van de digitale infrastructuur bijdragen aan flexibilisering en het slimmer bijeenbrengen van vraag en aanbod? De focus van deze werklijn ligt op het stimuleren van flexibilisering in het energiesysteem, met digitale technologie als *enabler* door middel van testcases.

Het gaat enerzijds om het verplaatsen van *computing workloads* naar een gunstigere tijd of plaats. Hierbij heeft de eindgebruiker een belangrijke rol. Anderzijds kan ook de grote back-up-capaciteit in het digitale systeem bijdragen aan de tijdelijke opslag of ontlasting van het elektriciteitsnet. We staan hier op een nieuwe kansrijk thema op het kruispunt van energie en digitale transitie.

Binnen Topsector Energie werkt men aan diverse onderzoekopzetten en ook binnen het Europese IPCEI-CIS programma wordt met een consortium aan verduurzaming van datacenters en cloud-infrastructuur gewerkt. Als onderdeel van dat projectvoorstel wordt onder meer gekeken naar de mogelijkheden om vanuit de digitale infrastructuur een energieflexibiliteitsaanbod te creëren voor energienetwerkpartijen. Ook is er een blog in de maak met innovatieve voorbeelden op dit vlak. Betrokken partijen zijn Catapult Systems, TNO, Alliander, Eurofiber, Ambassade UK (Ministerie van Buitenlandse Zaken), The Cloud Collective/ BRIGHT, LEafcloud, VMware NLAIC, Dutch Blockchain Coalition, Topsector Energie, PhotonDelta, IBM, Schiphol, NL Digital en de DDA. Het hangt hierbij ook af van portabiliteit en interoperabiliteit. In initiatieven als Gaia-X en DSC wordt hieraan gewerkt.

Thema 14: Digitale Product Paspoorten en 24/7 Carbon-Free Energy (Dutch Blockchain Coalition)

Gestimuleerd door nieuwe verwachtingen vanuit de consument over traceerbaarheid van duurzaamheidsclaims, markmodellen rondom circulariteit en Europese regelgeving rondom transparantie in productie van bepaalde producten, zijn Digitale Product Paspoorten een groeiend thema voor de Nederlandse samenleving. Vanuit de Dutch Blockchain Coalition is er verkennend onderzoek gedaan naar het speelveld en lopen er verschillende *proof-of-concepts* waarbij technologische componenten van Digitale Product Paspoorten een rol spelen. Voorbeelden zijn het bodempaspoort, het voertuigpaspoort en de traceerbaarheid van duurzaamheidsinformatie van hernieuwbare brandstoffen (biobrandstof paspoort) waaraan met verschillende private en publieke partners wordt gewerkt. Ook is er kennis uit een recent interoperabiliteitsraamwerk rondom digitale identiteiten, waarvan de technologische standaarden en ontwerpkeuzes een rol spelen in de context van digitale product paspoorten. In 2024 werkt de Dutch Blockchain Coalition door aan Digitale Product Paspoorten en is van plan om een programmalijn te ontwerpen waar de meest kansrijke *use cases* geselecteerd worden. Onderdelen als semantiek, technische ontwerpkeuzes, gebruikservaring en andere afsprakenstelsels (bijvoorbeeld afspraken over het delen van data) worden vastgelegd per *use case* en tussen *use cases* onderling. Daarbij wordt nadrukkelijk de samenwerking gezocht met deze programmalijn van de Nationale Coalitie Duurzame Digitalisering, als ook andere relevante belanghebbenden binnen en buiten de coalities. De organisaties GS1 en ABN AMRO Bank zijn zelf ook actief op dit thema.

Een aan populariteit groeiende methode is zogenaamde 24/7 Carbon-Free Energy. Door de United Nations wordt dit gedefinieerd als: "...elke kilowattuur van elektriciteitsgebruik wordt geleverd vanaf koolstofvrije bronnen van elektriciteit, elk uur van de dag, op elke locatie." De DBC Coalitiepartners Microsoft en Energy Web Foundation zijn dit concept in de praktijk aan het brengen voor een datacenter in Amsterdam, samen met het bedrijf FlexiDAO dat daarbij ook gebruikmaakt van blockchaintechnologie. FlexiDAO registreert en creëert een overzicht van de daadwerkelijke CO₂-waarde van je afname, het piekgebruik en het volume van afname. Bij de productie wordt er hernieuwbare opwek geregistreerd en gecontroleerd door een certificeerder.

Na goedkeuring wordt er een certificaat uitgegeven, dat wordt "getokeniseerd" op de *Energy Web Chain*, waardoor het certificaat verankerd wordt aan een eigenaar. In de toekomst kan er ook een applicatie gebouwd worden waardoor deze certificaten verhandelbaar worden. De afnemer kan door een inkoopstrategie op de matching van energie, op tijd én locatie, op elk moment van de dag elektriciteit gebruiken met een zo laag mogelijke koolstofwaarde. FlexiDAO helpt bij de totstandkoming van deze inkoopstrategie. Volgens het bedrijf kan een datacenter duurzaamheidsclaims beter onderbouwen en wordt er lokale productie van hernieuwbare energie gestimuleerd.

5.4. Programmalijn 4: Noodzakelijke randvoorwaarden voor impact



Innovatie en samenwerking op technische thema's alleen is onvoldoende om de uitdaging waar Nederland voor staat – koploper blijven in duurzame digitalisering – aan te gaan en (blijvende) impact te creëren. Een aantal randvoorwaarden moeten expliciet worden ingevuld om de beweging naar een duurzame digitalisering verder vorm en inhoud te geven, voort te zetten en op te schalen. Deze paragraaf beschrijft de 6 randvoorwaarden die vanuit de uitgangspunten van de NCDD essentieel zijn om de projecten en innovaties maximaal te laten bijdragen aan het verminderen van de milieu-impact.



Randvoorwaarde 1: Duidelijke en consistente wet- en regelgeving/beleid

Er bestaat enerzijds al een heel scala aan waardevolle wet- en regelgeving, kaders en standaarden op de thema's digitalisering en duurzaamheid.

Anderzijds lijkt er ook veel wet- en regelgeving in ontwikkeling in Nederland. Voor een groot deel is die wet- en regelgeving ook afkomstig uit de EU en gerelateerd aan de doelstellingen van het Klimaatakkoord van Parijs. De hierbij horende wetten vormen een uitwerking van de Europese *Green Deal* (Europese Raad, 2023). Hierin is vastgelegd dat Europa in 2030 55% minder emissies wil hebben ten opzichte van 1990 en *net-zero* wil zijn in 2050. De doelen van de *Green Deal* zijn geformaliseerd in de *European Climate Law* (Europees Parlement, 2021). Ter ondersteuning hiervan zijn en worden tal van wetten ontwikkeld.

Een selectie van wetten die al in werking zijn:

1. De Corporate Sustainable Reporting Directive vanaf 2023, waarin grote bedrijven hun pad naar halvering van emissie in 2030 en emissieloos in 2050 moeten verantwoorden;
2. De Energy Efficiency Directive (2021 in werking) legt nu al beperkingen op aan het energiegebruik van apparaten maar ook aan gebouwen (*Paris Proof*), verwarmingsinstallaties en de (beprijzing van de) emissies daarvan;
3. De Waste Electrical and Electronic Equipment Directive is al sinds 2002 in werking en heeft significante impact op het recyclen van afval, waaronder apparatuur.

Een selectie van wetten in wording:

1. De Green Claims Regulation (voorstelfase in 2023, uitwerkingsfase) richt controle in op de duurzaamheidsclaims van marktpartijen over producten en diensten;
2. De Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR – proposal 2023), waarin eisen aan producten (zoals de herkomst en circulariteit van de gebruikte grondstoffen) wordt geregeld;
3. De European Critical Raw Materials Act (voorstelfase) leidt tot betere leveringszekerheid en hergebruik van kritieke grondstoffen.

Deze wetten maken deel uit van een nog groter pakket, ter ondersteuning van de Europese Klimaat Wet. Sommige wetten richten zich bijvoorbeeld op beprijzing van emissies (ETS), het vergroten van biodiversiteit, verduurzaming van de voedselvoorziening en productie en de sociale gevolgen van de transitie.

Voor organisaties die willen verduurzamen en moeten rapporteren, is het belangrijk dat er duidelijke en consistente wet- en regelgeving is. Dit thema is nog in ontwikkeling, maar men denkt er onder meer aan om domeingerichte identificatie van verplichtingen rondom duurzame digitalisering in kaart te brengen en kennis en tools te verstrekken om aan de verplichtingen te kunnen voldoen. Ook het monitoren van standaarden die in ontwikkeling zijn is onderdeel binnen dit thema. Partijen die hierbij betrokken zijn: GS1, Dutch Blockchain Coalitie, TNO, ABN AMRO Bank, NL Digital, Rijksinspectie Digitale Infrastructuur, Portbase, NLAIC en NEN.

Randvoorwaarde 2: Awareness-creatie en intrinsieke motivatie van eindgebruiker tot producent, inclusief een begrippenkader

Er is nog te weinig besef van ieders bijdrage aan de milieu-impact van digitalisering. Enerzijds dragen eindgebruikers (ofwel consumenten) bij aan de vraag naar digitale producten en diensten die zich in hardware en software manifesteren en daarmee ook elektriciteit kosten. Daarnaast worden veel data geproduceerd, verwerkt en opgeslagen. Hiervoor is een digitale infrastructuur nodig. Daarbij kunnen producenten van hardware en software hun klanten meer informeren over duurzame opties en alternatieven. Met deze werklijn proberen we met aansprekende voorbeelden bij verschillende doelgroepen de boodschap over te brengen. Intrinsieke motivatie ontwikkelen is daarbij het doel, maar ook het bieden van handelingsperspectieven. Partijen die hier mogelijk bij worden betrokken zijn het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK), CIO Platform Nederland, IT Circle Nederland, Cisco, NLdigital, ABN AMRO Bank, Apple en SIDN.



Randvoorwaarde 3: Duurzame IT-inkoop bij overheid en bedrijfsleven

Dit thema focust zich op het ontwikkelen en delen van kennis over duurzame IT-inkoop. Ook zal gewerkt worden aan een standaard aanpak hiervoor, die een breder bereik heeft dan de overheid. Vanuit de overheid is al een marktvisie en strategie, wordt kennis gedeeld in *ICT buyer groups* en zijn er concrete criteria op het gebied van maatschappelijk verantwoord inkopen (MVI) voor specifieke productgroepen opgesteld. Voor het bedrijfsleven zijn er minder handvaten voor duurzaam inkopen van ICT-producten en diensten bekend. Partijen die betrokken zijn bij dit thema zijn: PIANOO, Belastingdienst, Innovatie Werkplaats publieke inkoop (Rijksoverheid), PwC, Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat (I&W), Rijksbrede Werkgroep Verduurzaming ICT Rijksdienst en Logius.

Randvoorwaarde 4: Kennis en vaardigheden op het snijvlak van duurzaamheid en digitalisering

Zolang duurzaamheidsdeskundigen en digitale experts elkaars taal niet spreken, is het lastig om te werken aan duurzame digitalisering. Het delen van *best practices*, het naar boven brengen van inzichten waar op deelthema's deze twee disciplines bij elkaar komen en het delen van kennis over ieders digitaal gedrag in relatie tot hun eigen *footprint* zijn elementen om aan te werken. Energiezuinig programmeren is een onderwerp wat hierbinnen past. Ook in het onderwijs is het nodig dit te agenderen.

De ministers Adriaansens (Economische Zaken en Klimaat), Jetten (Klimaat en Energie), Dijkgraaf (Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen), Paul (Primair en Voortgezet Onderwijs) en Schouten (Armoedebestrijding, Participatie en Pensioenen) boden in februari 2023 het Actieplan Groene en Digitale Banen aan de Tweede Kamer aan. In dit plan staan maatregelen om de krapte op de arbeidsmarkt aan te pakken in sectoren met banen die belangrijk zijn voor de klimaat- en digitale transitie. Ook is Topsector Energie druk bezig hieraan te werken op Human Capital-gebied, in samenwerking met Topsector ICT.

Het Jaarcongres Circulaire IT op 14 november 2023 richt zich vanuit de markt op de volgende doelgroepen:

1. Management bij zakelijke eindgebruikers met een focus op duurzaamheid van de IT-systemen voor het vergaren van informatie voor beleid en strategie;
2. De educatie sector en studenten met een focus op duurzaamheid en overheid.

Zij werken aan een programma in 2024, in samenwerking met het Digitale Ecosystems Institute, waarbij werknemers uit verschillende branches via uitwisseling kennis delen, inspiratie opdoen en samenwerking creëren. Bij dit thema is het logisch om samen met de universiteiten, hbo- en mbo-instellingen die betrokken zijn bij de NCDD toe te werken naar meer instroom, maar ook onafhankelijke samenwerkingsverbanden zoals IT Circle voor directe toepassing in de praktijk.

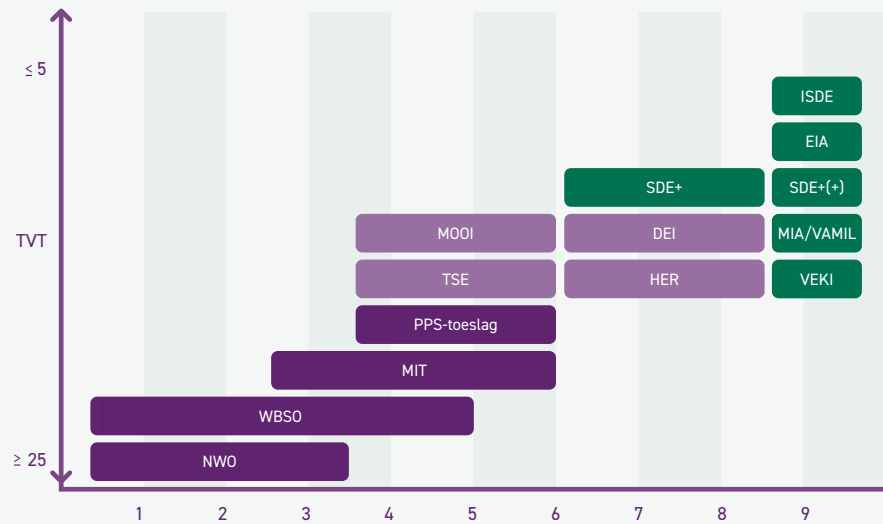
Randvoorwaarde 5: Kennis- en Innovatie Agenda (KIA) om kennishiaten in te vullen

Er zijn terreinen waar nog weinig kennisdeling- en innovatie plaatsvindt, maar tegelijkertijd zien we vanuit diverse universiteiten en hbo-instellingen al vele initiatieven. Het totaaloverzicht ontbreekt en hier zou de NCDD een nuttige kennisbankfunctie kunnen vervullen. Dit thema richt zich op het in kaart brengen van het onderzoeklandschap en blinde vlekken daarin. Ook is de werklijn faciliterend aan de andere werklijnen en het invullen van blinde vlekken die uit empirische observatie en toepassing blijken. Er is een verbinding met Digital Sustainability Center (DISC) voor praktische toepassing van *green software tactics*, maar ook met TNO, Topsectoren Energie en ICT en andere kennisinstellingen die betrokken zijn bij de NCDD. Voorbeelden van die laatste groep zijn TU Delft, Universiteit van Twente, SURF, Vrije Universiteit, Universiteit van Amsterdam, Hogeschool van Amsterdam en het Nederlandse eScience center.

Naast onderzoek naar het veld, overzicht en uitbreiding is het ook waardevol om inzicht te hebben om de praktijktoepassingen die worden gestimuleerd vanuit de diverse regelingen voor innovatie en energiebesparing. Hiermee



kunnen succesvolle toepassingen in het brede NCDD-netwerk effectief worden verspreid vanuit kennisdeling en zo bijdragen aan opschaling en energiebesparing (zie figuur 11 voor een overzicht van financiële instrumentaria).



Bron: Gebaseerd op (CE Delft, 2023)

Afkortingen

- NWO:** Nederlandse organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
- WBSO:** Wet Bevordering Speur- en Ontwikkelingswerk
- MIT:** Mkb-innovatiestimulering Regio en Topsectoren
- PPS-toeslag:** Privaat-Publieke Samenwerking-toeslag
- TSE:** Topsector Energie Industrie Onderzoek & Ontwikkeling
- MOOI:** Missiegedreven Onderzoek, Ontwikkeling en Innovatie
- DEI:** Demonstratie Energie- Klimaatinnovatie
- HER:** Hernieuwbare Energietransitie
- VEKI:** Versnelde Klimaatinvestering Industrie
- MIA/VAMIL:** Milieu-investeringsaftrek/ Willekeurige afschrijving milieu-investeringen
- SDE(+):** Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie
- EIA:** Energie-investeringsaftrek
- ISDE:** Investeringsubsidies duurzame energie en energiebesparing
- EBP:** Energiebesparingsplicht

- Innovatiebeleid
- Energie-innovatie regelingen
- Energiebeleid

Figuur 11: Overzicht instrumentaria (CE Delft, 2023)

Randvoorwaarde 6: Inspiratie, kennisdeling en afstemming met de Europese en Amerikaanse NCDD (ISIT Europe en Sustainable IT.org)

Het digitale systeem houdt niet op bij landsgrenzen en met de eerder aangekondigde *Twin Transition* vanuit Europa is het op z'n minst nodig om inspiratie op te doen, kennis te delen en afstemming te zoeken met ISIT Europe. Tevens zien we dat in de Verenigde Staten Sustainable IT.org ook met een soortgelijk initiatief bezig is, waar zeker overlap ligt met de NCDD-thema's. De Sustainable Digital Infrastructure Alliance (SDIA) werkt als luis in de pels in Brussel aan duiding en agendering van dit onderwerp.

De Nederlandse kennisbank van de NCDD kan de link vormen naar de waardevolle internationale bronnen in deze gremia, en waar nodig een vertaalslag maken naar gebruikers in Nederland. Anderzijds kunnen de Nederlandse onderzoeken en ervaringen met nieuwe duurzame toepassingen gedeeld worden met deze internationale kennisgremia voor meer bereik van het Nederlandse werk.



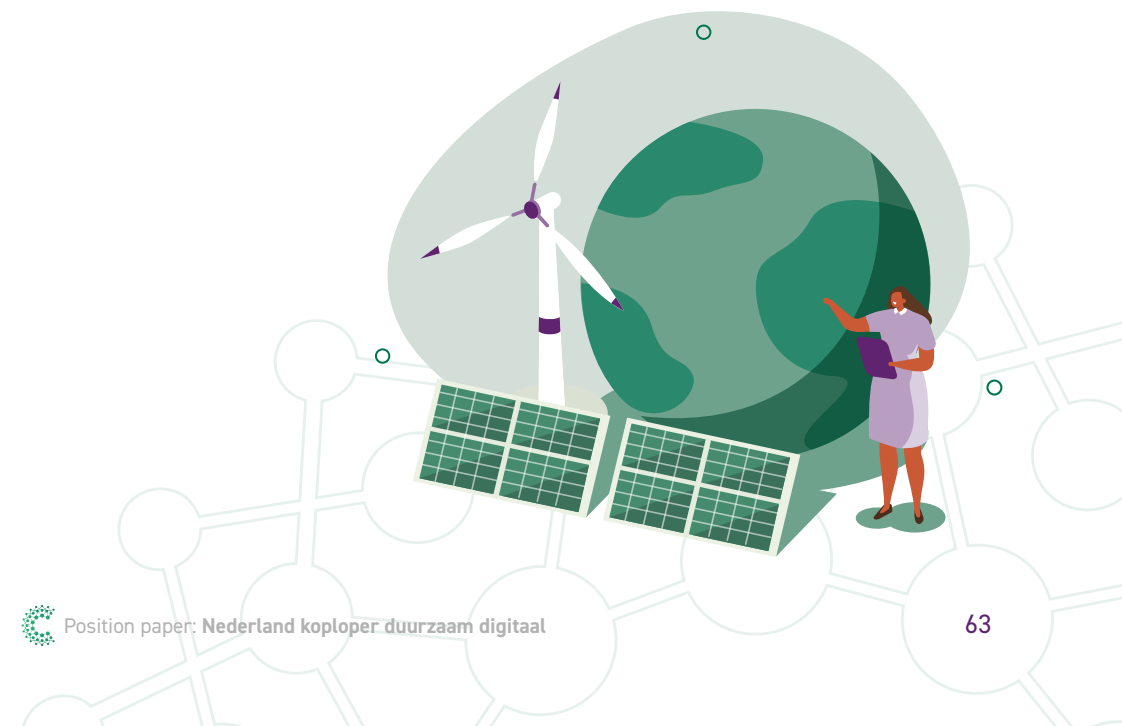
HOOFDSTUK 6

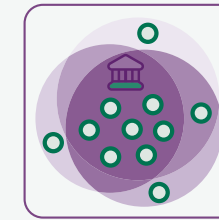
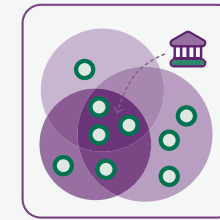
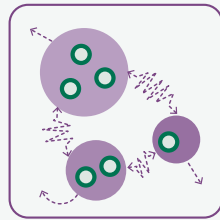
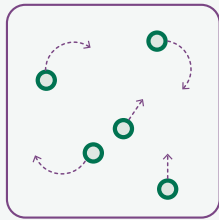
Visie op rollen van stakeholders 2024 - 2026

Systemische blik op transitie: waar staan we eigenlijk?

Het digitaal systeem zit in een transformatie. Vanuit een systemische blik kent een transformatie fasen, sleutelprocessen, rollen van stakeholders en acties op de korte, middellange en lange termijn. Duurzame oplossingen gaan door 4 fasen heen – elke fase heeft zijn eigen karakteristieken en vraagt om andere interventies van verschillende stakeholders (Simons & Nijhof, 2020). In elke fase zijn er 7 sleutelprocessen die goed moeten functioneren, wil een systeem kunnen verduurzamen.

De invulling van de sleutelprocessen verandert door de fasen heen. Voor een succesvolle markttransformatie gaat het erom welke stakeholders welke interventies in welke fasen moeten doen om de sleutelprocessen te verbeteren, het opkomende systeem te versnellen en het oude systeem onder druk te zetten. Op de volgende pagina's zijn de fasen van transitie, met rollen en mogelijke acties van stakeholders, schematisch weergegeven.





	1. Inceptie	2. Competitie
Overheid	<ul style="list-style-type: none"> • Initieer pilots • Stimuleer innovatie • Geef subsidies 	<ul style="list-style-type: none"> • Maak visie en criteria duidelijk • (H)erken / beloon koplopers • Duurzame inkoop
Bedrijven	<ul style="list-style-type: none"> • Start met MVO • Ondersteun goede doelen • Neem deel aan projecten 	<ul style="list-style-type: none"> • Onderscheid je van anderen • Creëer of omarm standaarden, labels, rankings, indexen • Werk samen met je waardeketen
NGO's	<ul style="list-style-type: none"> • Voer campagne • Participeer in projecten • Maak actie-pagina 	<ul style="list-style-type: none"> • Beloon koplopers / straf achterblijvers • Ondersteun strategie bedrijven • Accepteer realiteit bedrijven
Financiële instellingen	<ul style="list-style-type: none"> • Ondersteun goede doelen • Start MVO of eigen stichting • Begin projecten 	<ul style="list-style-type: none"> • Beloon koplopers • Ondersteun je klanten • Biedt speciale groene services
Kennis instellingen	<ul style="list-style-type: none"> • Geef urgentie aan • Formuleer een agenda • Bepaal frameworks 	<ul style="list-style-type: none"> • Onderzoek best practices • Monitor ontwikkeling • Geef verbeterpunten aan

3. Kritieke massa	4. Institutionalisering
<ul style="list-style-type: none"> • Creëer een visie en platforms • Neem beleidsdrempels weg • Koop alleen in bij voorlopers • Subsidieer onrendabele top 	<ul style="list-style-type: none"> • Neem politieke verantwoordelijkheid • Zet wet- en regelgeving op / veranker • Biedt financiële stimulans
<ul style="list-style-type: none"> • Vorm en participeer in platforms • Formuleer een sector strategie • Stel non-competitieve agenda op 	<ul style="list-style-type: none"> • Werk mee aan wetgeving • Positieve lobby • Zorg dat achterblijvers er bij komen
<ul style="list-style-type: none"> • Participeer in platforms • Speel rol als waakhond • Ga voor opschaling 	<ul style="list-style-type: none"> • Discussieer met politiek • Monitor de ontwikkeling • Zorg voor transparantie
<ul style="list-style-type: none"> • Participeer in platforms • Help met structureren van maatregelen • Positieve engagement bedrijven 	<ul style="list-style-type: none"> • Voer (investerings)beleid in • Durf ook uit te sluiten • Blijf koplopers belonen
<ul style="list-style-type: none"> • Stap in ecosysteem bedrijven • Adviseer politiek • Monitor ontwikkeling 	<ul style="list-style-type: none"> • Hamer op doorgaande verbetering • Optimaliseer de instituties • Wijs op bijeffecten

Figuur 12: De 4 fasen van transitie (Bron: Simons & Nijhof, 2020)

Er zijn zeven sleutelprocessen waaraan in elke fase gewerkt moet worden, wil een fase functioneren (zie figuur 13). De NCDD ziet dat in Nederland gewerkt wordt aan pilots, dat er op grotere schaal innovatietrajecten (gaan) lopen en dat bedrijven soms frontrunner willen zijn en willen verduurzamen, maar vaak nog niet weten hoe. Kennisinstellingen werken met urgentie aan raamwerken. Onze inschatting is dat we van een 'inceptiefase' bewegen naar een 'competitiefase', maar dat dat niet vanzelf gaat.

Sleutelproces	Kernvraag
1. Urgentie en visieontwikkeling	<ul style="list-style-type: none"> Is het duidelijk dat er een duurzaamheidsprobleem is, en is er reden en urgentie voor verandering? Is er een visie waar we heen willen om het probleem op te lossen?
2. Kennisontwikkeling en uitwisseling	<ul style="list-style-type: none"> Weten we wat mogelijke oplossingen zijn? Wordt er voldoende kennis opgebouwd om deze oplossingen te ontwikkelen?
3. Marktontwikkeling	<ul style="list-style-type: none"> Worden koplopers ('first movers') met nieuwe duurzame oplossingen (h)erkend en beloofd? Ontstaan er niche markten en worden deze opgeschaald?
4. Creatie van geloofwaardigheid en legitimiteit van oplossingsrichting	<ul style="list-style-type: none"> Is het duidelijk welke oplossingen wenselijk zijn om de visie te realiseren? Hebben deze oplossingen voldoende geloofwaardigheid en legitimiteit?
5. Mobilisatie van financiële middelen en human capital	<ul style="list-style-type: none"> Zijn er genoeg financiële middelen en 'human capital' om de gewenste oplossingen te ontwikkelen en op te schalen? Zijn er voldoende middelen voor goed functioneren van sleutelprocessen?
6. Sector coördinatie en organisatie	<ul style="list-style-type: none"> Is er voldoende coördinatie tussen sector partijen om duurzame oplossingen te ontwikkelen en wordt de sector georganiseerd om deze oplossingen het nieuwe normaal te maken?
7. Wetgeving en beleid aanpassen	<ul style="list-style-type: none"> Worden wetgeving en beleid aangepast om nieuwe duurzame oplossingen te ontwikkelen en op te schalen, en het oude niet-duurzame systeem af te breken?

TransMissie model

De TransMissie sleutelprocessen bouwen voort op Duurzame Markttransformatie theorie en de functies van Mission Driven Innovation Systems (MIS) theorie.

Let op! Dit gaat om een concept versie van de sleutelprocessen en deze zullen nog verder uitgewerkt en onderbouwd worden.

Figuur 13: Overzicht van sleutelprocessen en bijbehorende kernvragen (Bron: Simons & Nijhof, 2020)

De NCDD treedt in overleg met deze stakeholders om synergie te bewerkstelligen. De komende 2 jaar zijn er volgens de NCDD voor de volgende stakeholders rollen in te nemen:



1. Overheid

De overheid heeft een rol te vervullen in bovengenoemde sleutelprocessen, zoals wetgeving en beleid, marktontwikkeling stimuleren, onafhankelijk onderzoek initiëren en pleiten voor standaarden. In de komende periode zal dit in beleid worden uitgewerkt. Vakdepartementen zullen vanuit verschillende invalshoeken bijdragen aan integraal beleid, zoals klimaatbeleid, circulariteit, grondstoffengebruik, inkoop en innovatie.



2. Sectoren/bedrijven

Eindgebruikers zullen een verduurzamingsstrategie moeten ontwikkelen. Bedrijven/CIO's zullen zowel binnen hun eigen bedrijfsvoering als binnen hun sector plannen moeten ontwikkelen om te verduurzamen. Om dit te onderzoeken dient budget vrijgemaakt te worden. Consultancy- en tech-bedrijven en producenten moeten zichzelf als keten regisseren, aangezien de gehele keten een relatie heeft met elkaar. Elk onderdeel van de *tech stack* bouwt op elkaar. Er zijn al *pilots* en *use cases*, maar deze zijn in schaal in het algemeen nog niet groot. Er zal meer *engagement* georganiseerd moeten worden om kennis en expertise te ontwikkelen over deze thema's. In diverse consortia (waaronder NLAIC – Duurzaamheid, DBC – Duurzaamheid en GAIA-X/Cloud Duurzaamheid) wordt al samengewerkt aan innovatieve oplossingen – veelal binnen sectoren – die de kansen bij het aangaan van verduurzamingsopgaven vergroten. Doorbouwen op deze initiatieven is nodig en de NCDD onderzoekt wat ze daaraan kan toevoegen. Ook moet er bewustzijn en kennisopbouw in de *boardroom* plaatsvinden: thema's als security en soevereiniteit zijn ondertussen op CIO-niveau wel bekend, maar duurzaamheid nog zeker niet, laat staan in de bestuurskamer. Het bedrijfsleven heeft hierin zelf een stap te zetten, maar aankomende wet- en regelgeving die vanuit *accountability* dit zal afdwingen, is een stok achter de deur voor grote organisaties waar ICT een materieel onderdeel is van de milieu-impact.



3. Ngo's, adviesorganisaties en publiek-private initiatieven

Deze dienen het gesprek aan te jagen en het onderwerp te duiden bij diverse bijeenkomsten. Zo kunnen de SER, Rathenau en Waag het gedachtegoed verder uitdragen en het onderwerp vanuit diverse invalshoeken benaderen. Ook is het essentieel de politiek te blijven voeden en een verbinding te creëren tussen domeinen, sectoren en departementen als het gaat om uitvoeringsvraagstukken. Een voorbeeld hiervan is de verduurzaming van de digitale infrastructuur binnen het zorgdomein, zoals federatieve datadeelstelsels voor klinische onderzoekdata voor wetenschappelijk onderzoek en precisiebehandeling. Dit gebeurt in een consortium met onder meer het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport (VWS), Topsector Health, academische ziekenhuizen, patiënten federaties en partijen aangesloten bij de NCDD met technische kennis op het gebied van energie-efficiënte software en *hardware lifecycle* (LCA).



4. Financiële instellingen

De bancaire sector kan zelf investeren in duurzame IT, maar ook verduurzaming door IT mogelijk maken onder goede voorwaarden (bijvoorbeeld voor leningen). De energiesector kent bijvoorbeeld grote uitdagingen in effectief gebruik. Innovatieve IT-oplossingen kunnen daaraan bijdragen. Grootschalige investeringen zijn nodig om toekomstige energievoorziening mogelijk te maken. Denk hierbij bijvoorbeeld aan aansturing door algoritmes in het energiesysteem, maar ook aan batterij-opslag en besturingssystemen die softwarematig worden aangestuurd. Banken zijn daarnaast sterk technologisch gedreven en een verduurzamingsstrategie zoals bij de ABN AMRO Bank kan breder worden gedeeld. Zo geldt dat voor meerdere bedrijven in verschillende sectoren. Pensioenfondsen hebben grote investeringsmogelijkheden en belangen bij corporates die zij kunnen inzetten om verduurzaming van het digitale systeem te stimuleren en verduurzamingsopgaven in sectoren mogelijk te maken.



5. Kennisinstellingen

Door fundamentele wetenschap dient bepaalde technologie in de verre toekomst ontwikkeld te worden. In groeifondsaanvragen zit bijvoorbeeld al *photonics* (fotonica), maar ook onderzoek naar nieuwe energiezuinige architectuur en de rol van software hierin is belangrijk. Ook is het landschap waarin onderzoek wordt gedaan versnipperd. Het is dus belangrijk om een agenda te ontwikkelen en bij de Nationale Wetenschapsagenda in te dienen. Vanuit de Topsectoren kunnen verduurzamingsopgaven in sectoren met de bestaande Topsectoren en hun netwerk en *stakeholders* worden geadresseerd, geïnitieerd en geprogrammeerd. Topsector Energie en Topsector ICT kunnen hierin faciliterend zijn, in samenwerking met de NCDD.

De wetenschap heeft daarnaast een rol om methodieken te ontwikkelen rondom de milieu-impactfactoren en de positieve en negatieve beïnvloeding van het digitale systeem hierin. Inzicht is nodig op macroniveau, toegespitst op scope 1, 2 en 3 en per milieu-impactfactor, maar ook op microniveau, toegespitst op lagen in het digitale systeem en van producten tot gebruikers en consumenten. Een start voor het pad naar 2030 is een monitoringsmodel ontwikkelen om voortgang objectief te meten.



Tijdshorizon 2030 en volgende stappen van NCDD

HOOFDSTUK 7

Nederland kan zijn koppositie in duurzame digitalisering alleen maar behouden door te focussen en scherpe keuzes te maken, vanuit een breed *stakeholders*-veld, waarbij de lijnen kort zijn. De NCDD wil hierin een belangrijke rol spelen en creëert visie, adresseert uitdagingen en maakt die specifiek en agendeert deze onderwerpen aan diverse tafels in Nederland. Ook faciliteert de NCDD kennisdeling en samenwerking bij belanghebbenden en initieert en organiseert de coalitie nieuwe projecten en samenwerkingen om dit te bevorderen. Om wendbaar te blijven en draagvlak te creëren, werkt de NCDD ieder jaar met een jaarplan. Dit voorliggend document bevat de ingrediënten om scherpe keuzes te kunnen maken.

Deze *position paper* is een overzicht van het speelveld, hoe de Strategieraad van NCDD de rol van NCDD ziet en welke thema's en projecten er ontwikkeld worden. De volgende stap is om een actieplan met programmering te ontwikkelen waarin de rol van NCDD en de positionering ten opzichte van onze actieve en potentiële partners verder vorm krijgt. Op deze manier maken we samen de ambitie '**Nederland koploper duurzaam digitaal**' waar!





BIJLAGE 1

Achtergrond emissies – Wet van Moore, energie- verbruik & emissies en groene stroom

Wat als de Wet van Moore afloopt over 5 jaar?

Dankzij de voortdurende verbetering in efficiëntie van halfgeleiders neemt het energieverbruik van chips (per bit) tot nu toe exponentieel af. De Wet van Moore (overigens eerder een voorspelling dan een wetmatigheid, maar wel één die bepalend is voor de cadans van het digitale systeem) stelt dat de dichtheid van transistors op chips iedere twee jaar verdubbelt, wat leidt tot een toename van efficiëntie. In de analogie met vliegtuigen betekent dit dat het aantal stoelen per vliegtuig iedere twee jaar toeneemt – het aantal passagiers kan in diezelfde tijd dus eveneens verdubbelen terwijl het brandstofverbruik slechts marginaal toeneemt.

Van zowel de Wet van Moore als de groei van onze databehoeftes wordt gesteld dat deze op enig moment zal moeten stagneren, primair vanwege het feit dat oneindige groei strijdig zou zijn met fysieke grenzen (Dialogic, 2023). Wanneer de grenzen van de Wet van Moore eerder worden bereikt dan de grenzen aan de groei van de databehoeftes, zou dit vanaf dat moment kunnen leiden tot een snellere groei van het energieverbruik. Immers, de Wet van Moore compenseert de groei dan niet meer met verhoging van efficiëntie (AD, 2023).

Hierbij kan overigens de vraag worden gesteld in hoeverre databehoeftes voor een deel aanbodgedreven is (het feit dat er efficiëntiegroei is aan de chipkant veroorzaakt wel lichte vraaggroei – de efficiëntiegroei leidt immers ook tot lagere marginale kosten van eindproducten en diensten). Daarnaast is efficiëntiegroei niet uitsluitend het gevolg van de Wet van Moore. Zo bestaat er een *trade-off* tussen enerzijds het gebruiken van nieuwere, snellere chips, en anderzijds het investeren in de ontwikkeling van efficiëntere software. Zolang de Wet van Moore van kracht blijft, kan het economisch gezien verstandiger zijn te wachten op een snellere chip dan ontwikkelaars in te huren om software te verbeteren.

Energieverbruik en fossiele brandstoffen

De digitale economie is sterk afhankelijk van elektriciteit. De productie van elektriciteit leidt tot CO₂-emissies, omdat in veel gevallen (nog) gebruik wordt gemaakt van fossiele brandstoffen. Zelfs wanneer veel van de elektriciteit wordt opgewekt uit duurzame bronnen, zoals wind- of zonne-energie, is elektriciteitsproductie op basis van fossiele brandstoffen nodig




om het elektriciteitsnet in balans te kunnen houden op momenten dat er tijdelijk minder wind- of zonnestroom beschikbaar is. De hoeveelheid CO₂ die wordt uitgestoten bij de productie van elektriciteit is afhankelijk van de energiemix. De energiemix omschrijft de verhouding tussen verschillende primaire energiebronnen die gebruikt worden om elektriciteit te produceren. Deze energiemix varieert continu, afhankelijk van de beschikbaarheid van duurzame energiebronnen en de vraag naar elektriciteit. Zo zijn duurzame energiebronnen zoals zon en wind niet altijd voldoende beschikbaar. Als het aanbod van duurzame elektriciteit niet kan voldoen aan de vraag, dan moet het elektriciteitsaanbod worden aangevuld met elektriciteit uit fossiele bronnen.

Groene stroom

In het digitale systeem wordt op verschillende manieren gewerkt aan verduurzaming. Een manier is door (uitsluitend of grotendeels) groene stroom in te kopen. Van groene stroom bestaan verschillende vormen, maar kenmerkend is dat er uiteindelijk evenveel of meer stroom uit duurzame bron is opgewekt dan er is verbruikt, en dat dezelfde geleverde groene stroom slechts bij één afnemer wordt meegeteld. Hoewel het voor de hand ligt om de emissiefactor voor ingekochte groene stroom simpelweg op nul te stellen, zoals in het GHG-protocol wordt voorgeschreven bij een *market based* benadering. Echter is er, om de groene stroom überhaupt te kunnen leveren, tot op heden alsnog een bepaalde productie(capaciteit) op basis van fossiele brandstoffen nodig. Dit is nodig om te voorzien in gevallen waarin er niet afdoende stroom uit duurzame bron beschikbaar is en om het elektriciteitsnet in balans te houden. Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) verwacht dat in 2040 de energiemix volledig bestaat uit duurzame bronnen (KEV 2023). Vanuit individueel perspectief van een afnemer van groene stroom is er weliswaar geen CO₂-uitstoot, maar vanuit het geheel bezien is die er op dit moment nog wel degelijk. Daar staat tegenover dat er uiteindelijk wel zoveel stroom uit hernieuwbare bron wordt geproduceerd als er 'groen' is afgenomen. Op andere momenten in de tijd is er dus een overschot van groene stroom, wat leidt tot een reductie van het aandeel 'grijze' stroom. Om groene stroom aan te bieden wordt gebruikgemaakt van Garanties van Oorsprong

(GvO), certificaten voor groene stroom die kunnen worden ingekocht bij producenten van duurzame energie. De vraag rijst hoe de CO₂-emissies moeten worden geteld, die er (vooralsnog) zijn om aan de elektriciteitsvraag van de markt als geheel te kunnen voldoen, bijvoorbeeld op momenten dat er minder zon is en de wind minder hard waait.

Het Greenhouse Gas Protocol (GHG) benoemt twee perspectieven in haar accounting-richtlijnen voor het bepalen van scope 2-emissies: het markt-gebaseerde en het locatie-gebaseerde perspectief. Het eerste perspectief komt op hoofdlijnen overeen met het optellen van de emissies bij de opwek van uitsluitend de ingekochte energie (en die zou nul zijn als er alleen groene stroom wordt ingekocht), en dus het perspectief van de digitale dienst aanbieder. In het locatie-gebaseerde perspectief worden de netto energiemix en emissiefactoren voor de elektriciteitsproductie op het relevante elektriciteitsnet aangehouden. Daarbij merkt GHG op dat het laatstgenoemde perspectief het meest passend is wanneer wordt gekeken naar de totale emissies van een energie-intensieve sector als geheel (Dialogic 2023).



Definities digitale sector in onderzoeken Dialogic en SEO

BIJLAGE 2

Dialogic – 4 hoofdcategorieën die de sector omvatten

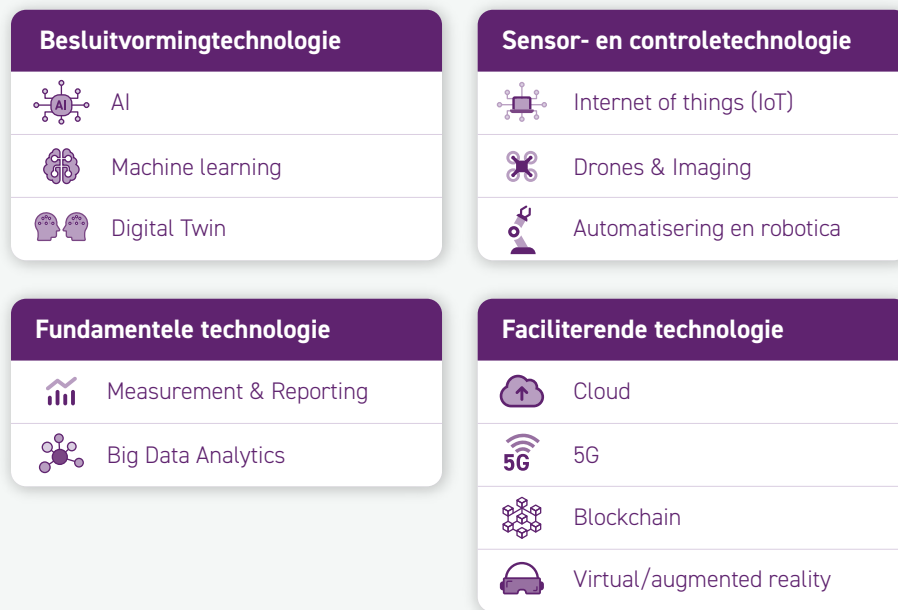
In 'De Digitale Voetafdruk - Emissies van de digitale sector in Nederland in (toekomst)perspectief', onderzoek van Dialogic uit 2023, staat omschreven dat in meerdere onderzoeken naar de uitstoot van de digitale sector een uitsplitsing wordt gemaakt tussen vier hoofdcategorieën die samen de sector omvatten.

- 1. Eindgebruikersapparaten** – Er zijn veel mogelijke relevante eindgebruikersapparaten die tot het digitale systeem kunnen worden gerekend (zoals smartphones, laptops, tablets et cetera);
- 2. Netwerken** – Hierbij gaat het om de grootste typen netwerken (zoals voor vaste telefonie, mobiele netwerken en breedbandnetwerken);
- 3. Datacenters en servers** – Er zijn verschillende typen datacenters die variëren in omvang (on-premises bij grotere ondernemingen, colocatie en *hyperscale*). Daarnaast spelen ook de diesel-aggregaten en koelingssystemen een rol in de uitstoot bij datacenters;
- 4. Tv-randapparatuur en tv-distributienetwerken** – Hierbij gaat het om fysieke tv's, randapparatuur en distributienetwerken.

SEO – 4 kernmechanismen die bijdragen aan emissiereductie

In het SEO-onderzoek 'Duurzamer door digitalisering – bijdrage van digitalisering aan emissiereductie' (2023) hanteren de onderzoekers een andere aanpak. Zij beschrijven dat de digitale sector, die wordt aangedreven door informatie- en communicatietechnologie (ICT), invloed heeft op alle economische sectoren en bijdraagt aan emissiereductie via vier kernmechanismen:

- 1. Besluitvorming**
- 2. Meten**
- 3. Faciliteren**
- 4. Het fundament vormen voor technologische ontwikkeling**



Figuur 14: Cluster digitale technologieën (Bron: SEO, 2023)

Binnen deze mechanismen worden diverse technologieën geïdentificeerd, zoals Artificiële Intelligentie (AI), Machine Learning, digital twins, Internet of Things (IoT), drones, automatisering, big data-analyse, cloud computing, 5G, blockchain en augmented/virtual reality. Deze mechanismen kunnen ieder op hun eigen manier bijdragen aan emissiereductie binnen de Nederlandse sectoren. Dit rapport richt zich specifiek op de sectoren mobiliteit, elektriciteit en industrie, vanwege hun aanzienlijke impact op emissies, het potentieel voor emissiereductie door digitalisering en de strategische prioriteiten van beleidsmakers om duurzaamheid te bevorderen in deze sectoren. Het rapport biedt inzichten en beleidsrichtlijnen om de integratie van digitalisering en duurzaamheid in deze cruciale sectoren te bevorderen.



BIJLAGE 3

Voorbeelden van componenten van de digitale sector die wel en niet zijn meegenomen in de afbakening (Dialogic, 2023)

Deze selectie is gemaakt op basis van een aantal criteria:

1. De component wordt geïncorporeerd in meerdere van de bekeken studies naar de uitstoot van de ICT-sector;
2. De component heeft een meer dan marginale of een groeiende CO2-uitstoot;
3. De CO2-uitstoot van de component is praktisch te meten/schatten.

Daarnaast is er op basis van eigen inzicht en recente ontwikkelingen een aantal componenten toegevoegd aan de lijst van componenten: smart home apparaten, VR/AR-apparaten en tv-streamingapparaten (zoals Google Chromecast en Apple TV). Deze apparaten worden steeds populairder en hebben daarmee een groeiende impact op het energieverbruik van het digitale systeem.



Categorie	Component	Andrae & Edler (2015)	Belkhir & Elmegli (2018)
Eindgebruikers-apparaten	Smartphones	✓	✓
	Phablets	✓	✓
	Draagbare mediaspelers (bijv. iPods)	✗	✗
Netwerken	Mobiele netwerken	✓	✓
	Kabelnetwerken	✓	✓
	Netwerk met lager vermogen	✗	✗
Datacenters en servers	Servers	✓	✓
	Noodstroomvoorzieningen	✗	✓
	Operationele activiteiten (kantoor, zakenreizen, onderhoud)	✗	✗
TV's, TV-rand-apparatuur en TV-distributie	(smart) TV's	✓	✗
	Set top boxes	✓	✗
	Dvd-spelers	✓	✗

Malmodin & Lundén (2018)	Dialogic / SEO	Redenering
✓	✓	Grote impact, 3 studies
✗	✗	Kleine impact, smartphones en tablets al meegenomen
✓	✗	Afnemende impact, slechts 1 studie
✓	✓	Grote impact, 3 studies
✓	✓	Grote impact, 3 studies
✗	✗	Door geen studie geïnccludeerd
✓	✓	Grote impact, 3 studies
✓	✓	Scope 1, door 2 studies meegenomen
✓	✗	Scope 3
✓	✓	Grote impact, 2 studies
✓	✓	Grote impact, 2 studies
✓	✗	Afnemende impact

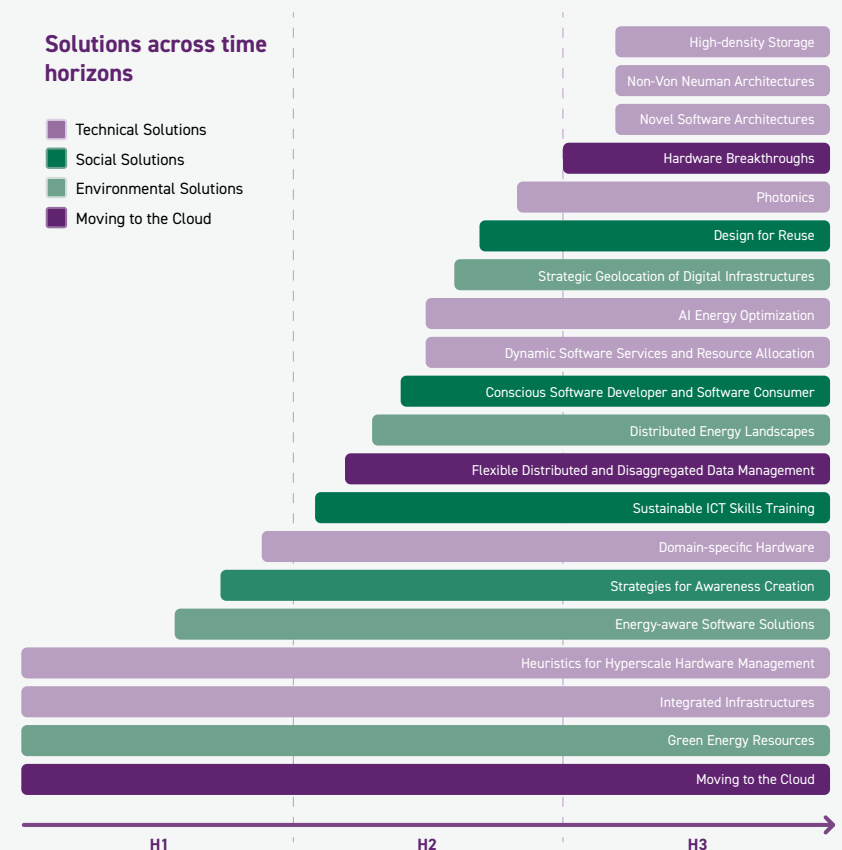
Figuur 15: Voorbeelden componenten (Bron: Dialogic, 2023)



BIJLAGE 4

Besparingsopties en aanbevelingen in sectoren (onderzoeken LEAP, Dialogic en SEO)

Het Lower Energy Acceleration Program (LEAP) liet, onder regie van de Amsterdam Economic Board, in 2021 al zien dat er in 3 tijdshorizonten verschillende mogelijkheden zijn om de milieu-impact van het digitale systeem te beperken. Deze oplossingen zijn opgedeeld in verschillende categorieën: **technische, sociaal-maatschappelijke, milieu-impactvolle en zogeheten paradigma-veranderingen (zie figuur 16).**



Figuur 16: Overzicht van de oplossingen, ingedeeld per tijdshorizon (Bron: Verdecchia et al., 2021)



In H1 bevinden zich de oplossingen voor minder milieu-impact die nu al beschikbaar zijn en die volgens de onderzoekers direct geadopteerd kunnen worden (Verdecchia et al., 2021). Deze oplossingen zijn:

1. De transitie naar de cloud, aangezien het verplaatsen van data en rekenkracht van *on-premise*-servers naar de cloud zorgt voor *on demand* toegang tot gedeelde *resources* en daarmee tot grotere efficiëntie en lager energieverbruik van servers;
2. De adoptie van groene energiebronnen, zoals zonne- en windenergie;
3. Een geïntegreerde infrastructuur, voortkomend uit de nauwe samenwerking tussen hardware- en softwareontwikkelaars, waarbij hardware ontworpen wordt om te voorzien in de specifieke behoeften van software;
4. Het optimaliseren van onderliggende fysieke infrastructuur van (*hyperscale*) datacenters, bijvoorbeeld door hergebruik van warmte en efficiëntere koelingmethodes, zoals immersie-koeling. Ook kan dataopslag efficiënter worden ingericht, bijvoorbeeld door SSD-opslag te gebruiken voor frequent gebruikte data en door minder frequent gebruikte data te verplaatsen naar langdurige opslag. Dit zorgt voor een hogere energie-efficiëntie;
5. Energiebewuste software-optimalisatie, oftewel het efficiënter maken van hardware door het optimaliseren van de software die erop draait. Zo kan energiebewuste software bijvoorbeeld ingezet worden om zombie servers (servers die onnodig aanstaan) automatisch uit te schakelen, maar kan software ook zo ontworpen worden dat (hardware)resources alleen gebruikt worden op *on demand*-basis;
6. Het creëren van bewustzijn over dataconsumptie in de samenleving. Met behulp van toezicht en communicatie over de milieu-impact van dataproductie, manipulatie en gebruik kan gewerkt worden aan gedragsverandering en een bewustere relatie met data (consumptie);
7. De ontwikkeling van energiezuinige en domein-specifieke hardware, oftewel hardware die ontworpen is om efficiënt in specifieke doeleinden te voorzien. Denk hierbij bijvoorbeeld aan speciaal ontworpen en geoptimaliseerde GPU's (*graphics processing units*, oftewel grafische processors) voor Deep Learning.

In de nabije toekomst (binnen 4 tot 6 jaar) zien de onderzoekers de volgende kansen voor verduurzaming, deels veroorzaakt door de ontwikkeling van een paradigmashift van gecentraliseerde naar flexibele en gedistribueerde processen:

1. Flexibel en gedistribueerd datamanagement, gefaciliteerd door *edge-computing*, waarbij het mogelijk wordt om rekentaken en data dichter naar de gebruiker, maar ook naar de energiebron, te verplaatsen en daarmee energie te besparen;
2. Strategische plaatsing van digitale infrastructuur, waarbij digitale infrastructuur strategisch gepositioneerd wordt om bijvoorbeeld fysiek dicht bij de eindgebruiker te zijn en zo de energieconsumptie van de datastroom te beperken;
3. Dynamische software services en resource-allocatie, waarbij software dynamisch resources inzet om dataverkeer en energiegebruik te beperken en tegelijkertijd prestaties te verbeteren;
4. Een gedistribueerd energielandschap, ondersteund door slimme energienetwerken, dat het mogelijk maakt om lokaal energie te produceren en consumeren en daarmee energievervalsing van een gecentraliseerd systeem tegengaat;
5. Optimaliseren van het energiegebruik van AI, aangezien AI(-training) momenteel nog grote hoeveelheden energie behoeft. Er zijn echter veelbelovende prototypen in de maak die het energiegebruik van AI kunnen verminderen, bijvoorbeeld hardware die specifiek is toegerust op AI (*AI on a chip*);
6. Energiebewuste software-optimalisatie, waarmee software verder gedistribueerd en uitgesplitst wordt en slimme virtualisatie zorgt voor efficiënter hardware-gebruik;
7. Duurzame ICT-skills-training, waardoor zowel in het hoger onderwijs als in de industrie aandacht zal zijn voor duurzame ICT-toepassing en productie;
8. Bewuste softwareontwikkelaars en gebruikers zijn nodig en zullen steeds meer ondersteund worden door een groeiend inzicht in en monitoring van energiegebruik van ICT. Hierdoor zal duurzaamheid prominenter worden in de ICT-designs, maar ook in de vraag vanuit consumenten;
9. Hergebruik van hardware en *lifecycle management*. Zulke circulaire strategieën zorgen voor hardware die langer meegaat en makkelijker te onderhouden is. Hierdoor daalt het gebruik van grondstoffen en de bijbehorende vervuiling en uitstoot.



Voor de toekomst (meer dan 6 jaar later) worden oplossingen voor verduurzaming aangedragen die voornamelijk gericht zijn op hardware-innovaties. Het is belangrijk om te realiseren dat deze innovaties niet (direct) de bestaande infrastructuur zullen vervangen, maar waarschijnlijk zullen aanvullen. De onderzoekers voorspellen de volgende doorbraken:

1. Fotonica zal waarschijnlijk wijdverspreid worden in de digitale infrastructuur en de transitie naar optische communicatie vindt waarschijnlijk ook plaats in datacenters en zal micro-elektronische hardware vervangen. Fotonica kan data sneller overbrengen, terwijl het minder hitte verspreid en minder signaalversterking nodig heeft. Hiermee is dit energie-efficiënter dan elektrische signalen;
2. Non-Von Neumann computerontwerpen, zoals neuro-morfische en soortgelijke architecturen, kunnen leiden tot grote energiebesparing bij het uitvoeren van intensieve berekeningen;
3. *High-density* dataopslag is een veelbelovende innovatie, waarbij grote volumes aan data tegen hele lage energiekosten kunnen worden opgeslagen op basis van complexe, nieuwe technologie, bijvoorbeeld door gebruik te maken van draaiende elektronen, of de relaties tussen protonen en elektronen.

Het onderzoek van Dialogic (2023) laat zien dat er een aantal besparingsopties binnen de digitale sector zijn:

- **Het sturen op groei van de totale datacenteroppervlakte in Nederland**

Hoewel dit leidt tot een afname van de emissies van datacenters, vermoeden we dat dit op mondiaal niveau niet zal leiden tot emissiereductie – de datacentercapaciteit zal gegeven dezelfde vraag dan namelijk buiten onze landsgrenzen moeten worden ingevuld. Met een snel dalende CO₂-emissie in de energiemix – en uitzicht op volledig groene stroom in 2040 – is de kans groot dat datacenters in omliggende landen meer CO₂-emissies zullen hebben dan in Nederland.

- **Het sturen op efficiëntie van datacenters**

Aangenomen wordt dat *hyperscale*-datacenters een hogere efficiëntie kunnen halen dan *co-locatie*- en *on-premise* datacenters. Het huidige beleid is echter gericht op het aantal *hyperscalers* in Nederland beperken, om andere redenen dan uitsluitend de uitstoot;

- **Het vervangen van legacy-systemen**

Hoewel er directie energiebesparingen worden gerapporteerd door dergelijke vervanging, is echter op basis van dit onderzoek niet te zeggen wat de negatieve effecten zijn in termen van scope 3-uitstoot (fabricage en installatie van de nieuwe apparatuur en afvoer van de oude);

- **Vraagreductie en/of vraagsturing**

Het terugdringen van de vraag naar digitale producten en diensten lijkt lastig en zou moeten worden gewogen ten opzichte van de economische vraag die deze vertegenwoordigt. Het sturen van de vraag naar rekenkracht in tijd (met name naar de momenten op de dag waarop de emissiefactor van elektriciteit lager is) kan wel leiden tot een besparing. We zien op dit vlak ook enkele initiatieven aan de kant van eindgebruikersapparaten. Het is de vraag in hoeverre iets vergelijkbaars mogelijk is voor (klanten van) datacenters;

- **Het reduceren van *stand-by*-verbruik**

We zien in alle categorieën dat *stand-by*-verbruik een relatief groot deel van de totale elektriciteitsbehoefte – en daarmee uitstoot – vertegenwoordigt. Het dynamischer op- en afschakelen van apparatuur zou kunnen leiden tot een forse reductie. Als vingeroefening is een analyse uitgevoerd waarbij consumentenapparatuur 'achter een tijdschakelaar' wordt geplaatst;

- Een meer lange termijn optie is **investeren in de ontwikkeling van efficiëntere digitale technologie** (met name halfgeleiders).

De hier geschetste toekomstscenario's voor de ontwikkeling van CO₂-emissie van de digitale sector in Nederland geven primair een bovengrens voor besparingsopties. Op basis van het model kan worden vastgesteld wat bepaalde besparingsopties in het beste geval aan besparing kunnen opleveren. Daarbij wordt echter geen afweging gemaakt met de negatieve gevolgen van besparingsopties (zoals de economische waarde die hiermee gemoeid gaat).



Het onderzoek van SEO (2023) beschrijft, zoals eerder genoemd, aanbevelingen in drie sectoren: **mobiliteit, elektriciteit en industrie**.

De aanbevelingen voor het beleid in de mobiliteitssector om emissiereductie in Nederland te realiseren zijn:

- 1. Stimuleer mobiliteitsvormen met lage emissies** – Mobiliteitsvormen met lage emissies (deelmobiliteit via digitale platformen) nemen waarschijnlijk toe in Nederland, maar kennen een ongelijke behandeling van de overheid vergeleken met bijvoorbeeld autobezit;
- 2. Stimuleer ontwerpnormen voor uitwisseling van data voor verkeerssystemen** – Verkeerssystemen gebruiken data om het verkeer soepel te laten doorstromen om zo emissies te beperken. Deze data zijn vaak in bezit van verschillende partijen (Rijkswaterstaat of individuele autofabrikanten), maar er zijn weinig mogelijkheden om die data te delen. Beleid om deze data-uitwisseling te faciliteren kan bijdragen aan een efficiënter verkeersmanagement;
- 3.** Gebruik het slim laden van de (cumulatieve) batterijcapaciteit van elektrische auto's en andere voertuigen om het energieverbruik hiervan te sturen naar momenten die passen bij het aanbod van duurzame energie en zo bijdragen aan balanceren van het energiesysteem.

De aanbevelingen voor het beleid in de elektriciteitssector om emissiereductie in Nederland te realiseren zijn:

- 1. Stimuleer digitale optimalisatie van energieopwekking** – Beleid moet gericht zijn op het bevorderen van digitale optimalisatie van energieopwekking. Investeer in kunstmatige intelligentie en slimme *asset tracking* om de efficiëntie van hernieuwbare energiebronnen zoals zonnepanelen en windmolens te verbeteren. Dit kan worden bereikt door financiële prikkels en subsidieprogramma's voor innovatieve projecten te introduceren;
- 2. Normering van digitale sensoren** – Ontwikkel normen voor het gebruik van digitale sensoren in de duurzame energieopwekking. Deze normen zullen de effectiviteit vergroten en de consistentie in de sector waarborgen. Stimuleer onderzoek en ontwikkeling om geavanceerde sensortechnologieën te bevorderen;

- 3. Data-gedreven afstemming van energieverbruik** – Faciliteer en normeer data-gedreven afstemming van energieverbruik. Begin met het implementeren van deze technologieën in overheidsgebouwen als een pilotproject. Dit zal niet alleen emissies verminderen, maar ook als een voorbeeld dienen voor de private sector;
- 4. Flexibel netbeheer** – Investeer in digitalisering van het elektriciteitsnet en promoot flexibel netbeheer. Ontwikkel standaarden voor data-deling en communicatie tussen systemen om een soepele werking van het net te waarborgen. Werk samen met bestaande marktinitiatieven en ondersteun netbeheerders in de implementatie van deze technologieën.

De aanbevelingen voor het beleid in de industriesector om emissiereductie in Nederland te realiseren zijn:

- 1. Stimuleer data-deling in de maakindustrie** – Introduceer beleid dat datadeling tussen private partijen in de maakindustrie bevordert. Dit kan onder andere worden bereikt door het vaststellen van normen voor gegevensinteroperabiliteit. De overheid kan een rol spelen als bemiddelaar en aanjager van samenwerking;
- 2. Stimuleer ontwikkeling van een gemeenschappelijke taal voor systemen** – Ondersteun de ontwikkeling van een gemeenschappelijke taal voor systemen in de maakindustrie. Dit zal helpen bij het verbeteren van de efficiëntie en het bevorderen van automatisering. Werk samen met brancheverenigingen en technologiebedrijven om deze standaarden vast te stellen;
- 3. Digitalisering in de Industrie** – Breid het Smart Industry-initiatief uit met specifieke aandacht voor efficiency verbetering door middel van digitale oplossingen, waaronder AI, en zorg voor bredere betrokkenheid van bedrijven in de industrie. Ontwikkel trainingsprogramma's om medewerkers op te leiden in digitale technologieën. Dit zal helpen om de digitalisering van de industrie te versnellen en de energie-efficiëntie te verbeteren.



Bibliografie



Algemeen Dagblad | 2023 Medeoprichter Intel Gordon Moore (94), van 'de Wet van Moore' overleden. <https://www.ad.nl/tech/medeoprichter-intel-gordon-moore-94-van-de-wet-van-moore-overleden~aefa85f4/>

Brundtland, G.H. | 1981 United Nations *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>

CBS, PBL, RIVM, WUR | 2023 *Verkoop, gebruik en afgedankte elektronische en elektrische apparatuur, 1995-2022* (indicator 0561, versie 07, 19 september 2023). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.

Deloitte | z.d. *What are scope 1, 2 and 3 emissions?* Deloitte United Kingdom. Geraadpleegd op 18 september 2023, van <https://www2.deloitte.com/uk/en/focus/climate-change/zero-in-on-scope-1-2-and-3-emissions.html>

Dialogic | 2023 *De digitale voetafdruk – Emissies van de digitale sector in Nederland in (toekomst) perspectief*.

Europese Commissie | 2023 *Shaping Europe's digital future*. Geraadpleegd op 9 Oktober 2023, van <https://digital-strategy.ec.europa.eu/nl/policies/digital-principles>

Europees Parlement | 2021 *Verordening (EU) 2021/1119 van het Europees Parlement en de Raad van 30 juni 2021 tot vaststelling van een kader voor de verwezenlijking van klimaatneutraliteit, en tot wijziging van Verordening (EG) nr. 401/2009 en Verordening (EU) 2018/1999 ("Europese klimaatwet")*. Geraadpleegd op 11 oktober 2023, van <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/ALL/?uri=CELEX%3A32021R1119>

Europese Raad | 2023 *Europese Green Deal*. Geraadpleegd op 11 oktober 2023, van <https://www.consilium.europa.eu/nl/policies/green-deal/>

Huisman, J., Leroy, P., Tertre, F., et al. *Prospecting Secondary Raw Materials in the Urban Mine and mining wastes (ProSUM) - Final Report*. ISBN: 978-92-808-9060-0 (print), 978-92-808-9061-7 (electronic), December 21, 2017, Brussels, Belgium

Myhre, G. | 2013 *IMAGE Integrated Model to Assess the Global Environment*. Geraadpleegd op 9 Oktober 2023, van <https://models.pbl.nl/image/index.php>

Nederlandse Digitaliseringsstrategie 2021 | 2021 Geraadpleegd op 11 oktober 2023, via <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-f22bf801-e7f1-4561-ae63-8c9708a31e84/pdf>

SDIA | z.d. *The Roadmap to Sustainable Digital Infrastructure by 2030*. Geraadpleegd op 11 oktober 2023, van <https://sdialliance.org/roadmap/>

Simons, L. & Nijhof, A. | 2020 *Changing the Game: Sustainable Market Transformation Strategies to Understand and Tackle the Big and Complex Sustainability Challenges of Our Generation*. Routledge.

Verdecchia, R., Lago, P., de Vries, C. | 2021 *The LEAP Technology Landscape Lower Energy Acceleration Program (LEAP) Solutions, Adoption Factors, Impediments, Open Problems, and Scenarios*. Geraadpleegd op 9 Oktober 2023, van <https://amsterdameconomicboard.com/en/news/leap-technology-landscape-trends-and-scenarios/>














Verenigde Naties | z.d. *The 17 Goals*. Geraadpleegd op 11 oktober 2023, van <https://sdgs.un.org/goals>

World Economic Forum | z.d. *What are Scope 3 emissions and how it differs from Scope 1 and 2* | World Economic Forum. Geraadpleegd op 25 juli 2023, van <https://www.weforum.org/agenda/2022/09/scope-emissions-climate-greenhouse-business/>



Colofon

Leden van de **Strategieraad** Nationale Coalitie Duurzame Digitalisering (op persoonlijke titel).

- | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
|  | Wiebren
van der Zee |  | Tim
Vermeulen |
|  | Marjolein
Bot |  | Hein
Dekkers |
|  | Tineke
Netelenbos |  | Tijs
Wilbrink |
|  | Gerrit
Ouderkerken |  | Jeroen
van der Tang |
|  | Michel
Verhagen (waarnemend) |  | Romy
Dekker |
|  | Jordi
Verhulp |  | Cees
Oudshoorn (waarnemend) |
|  | Roy
Tomeij | | |

Leden van het **programmabureau** Nationale Coalitie Duurzame Digitalisering

- | | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Björn
Oosterwijk |  | Daniël
Frijters |
|  | Hannah
Boute |  | René
Montenarie |
|  | Viviën
Vos |  | Karen
van der Zanden |

Redactie: Ester Schop, *Lees-t.nl*

Ontwerp: GSTALT





Samenwerken? Stuur een mail naar

secretaris@coalitieduurzamedigitalisering.nl



