

Naar een circulaire keten voor ICT-hardware

Cijfers, kansen en drempels
werkplekapparatuur en dataservers



Voorwoord door Amsterdam Economic Board

Het afgelopen jaar heeft de USI op verschillende aspecten van ICT voor werkplekken en dataservers onderzoek gedaan naar circulariteit en hoe dit in de praktijk toegepast wordt. Daar zijn twee hele succesvolle Circular Economy Labs uit gevolgd. Wij hebben specifiek voor de aanpak van een 'Lab' gekozen omdat dit pijnpunten blootlegt, scherpe publieke gesprekken geeft en aanbevelingen oplevert die vaak meteen een eigenaar krijgen.

We hebben gekozen voor dit onderwerp van werkplek ICT en dataservers omdat het categorieën zijn die niet vanzelfsprekend op de agenda staan, maar wel voor werkelijk ieder bedrijf steeds belangrijker worden. En omdat er vanuit de circulaire economie op een eenvoudige manier snel stappen gemaakt kunnen worden. Voor deze categorieën ligt energie en circulariteit dicht bij elkaar, maar zicht op energiegebruik belemmert vaak ook de toepassing van circulariteit. USI legt in dit rapport duidelijk uit hoe de relatie is en gaat in op de mogelijkheden om een inkoper of inkopende organisaties te ondersteunen om hierin de juiste afwegingen te maken.

Er tekent zich een interessante paradox af: energiereductie, verbetering van circulariteit en kostenverlaging lijken theoretisch een succesvolle combinatie. En toch is dat in de praktijk niet zo. Marktwerving werkt hier blijkbaar (nog) niet. Want hoewel langer gebruik van apparatuur resulteert in lagere kosten – en verminderen van negatieve effecten op het milieu – wordt dit niet opgepakt door de markt. Aankopende partijen zoeken zekerheid met betrekking tot de aanschaf van ICT en aanbiedende partijen maken daar handig gebruik van. De besparingen zitten potentieel bij de aankopende partijen, het zoeken naar alternatieve inkomstenstromen zit bij de aanbiedende partijen. De negatieve effecten voelen zij niet voldoende want schaarste van materialen ligt in de toekomst, net als de milieu-impact en de al breed bekende gevolgen hiervan op lange termijn.

Ik geloof dat USI met dit rapport heel mooi uitlegt aan welke knoppen je eenvoudig kan draaien om positieve impact te maken. Het vereist leiderschap en creativiteit maar het levert reductie in kosten – en wie wil dat nu niet – en je hebt een mooi verhaal naar volgende generaties.

Claire Teurlings, Amsterdam Economic Board, 23 december 2020

Deze studie is gefinancierd door de Amsterdam Economic Board, in het kader van het grondstoffentransitieprogramma van de MRA. De rapportage vormt een drieluik samen met het 22^{ste} *Circular Economy Lab: Circulair inkopen van ICT* en het 23^{ste} *Circular Economy Lab: Circulaire dataservers*, dat het Utrecht Sustainability Institute organiseerde in samenwerking met de Amsterdam Economic Board. Deze uitzendingen met pitches en paneldiscussies van experts zijn terug te zien via <https://www.usi.nl/nl/circulaire-economie/circular-economy-labs>.

Veel dank aan Jeroen Cox, Robert DeKoning, Jeroen van der Tang, Lowi Vervoorn, Lesley le Roux, Mimi Eelman, Robbert Hoefnagel, Michel Strijker, Koen Eising, Arjen Workum, Esther van Bergen, Anne Marie van Osch, Joost de Kluijver, Klaas van der Sterren, Thomas de Römph, Sybren Bosch, Mateo Dugand, Clemens Essen, Jad Oseyran, Jochem de Groot, Wilfred Landheer, Frank van der Heide, Jan Rietveld, Peter Arnts, Mo Tiel, Eric Lisica, Lisa da Licho, Christina Geierlehner, Rudie de Vries, Olaf Muller en Leonieke Mevius voor het delen van hun ervaringen en inzichten.

Inhoudsopgave

Voorwoord door Amsterdam Economic Board.....	2
Samenvatting.....	4
Inleiding: de digitale en niet-zo-digitale wereld.....	5
Leeswijzer.....	7
1. Waarom een circulaire keten voor ICT-hardware moet en kan.....	7
1.1 Aanleiding circulair ICT: groeiende uitdagingen, groeiende kansen	8
Groeiende Nederlandse ICT-sector brengt circulaire kansen met zich mee	8
Circulair ICT als voorwaarde voor een digitale bedrijfscultuur	9
Digitalisering als duurzaamheidsoplossing en -uitdaging tegelijk.....	10
Hardware als fast-moving consumer good?.....	10
1.2 Doelen circulair ICT	12
(1) Het verbeteren van de leveringszekerheid van producten, componenten en grondstoffen	12
(2) Het verlagen van broeikasgasemissies en milieudruk in de ICT-keten	13
(3) Een toekomstgerichte nationale en regionale economie	14
1.3 Circulaire R-strategieën voor ICT-hardware.....	15
Waarom recycling niet dé oplossing is.....	16
2. De ICT-keten: stromen en cijfers	18
3. Productiefase: cijfers, kansen en uitdagingen	20
3.1 Toeleveringsketen ICT: kritieke grondstoffen	20
3.2 Circulaire innovatie door ICT-producenten.....	23
Drempels circulaire productinnovatie: weinig marktvraag en financiële prikkels	25
4. Inkoopfase: cijfers, uitdagingen en goede voorbeelden	27
4.1 Circulair inkopen van ICT: mogelijke impact en kostenbesparing.....	27
4.2 Circulair inkopen van ICT: uitdagingen in de praktijk.....	29
Interne drempels binnen inkopende organisaties	30
Externe drempels leveranciers – zakelijke consumenten	32
4.3 Best practices circulair inkopen ICT: voorbeelden	34
5. Gebruiks- en afdankingsfase: cijfers en uitdagingen	37
5.1 Hoeveel ICT-afval produceren we en wat gebeurt ermee?	37
6. Conclusies en aanbevelingen	41
Aanbevelingen	43
Bijlage 1: overzicht van geïnterviewde organisaties	44

Samenvatting

Het bevorderen van circulariteit in de ICT-keten is cruciaal om de toenemende digitalisering in de Nederlandse samenleving haalbaar en duurzaam te maken. Een circulaire ICT-keten heeft drie doelen: (1) Het verbeteren van de leveringszekerheid van hardware; (2) Het verlagen van broeikasgasemissies en milieudruk in de ICT-keten; (3) Een toekomstgerichte nationale en regionale economie. Centraal in circulair ICT staat waardebehoud van bestaande en al geproduceerde hardware. Strategieën die zorgen dat we *minder nieuwe* producten en grondstoffen nodig hebben voor onze ICT-behoefte, hebben prioriteit boven end-of-pipe oplossingen zoals recycling.

Marktpartijen waaronder producenten als Dell en HP, maar ook resellers en system integrators bieden een scala aan circulaire oplossingen, variërend van modulaire en repareerbare hardware tot terugname programma's of IT-as-a-Service. Dit is momenteel een nichemarkt in Nederland ten opzichte van conventionele hardware-consumptie (elke 3-4 jaar je apparatuur vervangen). De achterblijvende circulaire marktvraag weerhoudt marktpartijen ervan méér te investeren in circulair ICT en op te schalen. Door circulair ICT meer zichtbaarheid te geven bij inkopende organisaties en eindgebruikers, kunnen marktvraag en marktinvestering samen doorgroeien.

Circulair inkopen van ICT door bedrijven en overheden is daarmee één van de belangrijkste instrumenten om vanuit Nederland de transitie naar een circulaire ICT-keten te bevorderen. Met een jaarlijks inkoopvolume van 43 miljoen ICT-producten kan Nederland impact maken in de keten. Met name de productiefase van hardware kost veel energie. De productie van alle kleine ICT-apparaten die Nederlanders jaarlijks inkopen (smartphones, tablets, laptops) heeft een CO₂-footprint die vergelijkbaar is met de totale CO₂-uitstoot in de gebouwde omgeving in de gemeente Amsterdam (2-3 Mton CO₂-eq). Zouden we de levensduur van alle in Nederland geïnstalleerde dataservers met één jaar verlengen, dan zouden we ruim 630 kton CO₂-uitstoot vermijden.

Ook aan de afvalkant is veel impact te halen. We produceren in Nederland bijna 5 volgeladen vrachtwagens met afgedankte hardware per dag. Studies laten zien dat deze afgedankte – maar vaak nog waardevolle – producten voor slechts 20% op productniveau worden hergebruikt. De rest wordt gerecycled of verloren via downcycling, verbranding of stort.

Circulair ICT zorgt bovendien voor kostenreductie bij inkopende organisaties. Door levensduurverlenging van hardware kunnen inkopers een besparing van 20% of meer op de aanschafkosten realiseren. De keuze voor refurbished apparatuur levert inkopende organisaties in de regel 50% of meer kostenbesparing op, zonder in te boeten aan functionaliteit en kwaliteit.

De kansen om hier impact te behalen worden nog onvoldoende benut. Initiatiefnemers die aan de slag willen met circulair inkopen van ICT ondervinden meerdere, vaak sectorspecifieke drempels. Uit deze analyse volgen drie concrete aanbevelingen.

1. Ontwikkel een laagdrempelige handreiking voor inkopende organisaties
2. Vergroot de zichtbaarheid van circulair ICT in samenwerking met producenten, leveranciers en publieke organisaties
3. Monitoren van waardebehoud en levensduurverlenging van ICT-hardware door eindgebruikers.

Inleiding: de digitale en niet-zo-digitale wereld

Is onze wereld een digitale wereld geworden? Het woord 'digitaal' betekent zoveel als 'dat wat in cijfers wordt uitgedrukt'. Vrij vertaald uit het Latijnse 'digitales': dat wat op één vinger te tellen is, een 0 of een 1. Het 'digitale' roept een abstracte wereld op, die via beeldschermen aan onze ogen verschijnt maar die los lijkt te staan van de fysieke wereld. En het 'digitale' rukt op.

We bellen, praten, vergaderen, kijken series en films, krijgen diagnoses van de huisarts, besturen verkeer- of waterstromen, we shoppen en betalen via digitale technologie. De apparatuur waarmee dit gebeurt bevindt zich in nagenoeg ieder huishouden en bedrijf, in bus, trein, auto en schip, bij de toonbank, in de wachtkamer, in de distributiecentra van de supermarkten of aan de stadsranden waar datacenters verrijzen. In die zin leven we inderdaad in een digitale wereld.

Deze apparatuur bestaat uit miljoenen smartphones, tablets, laptops, desktops en displays die in ons dagelijks leven op de voorgrond aanwezig zijn, gekoppeld aan miljoenen dataservers, routers en switches die op de achtergrond voor ons werken in één van de ruim 8 miljoen datacenters die de wereld rijk is. Ook in Nederland is deze 'fysieke neerslag' van de digitalisering duidelijk aanwezig. Met 808.618 m² aan 'data floor' (oppervlakte geïnstalleerde servers in datacenters) is Nederland de nummer één datacenter hub in Europa, met het zwaartepunt in de Metropoolregio Amsterdam (MRA). Dat zijn ruim 160 voetbalvelden aan opgestelde servers – and counting – die om ons heen om ruimte vragen.¹

Met veel gebruik komt veel impact. Onze consumptie van ICT-diensten en hardware heeft een groeiende impact op het milieu. Tot op heden gaat de maatschappelijke discussie in deze context vooral over ons eigen energieverbruik door ICT te gebruiken. Daarin hebben we een duidelijk handelingsperspectief: door energiezuinige apparatuur te gebruiken en de energie groen in te kopen, kunnen we deze milieu-impact verminderen. Onderbelicht is de grote hoeveelheid energie die nodig is om ICT-hardware te produceren (embodied energy).

Als we deze energie-impact tijdens productie meewegen, ontstaat er een dilemma. Moeten we nieuwe en efficiëntere hardware inkopen, of juist blijven gebruiken wat we al hebben? Jarenlang hebben we geleerd voor energiereductie vooral naar ons eigen gebruik te kijken, en producten sneller weg te gooien als er een energiezuinige variant op de markt kwam. Dat blijkt niet altijd de beste oplossing. Het terugdringen van de voortdurende toevloed van nieuwe producten is een minstens zo belangrijke strategie om energie en CO₂-uitstoot naar beneden te krijgen.

Circulaire oplossingen zoals consuminderen, levensduurverlenging, hergebruik en refurbishment zijn dus essentieel om de CO₂-footprint van ICT binnen de perken te houden. Bovendien pakken we hier ook andere urgente problemen mee aan, die door de eenzijdige focus op energiereductie in de gebruiksfase buiten schot blijven of zelfs verergerd worden. Zo bevat ICT-hardware veel kritieke grondstoffen waarvan de fysieke beschikbaarheid beperkt is en de leveringsrisico's steeds groter worden. De korte afschrijvingstermijn – 3 jaar voor nieuwe laptops en desktops, 4-5 jaar voor nieuwe smartphones en dataservers in de zakelijke markt – zorgt ervoor dat we voortdurend goede

¹ DDA, State of the Dutch Datacenters 2020.

spullen weggooien. Zo raken kritieke grondstoffen snel op. Met veel afschrijving komt veel afval, toxisch afval. Zo worden in Nederland ca. 500.000 dataservers per jaar afgedankt (cijfers uit 2016) en naar schatting 35-40 miljoen hardware-producten per jaar weggegooid (beeldschermen, smartphones, laptops, tablets; cijfers uit 2018).² Het gecombineerde gewicht van deze digitale afvalstroom levert zo'n vijf vrachtwagens vol weggegooid hardware op per dag.

Eigenlijk produceren we door het gebruik van onze laptops 'dubbel' afval, zonder daar bewust van te zijn. Als je dit rapport digitaal leest, gebruik je niet alleen je laptop maar ook de servers, switches en snoeren die helpen om de tekst op jouw computer tevoorschijn te toveren. Door jouw digitale consumptie veroudert niet alleen je eigen apparatuur, maar ook de hardware infrastructuur waar internet en dataverkeer op draait.

Zo bezien leven we nog altijd in een in-en-in fysieke wereld. Net als elke steen in ons huis, elk huis in onze straat en elke straat in onze wijk door digitalisering een 'digital twin' krijgt – een virtuele replica die haar calculeerbaar en bestuurbaar maakt – heeft elk nieuw datapunt, elke digitale vergadering, elke virtuele film een 'physical twin', een partij schermen, draden, accu's en printplaten die het digitale eerst mogelijk maken.³

Deze rapportage vraagt aandacht voor deze fysieke kant van de digitalisering. De rapportage laat zien waar de knelpunten zitten, zet alle cijfers op een rijtje, en draagt oplossingen aan voor een circulaire ICT-keten met handelingsperspectief voor organisaties in Nederland. De studie is gebaseerd op interviews met medewerkers van 26 organisaties in de ICT-keten (zie bijlage 1), de inzichten uit het 22^{ste} *Circular Economy Lab: Circulair inkopen van ICT* en het 23^{ste} *Circular Economy Lab: Circulaire dataservers* dat het Utrecht Sustainability Institute organiseerde in samenwerking met de Amsterdam Economic Board, en aanvullend deskresearch.⁴



² FFact, Circulaire dataservers (2018); Baldé et al. The Dutch WEEE Flows 2020: What happened between 2010 and 2018? (United Nations University, 2020), ProSUM project; <http://www.urbanmineplatform.eu/>.

³ Over 'digital twins' zie *Toekomstige Opgave Rijkswaterstaat* (2019) of *TNO: Digital City Twins*

⁴ De Circular Economy Labs, met pitches en paneldiscussies van experts in de ICT-keten, zijn terug te zien via <https://www.usi.nl/nl/circulaire-economie/circular-economy-labs>

Leeswijzer

- ◇ Meer weten over het **belang en de doelen van circulair ICT**?
> Zie §1.1 voor de aanleiding (p. 8) en §1.2 voor de doelen (p. 12)
- ◇ Geïnteresseerd in **circulaire R-strategieën** voor ICT-hardware?
> Spring naar §1.3 en bekijk figuur 3 (p. 15)
- ◇ Wil je het **overzicht van de ICT-keten** met ketenspelers zien?
> Bekijk hoofdstuk 2, figuur 5 en 6 (p. 18-19)
- ◇ Wil je informatie over **kritieke grondstoffen** in ICT-producten?
> Zie §3.1 (p. 20)
- ◇ Geïnteresseerd in **circulaire innovaties** door ICT-producenten en leveranciers?
> Lees het overzicht in §3.2 (p. 23)
- ◇ Meer weten over impact en uitdagingen voor **circulair inkopen** van ICT?
> Zie hoofdstuk 4 (p. 27)
- ◇ Wil je cijfers over productie en verwerking van **ICT-afval** opzoeken?
> Ga naar hoofdstuk 5 (p. 37)
- ◇ Direct de **conclusies en aanbevelingen** lezen?
> Spring naar hoofdstuk 6 (p. 41)



1. Waarom een circulaire keten voor ICT-hardware moet en kan

1.1 Aanleiding circulair ICT: groeiende uitdagingen, groeiende kansen

Het verhaal van ICT is een verhaal van groei: groeiend gebruik in steeds meer facetten van ons werk en privé. Circulariteit is juist daarom urgent. Deels omdat de huidige mondiale productie, gebruik en afval van ICT-hardware op dit moment significante impact heeft op milieu, klimaat en de stabiliteit van toeleveringsketens. Maar nog meer omdat met de huidige en voorspelde groei van de ICT en datacenter industrie binnen afzienbare tijd problemen met zich meebrengt die niet langer opzij te schuiven zijn. Wat brengt deze digitale groei: een handelsoorlog om uitgeputte mijnen, een energieverbruik dat alle duurzame stroom opslokt, een onhandelbaar grote berg toxisch e-waste? Of een sector die zich uitstekend leent voor circulair ondernemen?

Als het lukt de ICT-keten nú circulair in te richten, dan kunnen we deze oplopende maatschappelijke en zakelijke kosten in de komende twee decennia voorkomen. Het voorkomen van kosten gaat gepaard met het benutten van kansen. Een circulaire ICT-keten helpt de lokale economie in verschillende Nederlandse regio's te versterken, enerzijds door werkgelegenheid voor circulaire dienstverleners in bijvoorbeeld onderhoud, refurbishment en lokale herinzet van apparatuur te vergroten; en anderzijds door de beschikbaarheid van betaalbare kwaliteitshardware te garanderen.

Groeiende Nederlandse ICT-sector brengt circulaire kansen met zich mee

Het zal voor weinigen als een verrassing komen dat de ICT-sector een groeisector is. Toch is het van belang om het karakter deze groei in Nederland kort te schetsen. Dat geeft een beter gevoel voor waar ons handelingsperspectief ligt richting een circulaire keten.

Ten eerste betreft het een economische groei, dat wil zeggen, de Nederlandse ICT-sector groeit. Gegeven het karakter van Nederlandse ICT bedrijven groeit daarmee de expertise, specifiek op installatie en onderhoud van ICT-systemen. Circulair ICT levert daarom juist kansen op voor de Nederlandse ICT-sector. In oktober 2020 kopte het CBS dat de ICT-sector in Nederland harder groeit dan de economie.⁵ Nederland kent een groeiend aantal ICT-bedrijven en werkzame ICT'ers. Hieronder bevinden zich relatief weinig hardware-producenten, maar juist relatief veel bedrijven die bestaande ICT-systemen kunnen onderhouden, repareren, integreren en upgraden. Deze bedrijven – o.a. system integrators, IT-engineers, reparateurs en refurbishers (partijen die gebruikte hardware opknappen als nieuw) – hebben de kennis en middelen in huis om circulaire diensten zoals levensduurverlenging, redesign, repair en refurbishment te leveren. Eind 2019 stond de teller op ruim 81.000 ICT-bedrijven in Nederland, een groei van maar liefst 53% in tien jaar tijd. Ca. 90% hiervan betreft ICT-dienstverleners. Hieronder bevinden zich de gebruikelijke installateurs en software ondersteuners, maar ook bijvoorbeeld experts in onderhoud en reparatie die diensten kunnen leveren voor circulair ICT. Ca. 1,2% (ofwel 950 bedrijven) betreft specialistische ICT-industrie voor de vervaardiging van componenten en printplaten en het samenvoegen van verschillende

⁵ "In de ICT-sector groeide de bruto toegevoegde waarde met 5,2 procent terwijl die in de totale economie met 2,3 procent steeg." [CBS: ICT-sector groeit harder dan de economie.](#)

hardware producten tot maatoplossingen voor klanten.⁶ Deze laatste groep engineers en system integrators kunnen merkonafhankelijk en circulair te werk gaan door o.a.:

- componenten in bestaande apparatuur te vervangen;
- vrijkomende gebruikte hardware te integreren in de vervaardiging van nieuwe ICT-producten volgens de laatste standaarden;
- of hardware van grote producenten beter repareerbaar te maken of anderszins de levensduur ervan te verlengen.

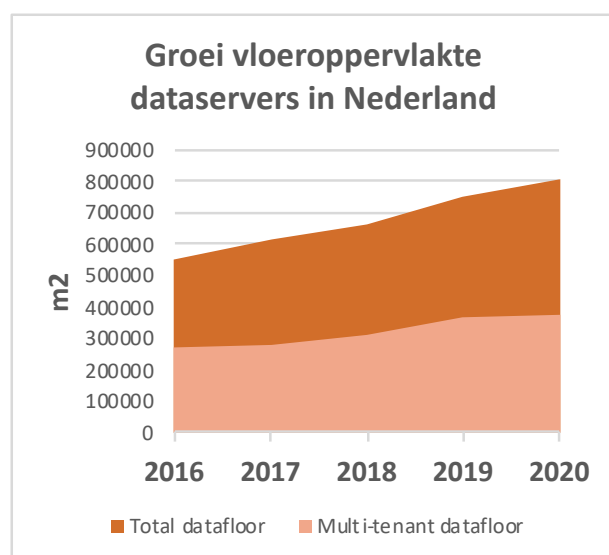
Zie §4.3 voor ervaringen van inkopende organisaties met dergelijke circulaire diensten van Nederlandse ICT-bedrijven. Het marktaanbod is er; als nu ook de circulaire vraag groeit dan kan zij in stelling gebracht worden.

Circulair ICT als voorwaarde voor een digitale bedrijfscultuur

Ten tweede is er een meetbare en groeiende invloed van ICT in de Nederlandse bedrijfsvoering en zakelijke cultuur. Zo staat Nederland op plek één in de EIB Digitalization Index, gemeten langs de indicatoren 'digital intensity' - de mate waarin het bedrijfsleven ICT toepast in haar bedrijfsvoering – en 'digital infrastructure' – de mate waarin de infrastructuur voor digitalisering geïnstalleerd en werkende is.⁷

Deze koppositie in 'digital infrastructure' manifesteert zich in de groei van de 'data floor', de groeiende oppervlakte aan geïnstalleerde dataservers in Nederland. Na aanhoudende groei staat de teller anno 2020 op 808.618 m² aan geïnstalleerde servers in datacenters (zie figuur 1). Het totaal aantal geïnstalleerde servers in Nederland bedraagt naar schatting ruim 6,3 miljoen servers.⁸ Die wegen samen 95 kton, zoveel als 2375 volgeladen vrachtwagens of meer dan 9 Eiffeltorens op elkaar gestapeld.

Vanuit circulair perspectief is dit enerzijds een uitdaging: zoveel hardware-materiaal, zoveel groei, zorgt voor toenemende uitstoot en vervuiling in de ICT-keten. Bovendien is het de vraag of het überhaupt uit kan; zijn er voldoende kritieke grondstoffen beschikbaar in de bewezen reserves om in deze datagroei te blijven voorzien? Voor de energietransitie en de groei van elektrisch vervoer zijn dit soort studies naar de materiaalvraag gedaan.⁹ Conclusie is dat Nederland in de knel komt om de gestelde doelen



Figuur 1: Bron DDA, *State of the Dutch Datacenters (2016-2020)*.

⁶ CBS, *ICT-sector groeit harder dan de economie* (2020).

⁷ EIB, *Who is prepared for the digital age?* (2020).

⁸ Ffact schat het aantal in Nederland opgestelde dataserver in 2016 op 4,3 miljoen. Sindsdien is de Nederlandse data floor een factor 1,47 groter geworden. Met de aanname dat het aantal geïnstalleerde dataservers met dezelfde factor is gegroeid, komen we voor 2020 op een schatting van 6,32 miljoen dataservers.

⁹ Metabolic, Copper8, Universiteit Leiden, *Metaalvraag van de Nederlandse energietransitie* (2018); *Metaalvraag van elektrisch vervoer* (2019).

voor 2030 te halen, o.a. door de leveringsrisico's van neodymium en andere kritieke grondstoffen. Deze grondstoffen zijn óók nodig voor de productie van dataservers, laptops en andere ICT-hardware. Met andere woorden, er zijn fysieke grenzen aan deze groei. Zoals we zullen zien, brengt een circulaire ICT-keten concrete oplossingen voor deze problematiek.

De stevige 'digital infrastructure' in Nederland is, anderzijds, zeker ook een kans voor circulaire bedrijvigheid. Met een afschrijvingstermijn van 5 jaar voor servers, laptops en andere hardware bezit Nederland een continue, betrouwbare en grote stroom van vaak nog goed werkende ICT-apparatuur die door circulaire ondernemers onder handen genomen kan worden om te repareren, upgraden en verhandelen.

Digitalisering als duurzaamheidsoplossing en -uitdaging tegelijk

De groeiende invloed van ICT in onze zakelijke cultuur blijkt ook uit het belang dat beleidsmakers en ondernemers zijn gaan hechten aan digitalisering voor de klimaatopgave. Waar eerst sprake was van twee aparte programma's, wordt het eerste in toenemende mate als dé oplossing voor het tweede benoemd. De *Nederlandse Digitaliseringsstrategie* van de Rijksoverheid benoemt digitalisering als "sleutelfactor om diverse maatschappelijke doelen te behalen", op de terreinen van onder meer mobiliteit, energie, zorg en klimaat. Het Klimaatakkoord benoemt digitalisering als een belangrijk instrument voor de klimaatopgave. Zo komt data-uitwisseling centraal te staan in bijvoorbeeld, particulier energiemanager van woningen of het matchen van vraag en aanbod van duurzaam opgewekte stroom met de inzet van slimme meters, slimme laadpalen en voorspellende algoritmen. Laadpalen, slimme meters en servers vormen een netwerk waarin non-stop data wordt opgeslagen en geanalyseerd.

Ook in de circulaire economie wordt digitalisering omarmd. Bedrijven en overheden zien digitalisering als belangrijke 'enabler' in de circulaire transitie.¹⁰ Online toegankelijke databases moeten vraag en aanbod van gebruikte materialen en producten bij elkaar brengen; materiaalpaspoorten met actuele data over materialen en producten – bijvoorbeeld voor de bouw – moeten altijd en overal opvraagbaar zijn (de 'digital twins' uit de inleiding van dit rapport). Of denk aan de continue monitoring van de onderhoudsstatus van installaties, dataservers of andere assets.

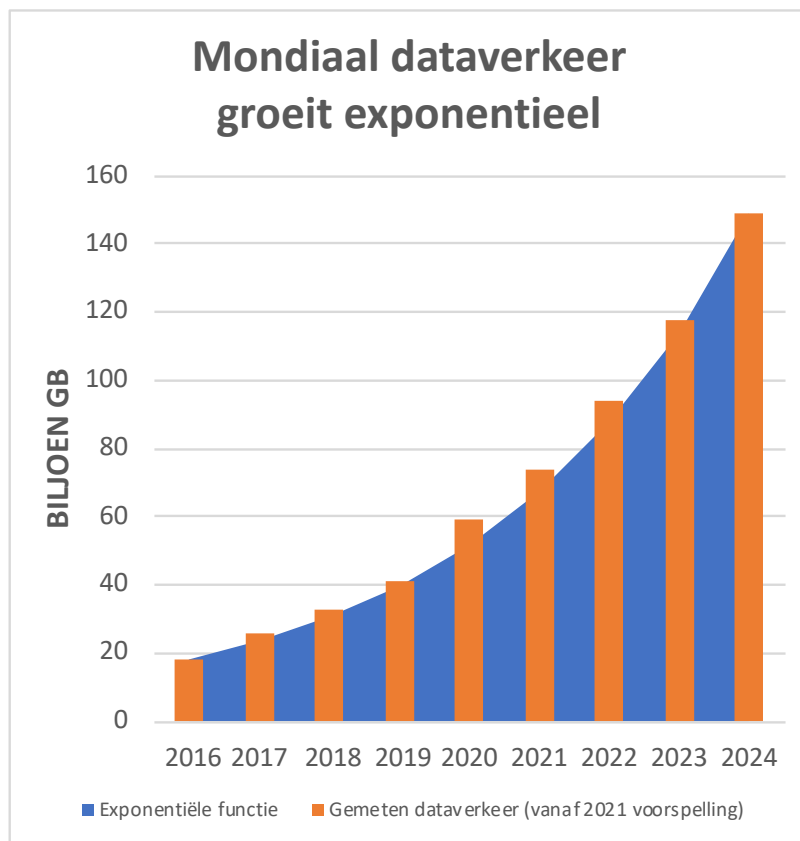
Ook hier blijkt de urgentie voor circulair ICT. We willen niet het ene duurzaamheidsprobleem oplossen en tegelijk het andere creëren.

Hardware als fast-moving consumer good?

Ten derde groeit de invloed van ICT in ons dagelijks leven, werk en privé. Veelzeggend is de versnellende groei van sociale media. Facebook deed er acht jaar over om 1 miljard maandelijks actieve gebruikers te verwelkomen; Tik Tok herhaalde dit kunstje in drie jaar tijd en groeide dus meer dan twee keer zo snel. Tegen deze achtergrond is de voorspelde groei van het mondiale dataverkeer nauwelijks verassend. International Data Corporation (IDC) ziet het mondiale dataverkeer méér dan vervijfvoudigen richting 2025. Dit is exponentiële groei, met een groeifactor van ca. 1,3 (zie figuur 2).¹¹

¹⁰ Rijksoverheid, *Uitvoeringsprogramma Circulaire Economie 2020-2023*.

¹¹ 1 ZB = 1 biljoen GB.



Figuur 2: Bron [IDC Global DataSphere Forecast \(May 2020\)](#), [Statista: volume of data worldwide](#)

Ook hierin is Nederland één van de koplopers, wereldwijd. Nederland heeft de koppositie in Europa als het gaat om smartphone en internet gebruik per hoofd van de bevolking. In 2018 gebruikte 87% van de Nederlandse bevolking (16 tot 75 jaar) een smartphone (in 2012 was dat 50%), 86% was dagelijks online en 98% van de huishoudens had toegang tot internet.¹² E-commerce groeit al jaren. Zo steeg het aantal Nederlanders dat online betaalverzoeken gebruikt van 33% in 2018 naar 53% in 2019, en gebruikte 44% de smartphone om onderweg online te shoppen – percentages die in dit jaar van COVID-19 weer een flinke sprong omhoog gemaakt zullen hebben.¹³ Het zijn stuk voor stuk cijfers die hetzelfde verhaal vertellen: voor steeds meer dingen, steeds langer en op steeds meer plekken maken we gebruik van ICT-apparatuur.

Dit veelvuldige en steeds meer diverse gebruik van hardware wordt mogelijk gemaakt door voortdurende product vernieuwing. Elk jaar is er een nieuwe reeks smartphone modellen. De gemiddelde leeftijd van iPhones in gebruik is 18 maanden, en actieve Samsung smartphones zijn gemiddeld 16,5 maand oud. Ouder dan twee jaar en het apparaat is outdated, als een plastic wegwerpartikel, maar dan één vol goud, koper en zeldzame aardmetalen. Is hardware een fast moving consumer good geworden?

¹² [CBS, ICT-gebruik van huishoudens en personen](#); [CBS, Nederland langs de Europese meetlat 2019: Internet \(2019\)](#).

¹³ Ruigrok NetPanel, *What's happening online?* 2019.

Deze trend lijkt, ondanks het nog altijd groeiende gebruik, te keren. Uit onderzoek en enquêtes blijkt dat consumenten gemiddeld steeds langer met hun smartphone willen doen, en dat ook daadwerkelijk doen.¹⁴ Onderzoek uit 2014 liet zien dat gebruikers hun smartphone gemiddeld elke 23,8 maanden vervangen; deze gebruiksduur loopt gestaag op, tot gemiddeld 33,6 maanden volgens onderzoek uit 2020.¹⁵ Mede gedreven door de lagere prijs zijn steeds meer consumenten bereid over te stappen op refurbished apparatuur, zoals ook de groei van de markt voor gebruikte en refurbished electronica toont.¹⁶ Uit marktonderzoek blijkt dat de beperkte zichtbaarheid van refurbished ten opzichte van nieuwe apparatuur de gestage groei van deze circulaire markt vooralsnog beperkt. Consumenten (zowel zakelijk als privé) kennen de refurbished opties niet goed of weten ze niet goed te vinden.

Samenvattend brengt de groei van ICT de volgende circulaire kansen met zich mee:

- De aard van de **ICT-sector in Nederland** geeft ons de benodigde expertise en capaciteit t.a.v. onderhoud, reparatie en integratie van gebruikte ICT-apparatuur en componenten;
- De stevige **digitale infrastructuur** in Nederland zorgt voor een voorspelbare, continue en grote stroom aan gebruikte hardware producten en componenten die circulair verwerkt en verhandeld kunnen worden;
- De toebedeelde **rol van digitalisering in de klimaatopgave** zet het belang van energiezuinige en circulaire oplossingen voor ICT op de agenda;
- **Trends in de zakelijke en consumentenmarkt** laten zien dat er een serieuze en groeiende marktomvang is voor gebruikte en refurbished apparatuur, en diensten t.a.v. levensduurverlenging.

Veel potentie dus voor circulaire oplossingen in de ICT-sector. Maar wat bedoelen we eigenlijk met ‘circulaire oplossingen’ in deze context? En welke doelen streeft men hiermee na?

1.2 Doelen circulair ICT

Gegeven de hierboven geschetste groei streven marktpartijen, inkopende organisaties en consumenten die werk maken van een circulaire ICT-keten drie doelen na.

(1) Het verbeteren van de leveringszekerheid van producten, componenten en grondstoffen

ICT-hardware bevat veel kritieke grondstoffen. Dit geldt voor werkplekapparatuur, zoals smartphones, laptops en beeldschermen, en voor datacenter-hardware zoals servers. Dit zorgt voor leveringsrisico's in de keten, met onzekere beschikbaarheid van hardware(componenten) en flinke prijschommelingen tot gevolg. Die leveringsrisico's manifesteren zich op twee manieren.

- a. *Fysieke schaarste*: voor een aantal van de kritieke grondstoffen in ICT-hardware zijn de bewezen winbare reserves al binnen één tot enkele decennia uitgeput. Antimoon bijvoorbeeld, wordt toegepast in micro condensatoren en vlamvertragers in servers, smartphones en andere apparatuur. Bij de huidige vraag zijn de reserves al in tien jaar op.

¹⁴ [Strategy Analytics, Strategy Analytics: US Smartphone Replacement Lengthens to 33 Months Despite Strong Interest In 5G](#)

¹⁵ [Statista.com, Average lifespan \(replacement cycle length\) of smartphones worldwide from 2013 to 2020.](#)

¹⁶ [KD Market Insights, Refurbished Electronics Market Insights, Trends, Opportunity & Forecast 2019-2024.](#)

- b. *Toenemende grondstofafhankelijkheid*: kritieke grondstoffen die (nog) genoeg aanwezig zijn in de aardkorst kunnen toch schaars zijn voor Europese consumenten. Dit komt doordat een aantal kritieke grondstoffen in moeilijk toegankelijke gebieden worden gewonnen, voor geopolitieke doeleinden worden gebruikt en in slechts enkele bronlanden voorkomen. Dit geldt bijvoorbeeld voor zeldzame aardmetalen, die voor ca. 99% in China worden geproduceerd en cruciaal zijn voor de vervaardiging van oplichtende schermen in smartphones en tablets, of voor de magneten in hard disks.

Zie §3.1 voor een overzicht van de gebruikte kritieke grondstoffen, bewezen reserves en huidige recyclingpercentages in de keten voor werkplekapparatuur en servers.

Een circulaire ICT-keten zorgt ervoor dat we voor het gebruik van hardware niet – of in veel mindere mate – afhankelijk zijn van beperkte fysieke reserves en onzekere bronlanden; door circulariteit houden we de beschikbaarheid in eigen hand. Op circulair ICT inzetten betekent in dit geval, ten eerste, ervoor zorgen dat we minder nieuw geproduceerde hardware nodig hebben om in onze ICT behoeftes te voldoen. Bijvoorbeeld door de technische levensduur van de apparatuur die we al in huis hebben te maximaliseren zodat we veel minder nieuw in hoeven te kopen. En ten twee ervoor zorgen dat de schaarse materialen altijd uit de afgeschreven hardware gehaald kunnen worden om opnieuw in te zetten. 'Urban mining' in plaats van mining uit de aarde.

(2) Het verlagen van broeikasgasemissies en milieudruk in de ICT-keten

Productie en gebruik van ICT-hardware kost veel energie en gaat gepaard met vervuiling – zowel in de productiefase als in de afvalfase. ICT is hard op weg één van de meest vervuilende sectoren te worden. De huidige bijdrage van de ICT-sector aan mondiale emissies (productie en gebruik) wordt geschat op ca. 3-6%. Dat is een significante hoeveelheid, vergelijkbaar met de uitstoot van de mondiale cementindustrie en de chemische industrie bij elkaar opgeteld. Recente wetenschappelijke studies voorspellen dat, als de huidige groeijlijn doorzet, productie en gebruik van ICT verantwoordelijk is voor **14% van de mondiale broeikasgasemissies in 2040**.¹⁷ Dat is enorm, vergelijkbaar met de emissies van de gehele transportsector (16,2%) of al het energieverbruik in de gebouwde omgeving wereldwijd (17,5%).

Voor de urgentie van circulaire oplossingen voor ICT-hardware is het van belang te benadrukken dat het energiegebruik van ICT, en de emissies die hierbij ontstaan, voor een belangrijk deel in de productiefase plaatsvindt, en niet slechts in de gebruiksfase. Het betekent dat de keuze voor circulaire oplossingen – levensduurverlenging, producthergebruik – vaak net zo effectief is met oog op CO₂-reductie als de keuze voor energiezuinige apparatuur. Voor laptops is het energiegebruik in de productiefase hoger dan in de gebruiksfase; bestaande laptops langer te gebruiken levert méér CO₂-reductie op dan vervanging voor energiezuinigere nieuwe laptops. Voor dataservers hangt de relatieve bijdrage van de productiefase af van de belasting van de server tijdens gebruik. Op basis van de beschikbare studies en uit interviews met stakeholders schatten we de relatieve CO₂-uitstoot van de productie van servers t.o.v. servergebruik (ofwel, de 'embodied energy' van datacenter apparatuur) in de range van minimaal 20% tot zelfs 75% (zie §4.1 voor meer details). Met andere

¹⁷ Belkhir en Elmeligi, "Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations," in: *Journal of Cleaner Production*, Vol. 177 (2018), pp. 448-463. [UN Environment Programme, Greenhouse gas emissions in the ICT sector: Trends and methodologies](#).

woorden, om de broeikasgasemissies van de ICT-sector te reduceren is de introductie van apparatuur die energiezuinig is in gebruik *niet* voldoende en dient ICT-gebruik ontkoppeld te worden van voortdurend nieuwe productie van hardware.

Naast de klimaatopgave verdienen ook de toxiciteit en de sociale omstandigheden in de productie- en afvalfase van ICT-hardware aandacht. Denk hierbij, bijvoorbeeld, aan luchtvervuiling nabij kopermijnen in Chili of kinderarbeid en mensenrechtenschendingen bij het delven van kobalt in Congo. Een deel van onze afgedankte ICT-hardware komt via export terecht in de e-waste stroom en eindigt op stortplaatsen in West-Afrika of Zuidoost-Azië. Met groot aandeel toxische zware metalen (lood, cadmium, kwik) – gebromeerde vlamvertragers en andere gevaarlijke stoffen vertegenwoordigt e-waste 70% van al het gevaarlijk afval in stortplaatsen wereldwijd. Op de stortplaatsen in West-Afrika en Zuidoost-Azië wordt e-waste vaak verbrand, met alle milieu- en menselijke schade van dien.

Zie §5.1 voor een overzicht van hoe afgedankte ICT-hardware uit Nederland wordt verwerkt, met relatieve percentages hergebruik, recycling en export.

(3) Een toekomstgerichte nationale en regionale economie

De bovenstaande twee doelen – het verbeteren van de leveringszekerheid en het verminderen van de milieudruk van ICT-producten – dragen direct bij aan een toekomstgerichte nationale en regionale economie. Zoals in §1.1 besproken krijgt ICT een steeds prominentere rol in ons bedrijfsleven, publiek bestuur en beleid. Het betekent onze economie voor haar functioneren steeds afhankelijker is van de aanvoer van betrouwbare en betaalbare ICT-hardware. Leveringsrisico's en prijschommelingen in de ICT-keten zijn risico's voor onze hele economie.

Ook het verminderen van de milieudruk van ICT-hardware is belangrijk voor een toekomstgerichte economie. Met recente Europese hervormingen van het financieel-economisch stelsel worden duurzaamheidsvoorwaarden, waaronder circulaire, steeds belangrijker voor financiers en investeerders.¹⁸ Daarnaast hebben bedrijven die kunnen aantonen dat ze hun producten of diensten met een lage of zelfs positieve milieu-impact kunnen leveren, steeds vaker een voordeel bij aanbestedingen.¹⁹ Als ICT onderdeel is van het aanbod, dan wordt de footprint van de gebruikte hardware hierin meegewogen. Ook voor ondernemers die gebruik willen maken van Europese of nationale subsidies en fondsen zijn circulaire prestaties resulterend in een aantoonbaar lage milieu-impact van steeds groter belang. Slim anticiperen op deze ontwikkelingen, door het groeiende aandeel ICT in de eigen bedrijfsvoering circulair in te kopen en te beheren, biedt ondernemers de grootste toekomstige bestaanszekerheid.

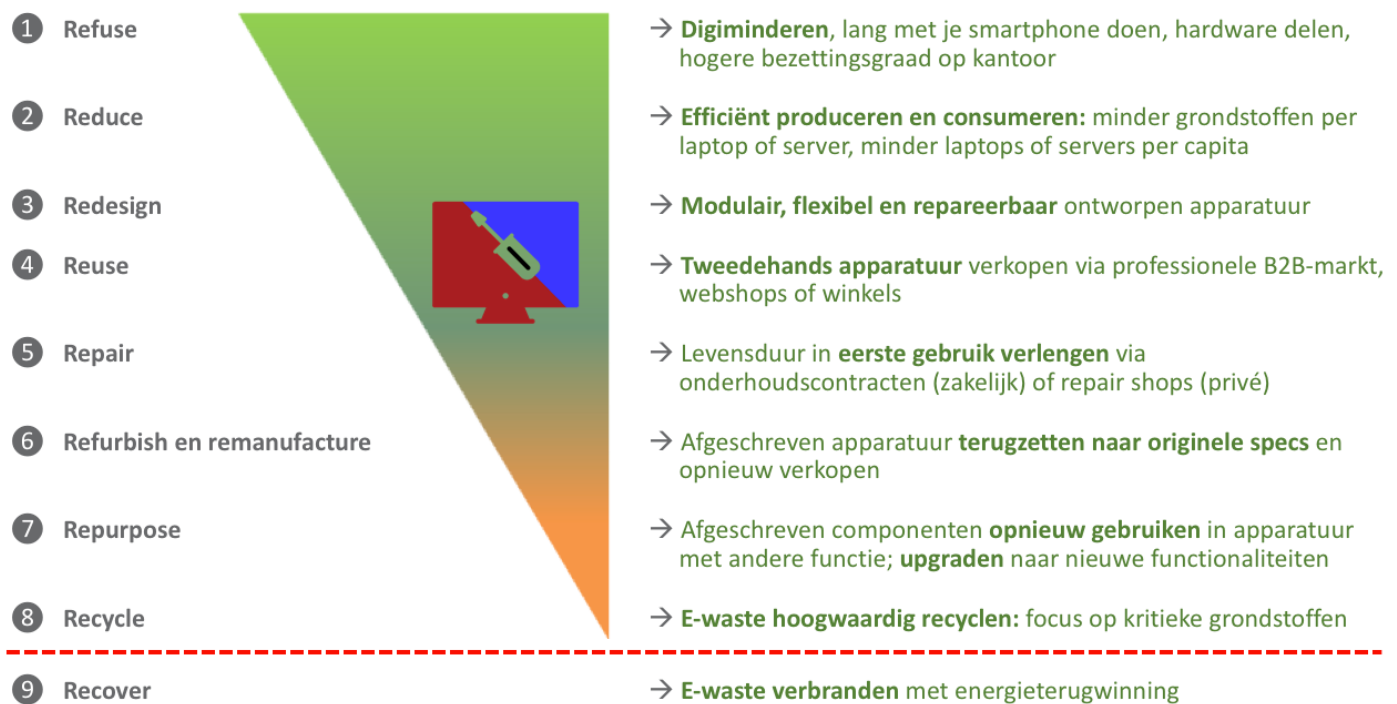
Tot slot biedt een circulaire ICT-keten kansen voor de Nederlandse ICT-sector. Zoals in §1.1 besproken bezit Nederland een groeiende en specialistische ICT-sector, met relatief veel bedrijven die diensten als onderhoud, reparatie en systeemintegratie kunnen bieden. Circulair ICT biedt lokale werkgelegenheid en mogelijkheden voor nieuwe bedrijvigheid. Een kleiner aandeel van de kritieke metalen, printplaten en beeldschermen in onze hardware wordt dan gewonnen en in elkaar gezet

¹⁸ Zie bijvoorbeeld [EU Taxonomy: Final report of the Technical Expert Group on Sustainable Finance](#).

¹⁹ [RIVM, Effecten van de impuls klimaatneutraal en circulair inkopen in 2019](#).

door mijnwerkers en fabrieksarbeiders overzees, en een groter aandeel wordt beschikbaar gemaakt uit afgedankte apparatuur door bedrijven en dienstverleners in de regio.

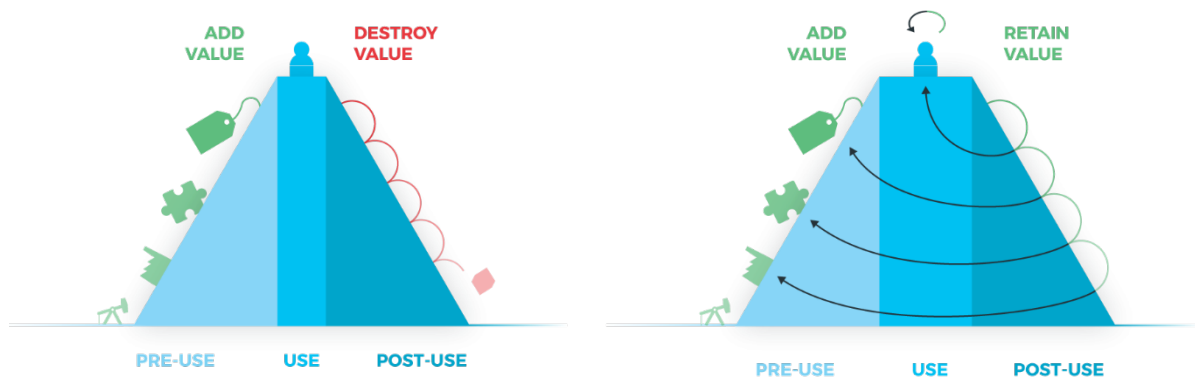
1.3 Circulaire R-strategieën voor ICT-hardware



Figuur 3: R-ladder voor ICT-hardware

De R-ladder voor ICT (figuur 3) geeft een heldere prioritering voor welke circulaire strategieën het meeste impact hebben. Marktpartijen, inkopende organisaties en consumenten kunnen verschillende strategieën nastreven voor een circulaire ICT-keten. Centraal hierin staat het waardebehoud van bestaande en al geproduceerde ICT-hardware en de materialen die hierin zijn toegepast. Niet elke strategie heeft dezelfde impact met oog op de doelen zoals geformuleerd in §1.2. Kort gezegd, strategieën hoger op de R-ladder (R1-R7) zorgen ervoor dat we *minder* nieuwe producten en grondstoffen nodig hebben om in onze ICT-behoefte te voorzien. Strategieën lager op de R-ladder (R8) focussen op het slim en hoogwaardig verwerken van de waardevolle componenten en grondstoffen in de afvalstroom. De laagste strategie, het verbranden (R9), willen we zoveel mogelijk voorkomen.

Een andere manier om deze R-strategieën te bekijken, zit in het economisch waardebehoud van producten, componenten en materialen. Elke stap in het maakproces van laptop of dataserver voegt economische waarde toe. Indien de producten na gebruik direct tot afval vervallen, verdwijnt deze waarde. De economische waarde kan echter behouden blijven door (afgedankte) producten, componenten en materialen hoger op de R-ladder te blijven gebruiken (zie figuur 4).



Figuur 4: Circulaire R-strategieën zorgen voor economisch waardebehoud van producten.

Waarom recycling niet dé oplossing is

Het is belangrijk om te benadrukken dat een circulaire ICT-keten zónder recycling niet kan bestaan. Er zal altijd technisch afgeschreven hardware zijn die niet op productniveau in de economie kan blijven circuleren. Tegelijkertijd zouden investeringen in een circulaire ICT-keten, zowel vanuit de markt als vanuit beleid, recycling van ICT niet moeten prioriteren ten koste van de hogere R-strategieën. Eenzijdige focus op recycling zou de ontwikkeling van een circulaire ICT-keten remmen, in plaats van bevorderen.

Neem het eerste doel, het verbeteren van de leveringszekerheid van ICT-producten en grondstoffen. Recycling van kritieke grondstoffen uit e-waste levert geen realistisch perspectief om binnen afzienbare tijd te voldoen aan de groeiende marktvraag. Het is voorlopig niet rendabel; recyclingpercentages van antimoon, germanium, gallium, zeldzame aardmetalen en andere cruciale stoffen blijven dan ook niet voor niets al jaren hangen op 1%, ondanks de vele investeringen.²⁰ Nieuwe vormen van ketensamenwerking die e-waste voorkomen en ICT-hardware *langer* in gebruik helpen te houden, een verschuiving van 'bezit' naar 'gebruik' of 'product' naar 'dienst', of het vereenvoudigen en professionaliseren van reparatiediensten zetten meer zoden aan de dijk.

Het inzetten op recycling alleen is dus niet voldoende om de drie doelen voor circulaire ICT-keten te bereiken. Een te eenzijdige inzet op recycling kan het zelfs moeilijker maken voor hogere R-strategieën, zoals het hergebruiken of refurbishen van hardware, om op te schalen. Investerings, contracten en logistieke bewegingen omtrent het verwerken van afgedankte apparatuur worden dan geoptimaliseerd voor recycling, waardoor deze apparatuur niet beschikbaar komt voor producthergebruik of refurbishing.

Dit raakt aan een meer fundamenteel punt: de huidige, vaak eenzijdige, focus op technologische vernieuwing in recycling is veelal een vorm van systeem*optimalisatie* in plaats van systeem*transformatie*.²¹ Hoewel recycling de efficiëntie van het grondstoffengebruik verbetert, laat

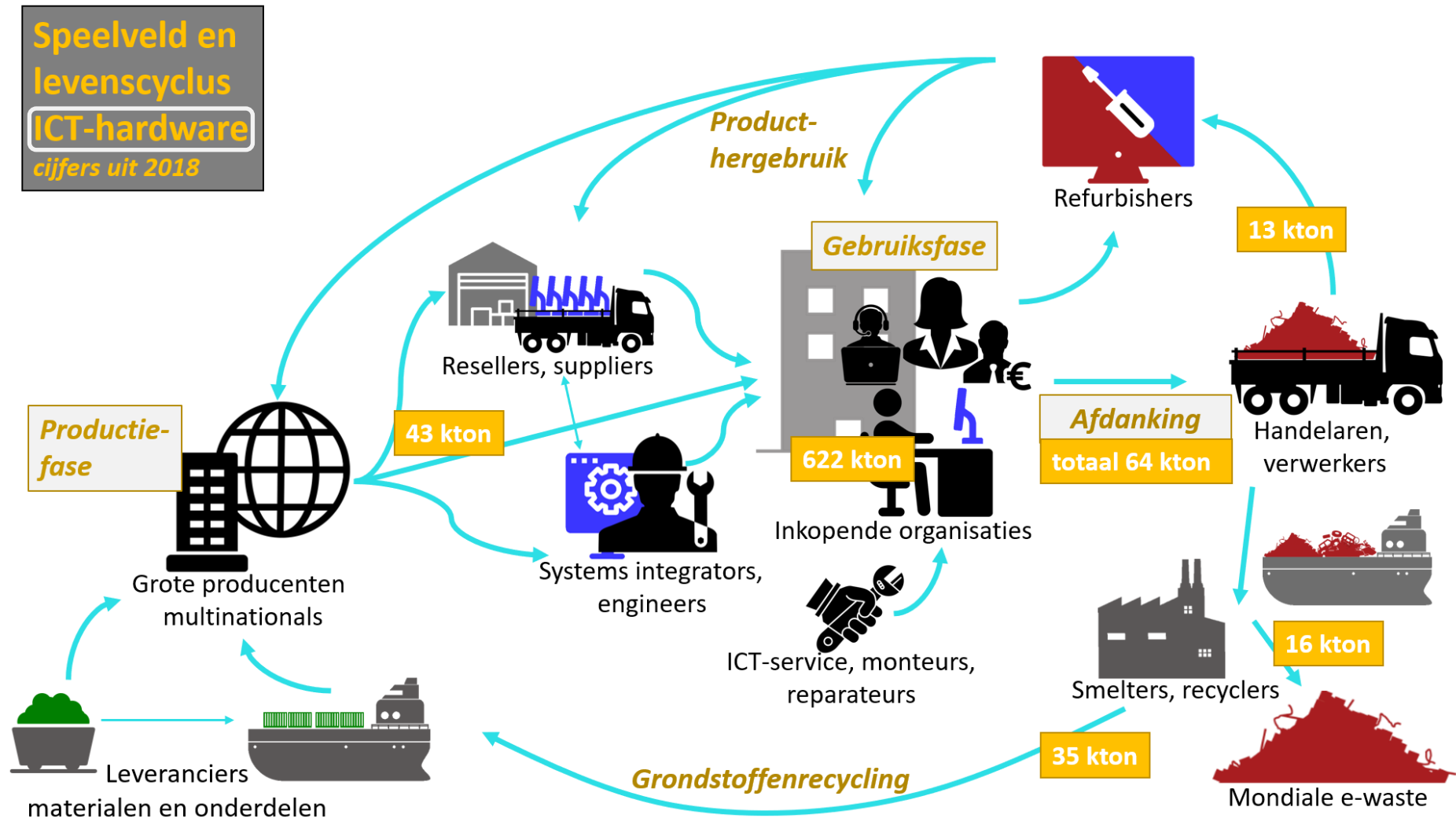
²⁰ Zie §3.1 voor recyclingpercentages en verwijzingen. Ook een Europees project als RECLAIM, met o.a. TNO en Coolrec, gericht op de ontwikkeling van een business case voor recycling van indium en gallium uit displays, heeft vooralsnog niet geleid tot een opschaalbare en rendabele technologie (<http://www.re-claim.eu/>).

²¹ PBL, *Integrale Circulaire Economie Rapportage*, conceptversie september 2020.

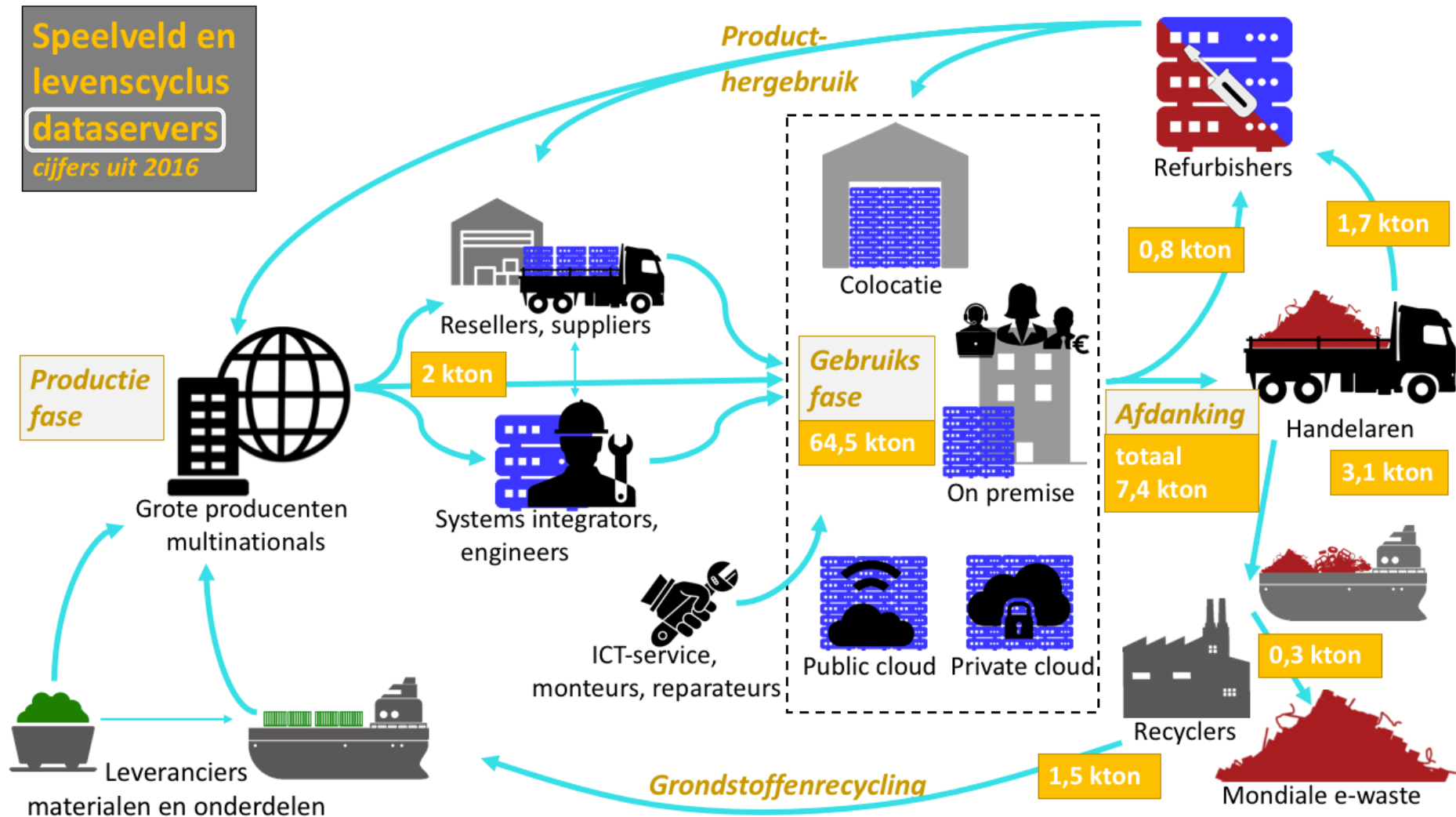
dit het overwegend lineaire productie- en consumptiesysteem intact. Recycling gaat om het sluiten van kringlopen (closing the loop), niet om het verminderen van het volledige grondstoffengebruik (narrowing the loop) of het verlengen van de levensduur van producten en onderdelen (slowing the loop). Grote sprongen richting waardebehoud van ICT-hardware blijven daardoor uit.

In het vervolg van deze rapportage ligt de focus daarom op de kansen, drempels, en het handelingsperspectief voor de hogere R-strategieën. Wat kunnen we op korte en lange termijn doen om bovenstaande doelen te bereiken en de circulaire R-strategieën voor ICT op te volgen? Waar in de keten is welke impact te behalen? Bij welke ketenspelers ligt handelingsperspectief om op circulariteit te sturen? Om hier inzicht in te krijgen, brengen we eerst de Nederlandse ICT-keten met haar verschillende spelers en bijbehorende cijfers in kaart. Zo zien we waar de meeste impact ligt, en waar we welk initiatief moeten plaatsen.

2. De ICT-keten: stromen en cijfers



Figuur 5: Speelveld keten voor ICT-hardware met cijfers over de Nederlandse situatie in 2018, inclusief beeldschermen, laptops, desktops, tablets, smartphones, keyboards, printers en professionele apparatuur zoals servers, routers en switches. Bron: Baldé et al. *The Dutch WEEE Flows 2020: What happened between 2010 and 2018?* (United Nations University, 2020); <http://www.urbanmineplatform.eu/>.



Figuur 6: Speelveld ICT-keten voor dataservers met cijfers over de Nederlandse situatie in 2016. Bron: FFact, *Circulaire dataservers* (2018); Baldé et al. *The Dutch WEEE Flows 2020: What happened between 2010 and 2018?* (United Nations University, 2020).

De ICT-keten zoals weergegeven in figuur 5 en 6 ziet er als volgt uit:

- **Productiefase:** de keten begint overzees - in Congo, in China - waar ruwe materialen uit de mijnen worden gehakt, printplaten in elkaar geschroefd en fabrieken op grote schaal hardware produceren.
- **Inkoopfase:** ICT-hardware wordt in Nederland op drie manieren ingekocht, direct via de producent, of via resellers en system integrators (die ook weer onderling in contact staan of soms beide rollen invullen). Voor een beschrijving van system integrators, zie p. 9 in dit rapport.
- **De gebruiksfase van werkplekapparatuur** (laptops, desktops, smartphones, tablets, displays, printers) is straightforward: consumenten of bedrijven kopen apparatuur in, installeren en onderhouden de apparatuur m.b.v. ICT-dienstverleners, monteurs en reparateurs, en gebruiken de hardware voor 3-5 jaar. Er is een kleine (maar groeiende) zakelijke nichemarkt voor werkplekapparatuur 'as a service', waarbij de leverancier eigenaar blijft van de spullen.
- **De gebruiksfase van dataservers** is complexer; de servers worden geïnstalleerd in datacenters, waarvan er vier varianten voorkomen met een verschillende eigendomsstructuur:
 - **On premise:** organisaties bezitten zelf de datacenters voor eigen dataopslag en -verwerking, en hebben de dataservers in eigen beheer op een eigen locatie.
 - **Colocatie:** organisaties bezitten zelf de dataservers maar niet het datacenter; dat datacenter is een externe locatie van een derde partij, waar meerdere organisaties eigen 'serverruimte' hebben ingekocht.
 - **Private cloud:** dataservers zijn in eigendom en beheer van een cloud provider; organisaties nemen dataopslag en dataverkeer af als dienst bij een cloud provider, die op aanvraag een gedeelte van haar dataservers hiervoor reserveert.
 - **Public cloud:** dataservers zijn in eigendom en beheer van een cloud provider, die datadiensten aanbieden aan consumenten en zakelijke klanten die een account aanmaken (denk aan Dropbox, Microsoft OneDrive, iCloud, Google Drive).
- **Na afdanking** zijn er grofweg twee opties voor zowel werkplekapparatuur als dataservers:
 - ze komen via handelaren en refurbishers terug in de economie, waar ze op product- of componentniveau worden hergebruikt;
 - ze belanden via handelaren in de mondiale e-waste stroom, waar ze deels worden gerecycled of worden verbrand of gestort.

3. Productiefase: cijfers, kansen en uitdagingen

3.1 Toeleveringsketen ICT: kritieke grondstoffen

Diep in de toeleveringsketen vormen leveringsrisico's van kritieke grondstoffen een belangrijke uitdaging (zie ook §1.2). De Europese Commissie herzielt de lijst van voor de EU kritieke grondstoffen elke drie jaar. De laatste versie van 2020 benoemt 30 verschillende kritieke grondstoffen. Ten minste 15 van deze grondstoffen zijn nodig voor de productie van werkplekapparatuur (50%) en 10 ervan komen voor in dataservers (33%) – zie tabel 1.

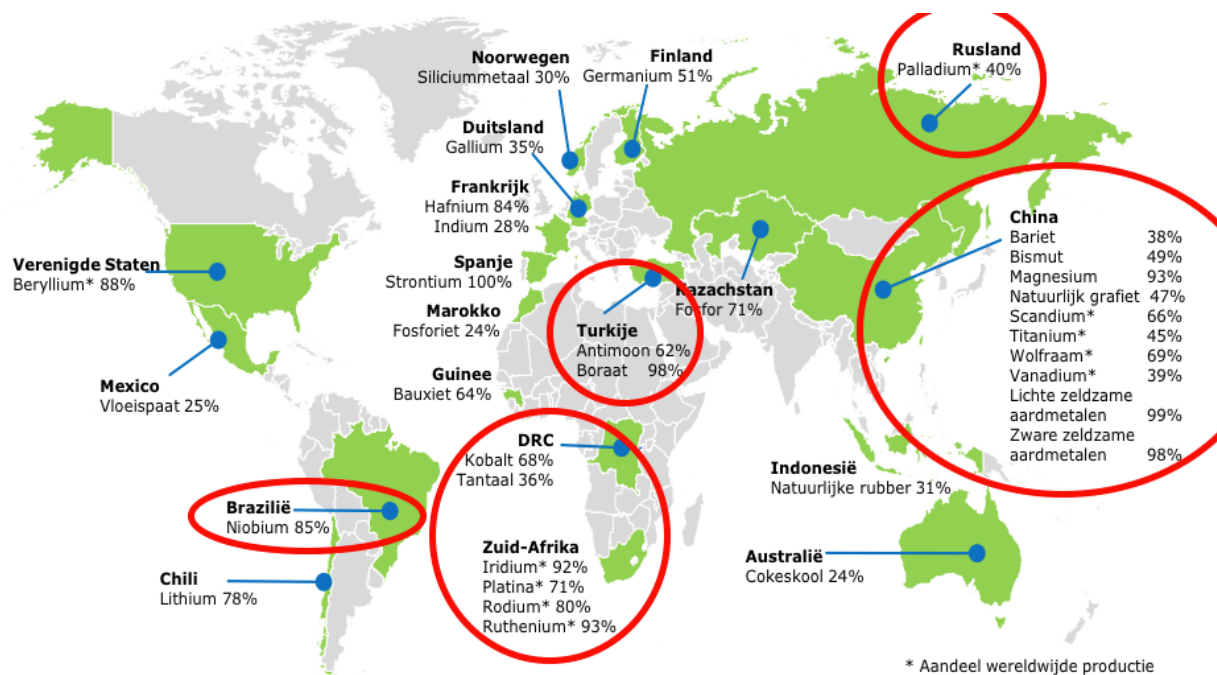
Leveringsrisico's worden veroorzaakt door de beperkte winbare reserves voor deze grondstoffen. Bij huidige productie-aantallen is de bewezen voorraad voor een aantal van deze ICT-materialen al in tien

tot 50 jaar uitgeput (zie tabel 1).²² Gegeven de toenemende groei zijn al eerder problemen te verwachten. Ten tweede levert de monopolisering van mijnbouw en productie van deze kritieke grondstoffen door slechts een handvol bronlanden onzekerheden en prijschommelingen op in de toeleveringsketen (zie figuur 7).

Tabel 1: Kritieke grondstoffen in ICT-hardware ²³					
	<i>In laptops, smartphones, displays</i>	<i>In dataservers</i>	<i>Behaalde recyclingpercentages</i>	<i>Bewezen voorraad</i>	
Antimoon			<10% 	10 jaar	
Germanium			<1% 	19 jaar	
Indium			5% 	25 jaar	
Grafiet (natuurlijk)			0% 	30 jaar	
Wolfraam			40% 	40 jaar	
Kobalt			68% 	45 jaar	
Niobium			53% 	58 jaar	
Beryllium			0% 	77 jaar	
Tantaal			5% 	80 jaar	
Gallium			<1% 	106 jaar	
Platinagroep metalen			<10% 	100-200 jaar	
Lithium			10% 	200 jaar	
Magnesium			39% 	3000 jaar	
Silicium			0% 	1000 jaar	
Zeldzame aardmetalen			<1% 	> 1000 jaar	

²² www.grondstoffenscanner.nl definieert “De ‘voorraad’ geeft aan hoeveel jaar mijnbouwvoorraad bewezen aanwezig is, bij de huidige productie (en onder de huidige economische omstandigheden).”

²³ European Commission, *Study on the EU's list of Critical Raw Materials* (2020). SCREEN, *Critical Raw Material Substitution Profiles* (2018). CEDaCI, *A situational analysis of a circular economy in the data centre industry* (2020). Chanceler et al. “Estimating the quantities of critical metals embedded in ICT and consumer equipment,” *Resources, Conservation and Recycling*, voll. 98 pp. 9-18 (2015). www.grondstoffenscanner.nl/



Figuur 7: Landen die de grootste hoeveelheid kritieke grondstoffen aan de EU leveren. Rood omcirkelt de bronlanden voor materialen in ICT-apparatuur. Voor de toelevering van ICT-hardware is Nederland afhankelijk van de situatie in Brazilië, Congo, Zuid-Afrika, Turkije, Rusland en China.

Welke oplossingen pakken producenten en leveranciers op? Twee technologische oplossingen die al jaren worden verkend zijn (a) end-of-life recycling en (b) substitutie van kritieke grondstoffen. Het is onwaarschijnlijk dat recycling alléén de toeleveringsketen in rustig vaarwater kan brengen. Ondanks investeringen door handelaren of nieuwe marktpartijen blijven end-of-life recycling rates v r achter bij de groeiende vraag naar nieuwe ICT-producten. In aantal gevallen blijven de behaalde recyclingpercentages steken op 0-10%. In de praktijk blijkt het lastig om voor kritieke metalen een rendabel recyclingproces van de grond te krijgen, met een werkbare logistiek die integratie in de mondiale productieketen mogelijk maakt. Deze metalen zijn in kleine hoeveelheden en in complexe legeringen in ICT-producten aanwezig; <2 gram voor smartphones, <10 gram voor laptops, <15 gram in servers. Dit maakt recycling bewerkelijk en kostbaar.

Een tweede strategie die met technologische innovatie door producenten wordt opgepakt is substitutie van materialen in productontwerp. Uit onderzoek blijkt dat substitutie van kritieke grondstoffen het probleem simpelweg verschuift. Deze grondstoffen hebben namelijk unieke eigenschappen; de enige substituten die in aanmerking komen zijn vaak andere kritieke grondstoffen die eveneens schaars en overvraagd zijn.²⁴

Circulaire strategieën hoger op de R-ladder (zie figuur 3) bieden w l een oplossing om leveringszekerheid te verbeteren op de korte termijn. Als het gaat om substitutie als strategie dan komen vanuit circulair perspectief alternatieven in beeld op functioneel-, product- of componentniveau in plaats van op grondstofniveau. Hebben we een specifiek product wel zelf nodig, of kunnen we onze

²⁴ SCREEN, *Critical Raw Material Substitution Profiles* (2018). A.H. Tkaczyk et al. "Sustainability evaluation of essential critical raw materials: cobalt, niobium, tungsten and rare earth elements," *Journal of Physics D: Applied Physics*, vol. 51 no. 20 (2018).

vraag ook op een andere manier invullen? Wat levert een verschuiving van bezit naar gebruik op? Zijn producten langer en efficiënter te gebruiken door de levensduur te verlengen, reparatie te vereenvoudigen of ze herinzetbaar te ontwikkelen?

3.2 Circulaire innovatie door ICT-producenten

Grote hardware producenten investeren in circulaire oplossingen. Al blijft circulair ICT vooralsnog een nichemarkt ten opzichte van conventionele productie en verkoop. Producenten als Dell, HP Inc. en HPE timmeren aan de weg. Enkele voorbeelden van circulaire innovatie door ICT-producenten zijn:

- Dell, HP en andere leveranciers werken aan **modulaire hardware** waarbij je verouderde componenten kunt vervangen – zoals de processor of de harde schijf – zodat het geheel langer meegaat. De volgende stap is flexibel productontwerp waarbij je de functionaliteiten van bijvoorbeeld dataservers kunt veranderen door modules te vervangen of toe te voegen. Zo krijg je een hybride vorm van:
 - (a) *products that flow*, kortcyclische gebruiksgoederen, waarbij circulair productontwerp is gericht op het faciliteren van producthergebruik en hoogwaardige recycling, en;
 - (b) *products that last*, goederen die altijd meerdere jaren of zelfs langer in gebruik zijn, waarbij circulair productontwerp is gericht op het faciliteren van de lange levensduur.

Een medewerker van Dell legt uit: “Je kunt veel componenten in onze servers langdurig gebruiken en een aantal zaken kortstondig gebruiken en vervangen, als je bijvoorbeeld minder opslagruimte nodig hebt maar meer met data analytics wil gaan doen.” Door dit soort flexibel en modulaair productontwerp kan de bestaande hardware, die je al in huis hebt, meebewegen met je behoeftes en heb je niet voortdurend nieuwe spullen nodig. Dat verlicht de druk op de toeleveringsketen.

Voor dataservers, die standaard modulaair zijn opgebouwd, ligt deze circulaire oplossing binnen handbereik. Voor werkplekapparatuur zoals laptops en desktops zijn er actieve interventies nodig in productontwerp om de modulariteit te verbeteren, en daarmee de repareerbaarheid en vervangbaarheid van onderdelen. Toch is er ook voor werkplekapparatuur een professioneel modulaair marktaanbod waar inkopers naar kunnen vragen. Zo heeft HP laptops waarbij de harde schijf, het werkgeheugen, de batterij, het beeldscherm, de speakers, de trackpad, de ventilator en andere onderdelen allemaal gemakkelijk en los van elkaar te demonteren zijn. Voor smartphones levert Fairphone een gehele modulaire telefoon.

- HP Inc. en HPE werken aan **innovaties in materiaalgebruik** en **design for reusability**. Denk bijvoorbeeld aan het reduceren van kabels en verbindingen in het ontwerp van ICT-hardware zodat de toegang tot en ontmanteling van componenten makkelijker wordt. Of het ‘wegontwerpen’ van lijm waarmee normaal gesproken connectoren vastgemaakt worden, zodat het makkelijker los te halen en te repareren, vervangen of hergebruiken is.
- Dell, HP Inc., HPE, IBM en andere producenten bieden **circulaire diensten voor terugname** om gebruikte apparatuur van eigen merk terug in te nemen en refurbishen (naar originele specs) of upgraden (naar de nieuwste standaard). Bij Dell heet dit het “take-back program”, bij HP Inc. de

“device recovery service”, bij HPE spreekt men over “technology renewal centers” en bij IBM is de afdeling GARS (Global Asset Recovery Services) hiervoor verantwoordelijk.

- Een handige merkonafhankelijke tool om de circulaire prestaties van hardware te vergelijken is [iFixit.com](https://www.ifixit.com), die repareerbaarheidsscores toekent aan verschillende modellen smartphones, tablets en laptops. Zo krijgen de HP EliteBook 840 G6 (2019) en de Dell Latitude E5270 (2017) een 10 – “all moving parts are modular”, “minimal adhesive is used”, “clear repair and disassembly instruction”. De MacBook Pro 13” (2019) is minder circulair en scoort een 2 – “beschermde pentalobeschroeven bemoeilijken reparaties”, “batterijmodule stevig in de behuizing vastgelijmd”, “vastgesoldeerde RAM limiteert upgrades en levensduur”.

Een circulair ontworpen product zorgt uit zichzelf nog niet voor circulair gebruik van het product. Ook een modulaire laptop kan je na drie jaar in de klinko gooien. Startend vanuit circulair productontwerp is een volgende belangrijke innovatie voor een circulaire ICT-keten gericht op het businessmodel en de relatie tussen producent en klant, waarmee ook circulair gebruik verbeterd wordt. Leasemodellen voor hardware zorgen voor een verschuiving van ‘betalen voor bezit’ naar ‘betalen voor gebruik’.

Producenten bieden *IT as a Service*, *Device as a Service*, *AV as a Service*, *pay per seat* of *pay per use* voor een digitale werkplek. Voor dataservers – ofwel, de vraag naar compute en storage – zijn er private cloud constructies mogelijk. Zoals *Platform as a Service* (PaaS) waarbij je (een selectie van) je eigen applicaties kunt laten draaien op dataservers, opslag- en netwerkapparatuur die in het bezit blijft van de leverancier. Bij PaaS beheert de leverancier ook het operating systeem en de software en ontzorgt de eindgebruiker hierin. Wil je meer controle, dan kan je *Infrastructure as a Service* (IaaS) afnemen, waarbij alle hardware-infrastructuur in eigendom blijft van de leverancier, maar de eindgebruiker zélf het operating systeem in beheer houdt en de software waarop de applicaties draaien. Voor eindgebruikers spreekt men ook wel van ‘server virtualisatie’ – de servers zijn alleen nog virtueel aanwezig.

Lease- of service-modellen hebben vijf voordelen met oog op circulariteit, zo blijkt uit de interviews:

- (1) *IT as a Service* maakt het voor producenten mogelijk om op aanvraag, of op eigen advies, onderdelen te vervangen en functionaliteiten te veranderen of toe te voegen. Zo blijft de apparatuur voldoen aan de verschuivende wensen van klanten en gaat alles langer mee.
- (2) *IT as a Service* zorgt ervoor dat je als eindgebruiker nooit te veel hoeft in te kopen. Je kunt het aantal geleasede devices makkelijk opschalen of terugbrengen als je méér of juist minder nodig hebt. Over-dimensionering van je eigen vraag komt vaak voor – teveel laptops inslaan, teveel servercapaciteit inkopen. Zo stellen experts in de datacenter industrie dat eigen datacenters (on premise of colocatie) gemiddeld 60% méér capaciteit hebben dan nodig is (“overprovisioning”). Hierdoor wordt niet alleen voortdurend teveel nieuwe apparatuur ingekocht; de aanwezige apparatuur wordt ook nog eens inefficiënt gebruikt.
- (3) *IT as a Service* geeft producenten meer grip op de levenscyclus van de apparatuur die ze zelf op de markt hebben gebracht; zo krijgen ze beschikking tot méér apparatuur voor hun terugname programma’s. Zo kon Dell vanuit haar leased assets wereldwijd in 2019 liefst 94% van de

ingenomen gebruikte apparatuur op product- of componentniveau hergebruiken en 6% recycleren.

- (4) *IT as a Service* kan zorgen voor beter circulair productontwerp, doordat producenten zelf ervaring opdoen met ontmanteling en refurbishing en deze kennis inbrengen in het ontwerp van nieuwe producten. Een medewerker van IBM vertelt: “Er is een voortdurende feedback loop tussen de afdeling remanufacturing en de afdeling productontwerp, om ervoor te zorgen dat de ontmanteling en upgradings van gebruikte producten steeds gemakkelijker en goedkoper wordt.”
- (5) Specifiek voor dataservers geldt dat PaaS en IaaS de eigenaars van de hardware in staat stellen om circulaire strategieën gericht op waardebehoud te optimaliseren. Deze cloud constructies zorgen voor een concentratie van een grote hoeveelheid hardware op één locatie (een hyperscale datacenter), in eigendom van één partij (de cloud aanbieder), van waaruit een groot aantal eindgebruikers tegelijk wordt bediend. Dit zorgt voor een efficiëntieslag in energieverbruik en koeling, maar ook voor een optimalisatie van onderhoud en herinzet van de hardware binnen de eigen organisatie. De drie hyperscale locaties in Nederland – in Eemshaven en Middenmeer – bezitten samen ca. 20% van de Nederlandse data floor. Microsoft gebruikte haar hyperscaler in Middenmeer als locatie voor een eerste pilot binnen haar “Circular Centers” programma. Het bedrijf zet hier machine learning-algoritmen in om de restwaarde van afgeschreven dataservers te bepalen, herinzet op locatie te maximaliseren en de markt voor gebruikte datacenter-hardware op te schalen. Doel is om in 2025 ten minste 90% van de afgeschreven dataservers uit haar 160 datacenters wereldwijd op product- of componentniveau te hergebruiken.

Keerzijde van hyperscalers is het rebound effect: de efficiëntieslag vertaalt zich direct of indirect in een toenemend gebruik van dataverkeer en -opslag, wereldwijd, waardoor de duurzaamheidswinst op termijn buiten beeld raakt. Gebruikskosten worden lager, het aanbod groter en het wordt haast gratis voor eindgebruikers om op elk moment en overal gegevens op te kunnen slaan of te versturen. Per gebruikte dataserver wordt de milieu-impact weliswaar lager, maar het is goed mogelijk dat de exponentiële groei van dataverkeer (zie §1.1) deze milieuwinst op de grote schaal tenietdoet. Maken hyperscalers, door hun toenemende energie- en grondstoffenefficiëntie, de digitalisering van onze samenleving mogelijk binnen de grenzen van onze planeet? Of geldt andersom dat hyperscalers die digitalisering zodanig aandrijven dat de ICT-sector uit z'n voegen groeit? Binnen een circulaire economie is het eerste mogelijk, maar binnen de huidige lineaire economie zal het tweede gelden.

Drempels circulaire productinnovatie: weinig marktvraag en financiële prikkels

Hardware-producenten geven aan dat klanten, zowel zakelijk als de consumentenmarkt, nog nauwelijks naar bovenstaande circulaire oplossingen vragen. Een medewerker van Dell vertelt: “In het aankoopbeleid van organisaties is het vakje ‘corporate social responsibility’ inclusief circulaire eisen in onze ervaring vaak niet doorslaggevend.” HP Inc voegt toe: “Er wordt nog niet veel gebruik van gemaakt, veel klanten blijven vragen naar het nieuwste van het nieuwste.” In de ervaring van HPE komt er wel langzaam beweging in de circulaire marktvraag. Met name klanten in Noord- en West-Europa in de publieke en academische sector beginnen duurzaamheidseisen te stellen aan hardware, waarbij 10-20% van de gunningscriteria een duurzaamheidsdimensie hebben (waaronder circulariteit).

Ook IT as a Service blijft voorlopig een nichemarkt, maar groeiende. Voor HPE groeide de verkoop van 'as-a-service'-modellen voor datacenter hardware met gemiddeld 37% per jaar. Toch blijven 70% van de applicaties van zakelijke klanten nog altijd in een eigen datacenter draaien, zo is de ervaring van HPE. Voor werkplekapparatuur blijft de vraag naar leasemodellen beperkt. Men houdt liever zelf grip op de eigen hardware, en wil voorkomen dat de werknemers in de eigen ICT-service afdeling overbodig worden doordat alles is uitbesteed. Meer in het algemeen leggen inkopende organisaties bij de keuze voor apparatuur vooral de focus op technische specs en (data)veiligheid, waardoor overwegingen om de levenscyclus van de hardware te optimaliseren al snel buiten beeld raken (zie ook §4.2).

Los van de klantwensen zijn er voor producenten financiële prikkels die verdere uitbreiding van IT as a Service in de weg zitten. De verandering in cashflow die een transitie van productverkoop naar diensten met zich meebrengt is voor producenten een belangrijke drempel. Een medewerker van een ICT-multinational legt uit: "Het is onwaarschijnlijk dat een bedrijf waarbij het businessmodel gebouwd is op de voortdurende verkoop van nieuwe producten, en die hierdoor een continue cashflow heeft, makkelijk overschakelt op dienstmodellen. Deze bedrijven hebben 'up front' grote kapitaalinvesteringen gedaan om producten te ontwikkelen en verkopen en hebben deze cashflow nodig om investeringen terug te verdienen. Bij een dienstmodel krijgen ze de opbrengst van een product niet op het moment van verkoop, maar uitgespreid over enkele tot tientallen jaren. Alle producenten onderkennen dat dit een uitdaging is." Meer investeringszekerheid door een serieuze en groeiende marktvraag naar circulaire oplossingen zou helpen deze verschuiving door te voeren.

Zo houden vraag en aanbod elkaar in stand en blijft het een kip-ei probleem. Met weinig vraag naar circulair ICT blijft investering, aanbod, productinformatie en reclame vanuit producenten en resellers gericht op het verkopen van nieuwe producten. Hierdoor blijven circulaire oplossingen en overwegingen weinig zichtbaar en blijft de vraag beperkt. Proactief vergroten van de zichtbaarheid van circulair ICT, vanuit de markt en andere stakeholders, en allocatie van (een deel van) de reclamebudgetten van producenten naar communicatie over het belang en de mogelijkheden van circulair ICT zouden helpen deze trage beweging richting een serieuze marktvraag te versnellen.

Grote ICT-producenten zijn voor de doorontwikkeling circulaire oplossingen niet alleen afhankelijk van een serieuze marktvraag naar circulair ICT, maar zijn ook afhankelijk van hun eigen toeleveringsketen. Dieper in deze keten wordt de urgentie voor circulariteit nog niet gevoeld, zo blijkt uit de interviews. HPE: "Toeleveranciers maken zich nog geen zorgen over de beschikbaarheid en schaarste van kritieke grondstoffen." Er is weliswaar bewustzijn dat sommige materialen schaars gaan worden in vijf tot vijftien jaar. "Maar het probleem is: ze voelen het niet financieel." De prijzen van grondstoffen en componenten voor ICT-hardware fluctueren door het jaar aan de hand van meerdere factoren. Een hoge prijs betekent niet noodzakelijkerwijs dat een grondstof schaars is of niet. De complexiteit van de toeleveringsketen speelt hier een belangrijke rol. Er zitten meerdere - soms tot tientallen - schakels tussen mijnbouw en grootschalige productie van elektronica en hardware. Mede daardoor zijn prijsschommelingen niet eenduidig toe te wijzen aan toeleveringsrisico's.

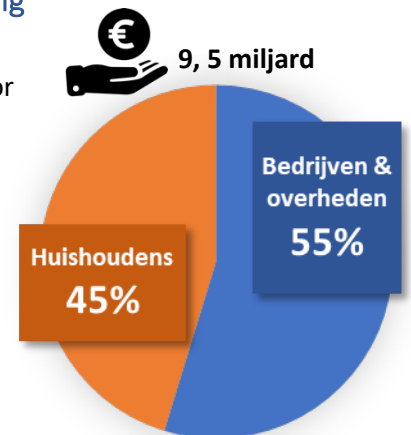
Ook in de toeleveringsketen is dus meer bewustzijn nodig over de urgentie en verdient de potentie van circulair ICT – voor ICT-bedrijven én klanten – meer zichtbaarheid.

4. Inkoopfase: cijfers, uitdagingen en goede voorbeelden

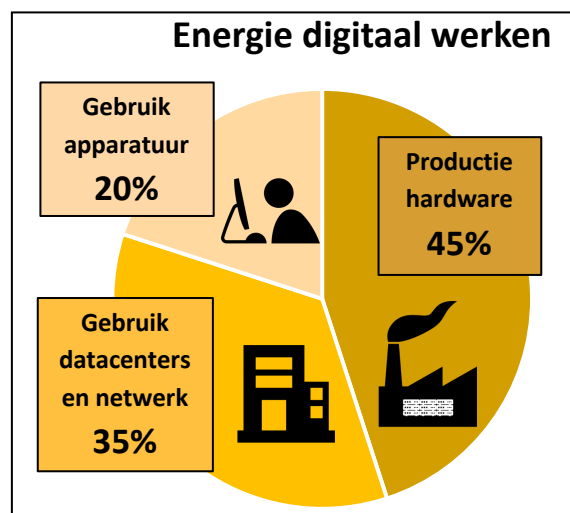
4.1 Circulair inkopen van ICT: mogelijke impact en kostenbesparing

Nederlanders investeren jaarlijks zo'n €9,5 miljard in ICT-hardware. De zakelijke markt neemt hiervan 55% voor haar rekening en koopt jaarlijks voor ca. €5,2 miljard aan hardware in.²⁵ Dit geeft goede mogelijkheden om te sturen op een circulaire ICT-keten. Zo kunnen inkopende organisaties een belangrijke bijdrage leveren om de leveringszekerheid van ICT te verbeteren, de milieu-impact te verlagen en de nationale en regionale economie te versterken (de drie doelen van een circulaire ICT keten).

Nederlanders kopen jaarlijks een groot volume aan materialen en ICT-producten in (zie tabel 2). Dit geeft veel impact in de productie- en toeleveringsketen, waaronder uitstoot van broeikasgassen en milieuvervuiling. Zo kost het veel energie om hardware te produceren. Anders gezegd, ICT-apparatuur heeft een relatief hoge 'embodied energy'. Voor laptops en desktops is het energieverbruik in de productiefase hoger dan in de gebruiksfase (ca. 1,5 tot 2 keer zo groot). Voor dataservers hangt de relatieve energie-impact af van hoe intensief de server gebruikt wordt. Studies schatten de bijdrage van de productiefase aan de CO₂-footprint van dataservers in de range van minimaal 20% tot zelfs 75% (zie ook figuur 9).²⁶



Figuur 8: de Nederlandse zakelijke vs. consumentenmarkt voor ICT-hardware



Figuur 9: Verdeling van de relatieve energie-impact van een digitale werkplek, productie vs. gebruik.
Bron: The Shift Project (2019).

²⁵ CBS, *ICT en economie* (2019).

²⁶ Metabolic, Copper8, *Handreiking duurzame inkoop informatievoorziening* (2020); ITRenew, *Datacenter Impact Report: The Financial & Sustainability Case for Circularity* (2020); The Shift Project, *Lean ICT: Towards Digital Sobriety* (2019). HPE, *Living progress data summary* (2018).

TABEL 2: VOLUME JAARLIJKSE INKOOP ICT (ZAKELIJKE EN CONSUMENTEN)

		Volume materialen per jaar	Totaal aantal producten per jaar
ICT-hardware totaal (cijfers 2018)		43 kton	43 miljoen 2-3 producten per persoon per jaar
Dataservers (cijfers 2016)		2 kton	135.000

Het betekent dat een inkopende organisatie direct CO₂-emissies kan besparen in de keten (scope 3) door minder nieuwe ICT-apparatuur in te kopen en bestaande apparatuur langer te gebruiken. In het geval van werkplekapparatuur is er met levensduurverlenging van bestaande apparatuur in de regel méér CO₂-reductie te behalen dan met vervanging voor een nieuwe en meer energiezuinige variant (alleen monitors vormen een uitzondering). Ook voor dataservers is dit een relevante overweging.

Op basis van LCA-studies kunnen we deze overweging kwantificeren. De productie van hardware zorgt voor deze uitstoot van broeikasgassen:

- Productie iPhone 45-90 kg CO₂-eq (afhankelijk van het model);
- Productie van een standaard desktopcomputer ca. 260 kg CO₂-eq;
- Productie van een dataserver ca. 3000 kg CO₂-eq.²⁷

De Nederlandse inkoop van ICT-hardware (tabel 2) heeft daarmee een grote impact op milieu en klimaatverandering. De productie van één dataserver zorgt voor evenveel emissies als een standaard benzineauto in een jaar uitstoot bij gemiddeld gebruik. Productie van 135.000 dataservers, het Nederlandse inkoopvolume in 2016, levert evenveel emissies op als de industrie, bouwnijverheid water- en afvalsector in de gemeente Amsterdam samen in één jaar uitstoten (405 kton CO₂-eq). Het jaarlijkse Nederlandse inkoopvolume aan kleine ICT-producten (smartphones, tablets, laptops; ca. 33 miljoen stuks p.j.) staat voor een uitstoot in de orde van 2-3 Mton CO₂-eq in de keten, vergelijkbaar met de totale CO₂-uitstoot in de gebouwde omgeving in de gemeente Amsterdam.²⁸

We kunnen dit omrekenen tot kansen voor inkopende organisaties. Circulair inkopen van ICT-hardware levert een enorme besparing van broeikasgasemissies op in de keten (scope 3). Een voorbeeld, Rijkswaterstaat heeft in totaal ca. 2400 desktopcomputers in gebruik. Als ze de levensduur hiervan met twee jaar weten te verlengen, door de afschrijvingstermijn van de hardware van 4 jaar op te hogen naar 6 jaar, dan levert dat een totale besparing op van ca. 100 ton CO₂-eq. Dat is vergelijkbaar met de uitstoot van 800 keer heen en weer van Amsterdam naar Londen vliegen, per passagier. Zou de datacenter industrie in staat zijn de levensduur van alle Nederlandse dataservers met één jaar te verlengen, dan zou ruim 630 kton CO₂-uitstoot vermeden worden.²⁹ De kansen voor inkopende organisaties zijn samengevat in tabel 3.

²⁷ *iPhone Environmental Report 2017, 2018, 2019, 2020; University of Edinburgh, Carbon Emission Implications of ICT Re-use at the University of Edinburgh; Metabolic, Copper8, Handreiking duurzame inkoop informatievoorziening (2020).*

²⁸ Voor de uitstootcijfers van Amsterdam zie Klimaatmonitor, *CO₂-uitstoot in Gemeente Amsterdam*.

²⁹ Uitgaande van de groei van de Nederlandse data floor sinds 2016, waarmee we in 2020 op 6,32 miljoen geïnstalleerde dataservers in Nederland uitkomen.

TABEL 3: Besparing broeikasgasemissies door circulair inkopen

	Besparing door levensduurverlenging ³⁰	Besparing door één product minder in te kopen
iPhone 	6 kg CO ₂ -eq per verlengd levensjaar	45-90 kg CO ₂ -eq per vermeden iPhone
Desktop met monitor 	32 kg CO ₂ -eq per verlengd levensjaar	380 kg CO ₂ -eq per vermeden desktop met monitor
Dataserver 	100 kg CO ₂ -eq per verlengd levensjaar	3000 kg CO ₂ -eq per vermeden dataserver

Levensduurverlenging en het voorkomen van aanschaf van nieuwe hardware levert naast CO₂-reductie ook significante kostenreductie op. Het mes snijdt hier aan twee kanten. Gebruik je een product een jaar langer dan realiseer je per product een besparing op de aanschafkosten van zo'n 17% (van 5 jaar naar 6 jaar gebruik), 20% (van 4 jaar naar 5 jaar gebruik) of 33% (van 4 jaar naar 6 jaar gebruik). Ook de gemiddelde jaarlijkse afvoerkosten per product dalen. Wellicht zijn de onderhoudskosten in het verlengde gebruiksjaar hoger dan bij nieuwe hardware. Toch is per saldo een significante kostenbesparing te realiseren.

Ook refurbished hardware zorgt voor een goeie businesscase. Uit ervaring met netwerk- en datacenter hardware blijkt dat inkopers 50% tot zelfs 85% kostenbesparing kunnen realiseren door te kiezen voor refurbished in plaats van nieuwe apparatuur, met dezelfde functionaliteit, garanties en aanvullende onderhoudskosten.³¹

Deze kansen worden nog onvoldoende benut. De trend van de laatste vier jaar (2016-2020), met de toenemende digitalisering, laat zien dat Nederlanders samen elk jaar zo'n 1 miljoen ICT-producten méér inkopen dan het jaar ervoor.³² Welke drempels zijn er in de praktijk om hardware circulair in te kopen?

4.2 Circulair inkopen van ICT: uitdagingen in de praktijk

Zoals in §2.2 beschreven, zien producenten en leveranciers tot op heden weinig marktvraag naar circulair ICT ontstaan. Er zou méér mogelijk moeten zijn. Ten eerste is er vanuit de markt voldoende aanbod aan circulaire producten en diensten voor ICT. Ten tweede zijn er tools om inkopers te ondersteunen bij het circulair uitvragen van hardware voor op de werkplek of in datacenters. Denk bijvoorbeeld aan een functionele vraagstelling, waarbij je de focus niet legt op technische specificaties maar vooral functioneel omschrijft wat je nodig hebt. Zo spreek je de markt aan op haar creativiteit om dit op een betaalbare en circulaire manier in te vullen. Ook zijn er concrete circulaire selectiecriteria, gunningscriteria en contractbepalingen voor ICT-hardware beschikbaar die je als inkoper direct kunt toepassen. De [MVI-criteriatool van PIANOo](#) heeft dit jaar haar criteria voor ICT-hardware

³⁰ De besparing is berekend voor iPhones en desktops door uit te gaan van een levensduurverlenging van 4 jaar naar 6 jaar, en voor dataservers door uit te gaan van een levensduurverlenging van 5 jaar naar 6 jaar.

³¹ De mogelijke kostenbesparing door te kiezen voor refurbished apparatuur wordt door praktijkexperts in de interviews bevestigd. Voor twee praktijkvoorbeelden van refurbisher Aliter Networks zie de blog posts [Refurbished IT equipment extends life of health organizations network environment](#) en [Turnkey project for natural resources company](#).

³² <http://www.urbanmineplatform.eu/>

geactualiseerd, met veel aandacht voor circulaire opties. Daarnaast publiceerden Copper8 en Metabolic in opdracht van Rijkswaterstaat een [Handreiking Duurzame Inkoop Informatievoorziening](#), met concrete inkoopcriteria per ICT-productcategorie. Beiden zijn opgesteld na marktconsultaties; er zijn dus voldoende marktpartijen in staat om op de voorgestelde criteria te kunnen concurreren.

Waarom komt circulair inkopen van ICT ondanks de mogelijkheden niet van de grond? Uit interviews met stakeholders blijkt dat inkopende organisaties verschillende drempels ondervinden. Die drempels bevinden zich zowel intern (binnen de organisatie zelf) als extern (in de relatie tussen leverancier en klant).

Interne drempels binnen inkopende organisaties

- 1. Veel afdelingen betrokken bij inkoopproces:** Inkopers ervaren weinig bewegingsvrijheid doordat er bij het inkopen van ICT-hardware veel afdelingen betrokken zijn. Wil je op gebied van circulair ICT iets bereiken, dan moet je grofweg een brug slaan tussen de inkoopafdeling, de facilitaire dienstverlening, de IT-afdeling, product owners en contractmanagers, en de financial- en business controllers binnen een organisatie. Vaak komt de inkoopafdeling zelf – die de vraag richting de markt uitzet – pas laat in het spel, als de eisen ten aanzien van technische specificaties en veiligheid al zijn vastgesteld. Circulaire oplossingen raken dan buiten beeld, als het niet bij elke afdeling belangrijk wordt gevonden. Voor medewerkers die circulariteit in dit proces willen borgen is rugdekking vanuit management en bestuursniveau daarom cruciaal.
- 2. Inkoop van nieuw spul en afvoer van oud spul zijn twee verschillende afdelingen:** Inkopende organisaties benaderen inkoop en afvoer van hardware in de regel als twee verschillende aanbestedingen. Dat betekent dat er verschillende medewerkers verantwoordelijk voor zijn. Het gevolg is dat er bij de inkoop van nieuwe apparatuur niet over afvoer wordt nagedacht en de herinzet van afgeschreven apparatuur binnen de eigen organisatie niet in beeld komt, ook al functioneert de apparatuur nog goed en is het eenvoudig te repareren of upgraden – en ook al scheelt het aanmerkelijk in aanschaf- en afvoerkosten.
- 3. Losse budgetten voor aanschaf, onderhoud en afdanking:** Circulaire oplossingen die zorgen voor langer gebruik van ingekochte hardware zijn in de regel goedkoper over de hele levensduur, al zijn de aanschafkosten per product soms hoger. Deze kostenbesparing komt niet in beeld zolang de budgetten voor aanschaf, onderhoud en afdanking niet gebundeld worden, maar – net als bij de afdelingen in drempel 2 – los van elkaar en door verschillende medewerkers worden begroot en gecontroleerd. Met andere woorden, men rekent te weinig met Total Cost of Ownership (TCO).
- 4. Circulariteit wordt ervaren als ‘extra probleem’:** Als er bestuurlijk commitment is, en het is gelukt om circulaire gunningscriteria op te nemen, dan moet de inkoopafdeling inschrijvingen van leveranciers vervolgens kunnen vergelijken op circulariteit. Dit komt bovenop andere relevante thema’s als mensenrechten, social return, betrokkenheid van MKB, etc.” Inkopers zijn hier niet inhoudelijk voor opgeleid, en werken bovendien onder tijdsdruk. Zo wordt een circulariteitseis al snel ervaren als een extra probleem waar inkopers niet op zitten te wachten. Zoals een betrokkene bij de nationale buyer group ICT het verwoordt: “Inschrijvingen komen binnen, maar overmogen moet er alweer een volgende aanbesteding gedaan worden, en men zegt: hier zijn de

duurzaamheidsthema's, ik weet dat je geen expert bent, succes ermee." Een integrale benadering zou helpen, waar de voordelen van circulaire ICT-oplossingen in verband worden gebracht met andere criteria, zoals betaalbaarheid en betrouwbaarheid, en niet als losstaand 'extra' onderwerp dienen te worden beoordeeld.

- 5. IT-afdeling focust op technische specs:** De IT-afdeling heeft bij elke inkopende organisatie een doorslaggevende stem in wat er aan apparatuur in huis wordt gehaald. Uit de interviews blijkt dat medewerkers van een IT-afdeling in de regel kijken naar technische specificaties en circulaire overwegingen niet meenemen. Een inkoopmedewerker van een universiteit vertelt: "Circulair is geen relevant aandachtspunt. Rekenkracht, geheugen, daar praten onze techneuten in, in die taal." Een ander vult aan: "We hebben we allemaal onze preferred supplier, voor servers, voor storage, voor netwerkkapparatuur. Ik heb mijn checklist en onderhandel zelf met de leveranciers. Duurzaamheid is daarin geen aandachtspunt."

Vanuit die technische blik worden circulaire oplossingen niet zomaar omarmd. Een inkoopadviseur vertelt: "Bij een ICT-aanbesteding voor werkplekapparatuur bij een publieke organisatie zei een inkoper: ik wil toch geen gebruikte spullen hebben? Dat is geen uitzondering." Een professionele refurbisher voor datacenterapparatuur ervaart hetzelfde: "Op dit moment durven organisaties nauwelijks gebruikte datacenterapparatuur in te kopen. Men werkt met preferred suppliers en is het gewend om telkens weer nieuw in te kopen. Men twijfelt of gebruikte apparatuur de vereiste specs en functionaliteiten wel biedt." In de ogen van veel IT-service medewerkers en product owners binnen inkopende organisaties introduceer je onzekerheid en verlies je grip als je van technische eisen afstapt en meer functioneel gaat uitvragen. Een inkoper van een bedrijf die ervaring opdeed met het uitvragen van ICT-apparatuur 'als dienst' vertelt: "De IT-afdeling vond het moeilijk om de techniek los te laten. Dat gingen wij in deze uitvraag steeds meer bij de leverancier beleggen. Daar zat de grootste weerstand."

Dit heeft te maken met de interne rol van de IT-afdeling: zij worden verantwoordelijk gehouden voor het goed functioneren van de apparatuur en werken daarom risicomijdend. Als applicaties het niet meer goed doen worden zij daarop aangesproken. Maar als de duurzaamheidsprestaties omhoog gaan, dan krijgen zij *niet* de complimenten. Zo is er geen "morele incentive" voor een IT-afdeling om haar nek uit te steken en voor minder bekende circulaire oplossingen te kiezen.

- 6. Eindgebruikers in de eigen organisatie vragen er niet naar:** "Veel van onze medewerkers zijn simpelweg Apple fan. Die zeggen: maakt niet uit of het duurzaam is of niet, ik wil gewoon Apple," zo vat een medewerker van de inkoopafdeling van een grote onderwijsinstelling het samen. IT-afdelingen en inkopers staan uiteindelijk in dienst van de eigen eindgebruikers. Die kijken doorgaans naar het "snelste en het mooiste." Je kunt in een aanbestedingen goeie paragrafen over circulariteit opnemen. "Maar als in de praktijk onze mensen zeggen: we willen die nieuwste iPhone, dan haalt het weinig uit."

- 7. Beperkte zichtbaarheid en kennis over circulaire oplossingen:** Een terugkerend element in de bovenstaande vijf drempels is de beperkte zichtbaarheid van circulaire oplossingen bij eindgebruikers. Zoals een overheidsorganisatie het verwoordt: "Als je kijkt naar volwassenheid op gebied van duurzaamheid binnen IT in relatie tot inkoop dan zitten we echt nog op niveau onbewust

onbekwaam.” Zo vragen veel inkopers en IT-servicemedewerkers zich af of er geen trade-offs zijn tussen kwaliteitseisen en circulariteit; velen gaan ervanuit dat je inboet aan snelheid en betrouwbaarheid als je bijvoorbeeld kiest voor modulaire en repareerbare opties, of voor refurbished apparatuur.

Daarmee samenhangend, zo blijkt uit de interviews, is er te weinig technische kennis over hardware – óók, of juist bij IT-afdelingen. Als je weinig grip voelt op het onderwerp, dan kies je al snel voor de bekende weg. In de woorden van een stakeholder: “De technische kennis van veel IT-afdelingen is beperkt. Het is daardoor lastig om goed vast te kunnen stellen wat jouw organisatie nodig heeft aan hardware. Het is makkelijker om te zeggen: we kiezen voor het nieuwste model, met maximaal geheugen, de zwaarste processor, en dan is het goed.” Op de manier wordt er vaak veel méér zware hardware ingekocht dan nodig is.

Externe drempels leveranciers – zakelijke consumenten

8. Geen eenduidige circulaire marktvraag: De markt kan niet altijd uit de voeten met de circulaire eisen en gunningscriteria die wél al worden toegepast door inkopers. ICT-leveranciers geven aan tegen drie drempels aan te lopen:

- Veel leveranciers en grotere producenten hebben meegewerkt aan marktconsultaties om haalbare circulaire gunningscriteria te definiëren. Vervolgens zien ze dat inkopers nauwelijks gebruik maken van deze afgestemde criteria.
- Als ze wél gebruikt worden, is de ervaring dat inkopende organisaties eigen selecties maken en aanvullende eisen stellen (“creatief bijplussen”). Het is daardoor voor leveranciers onduidelijk welk circulair portfolio zij moeten kunnen laten zien, welke keurmerken en berekeningen relevant zijn om ‘circulariteit’ aan te tonen, en hoe ze beoordeeld gaan worden. Aan de inkoopkant wordt het vervolgens moeilijk om aanbiedingen en uitkomsten van berekeningen t.a.v. circulariteit te vergelijken.
- De circulaire criteria wegen in de praktijk vaak weinig mee in de gunning. Hierdoor worden leveranciers sceptisch: hoe zwaar weegt het ‘circulaire’ onderdeel in de beoordeling?

Harmonisatie van indicatoren en beoordelingsmethoden is daarom cruciaal. Hoe meer de circulaire vraag richting de markt versnipperd raakt, hoe meer circulair inkopen als sturingsinstrument aan kracht verliest. En andersom, hoe eenduidiger de marktvraag, hoe meer de vraag zich bundelt en optelt, hoe meer prikkels er zijn voor leveranciers en producenten om te investeren in circulaire producten en diensten.

9. Off-the-shelf producten geven geen ruimte voor maatwerk: Bij inkoop van hardware kijken organisaties vaak naar off-the-shelf producten. Producenten en resellers spelen hier op in, door series met standaardmodellen beeldschermen of dataservers aan te bieden. Deze off-the-shelf producten zijn ontworpen en gefabriceerd om door zoveel mogelijk mensen of organisaties gebruikt te kunnen worden. Met andere woorden, ze zijn niet voor jou op maat gemaakt. Hierdoor koop je altijd onderdelen in die je helemaal niet nodig hebt. Zoals een grafische chip op een dataserver, waar je nooit van plan bent een beeldscherm op aan te sluiten. Met andere woorden, in de huidige relatie tussen producenten en eindgebruikers is er weinig ruimte voor maatwerk. Dat staat circulaire oplossingen in de weg, waarbij je precies zoveel inkoopt als je nodig hebt en je consumptiemodel zo

dicht mogelijk op je behoeften aansluit. Open source hardware en modulair productontwerp, gekoppeld aan een functionele vraagstelling waarbij de leverancier wordt uitgedaagd kennis in te brengen over wat een organisatie werkelijk nodig heeft, bieden hiervoor een uitweg.

10. Verschuiving van bezit naar gebruik geeft weerstand: Zoals in §2.1 beschreven, geven producenten aan de circulariteit van ICT te kunnen verbeteren door zélf eigenaar te blijven van de hardware. Het aanbod aan dienstmodellen in de sector groeit: IT as a Service, Device as a Service, AV as a Service, Infrastructure as a Service, pay-per-seat, pay-per-use. Eindgebruikers omarmen deze beweging niet zonder meer en voelen weerstand. De volgende bezwaren worden genoemd:

- **Men wil zelf grip houden op de hardware.** Een inkoopmedewerker van een universiteit legt uit: “ICT-hardware raakt aan veel dienstverleningen die deels intern zijn ingevuld en die je niet zo makkelijk los van elkaar kunt knippen. Hoe verkavel je een dienst, waar houdt de dienstverlening van de leverancier op en waar pakken wij het zelf over? Hoe meer je overlaat een externe dienstverleners of onderaannemers, hoe meer daar ook weer mis kan gaan en er gecontroleerd moet worden. Wij willen op een aantal van die dingen zelf voldoende grip houden.”
- **Men wil zelf grip houden op de banen.** Elke publieke organisatie heeft bijvoorbeeld een batterij aan ICT-ondersteuners in dienst, en die willen ze graag behouden. Een medewerker legt uit: “Als je ICT als dienst inkoop ga je dingen uitbesteden. Wat ga je dan met de eigen IT-servicemedewerkers doen?”
- **Men wil zelf grip houden op toekomstige ontwikkelingen.** Als je functioneel uitvraagt, en een dienst inkoop in plaats van een product, moet je allereerst je eigen ICT-behoefte definiëren. Die varieert echter en is elk jaar weer anders. Een IT-medewerker van een overheidsorganisatie legt uit: “We weten nu niet wat over twee jaar de relevante dingen zijn die je met een smartphone wilt doen. Het is moeilijk om dit te ondervangen in een dienstcontract. Een leverancier zal aan kostenreductie of winstmaximalisatie doen in zo’n contract, wat je ook opschrijft over partnerships.”
- **De boekhouding werkt niet mee.** Inkoop van ICT as a Service betekent vaak een budgetschuif van CAPEX (investeringen) naar OPEX (terugkerende uitgaven). Budgetten voor apparatuur zijn op CAPEX gereserveerd, terwijl een dienst onder OPEX valt. Hier is een boekhoudkundige oplossing voor bedacht, [IFRS 16, de lease standaard](#), een nieuwe richtlijn voor leaseconstructies.
- **Duurzaamheidsprestaties van dienstmodellen zijn nog weinig transparant.** Je maakt als eindgebruiker ‘service level agreements’ en contractafspraken met een leverancier als je ICT als dienst inkoop. Hier kan je eisen aan toevoegen die circulair uitpakken, zoals de afspraak dat de hardware binnen een aantal uur weer werkt als er iets uitvalt. Het is dan in het belang van de leverancier om hardware te leveren die lang meegaat en snel gerepareerd kan worden. Maar hoe monitor je of de afspraken inderdaad circulair uitpakken? Hoe borg je dat je met de leverancier om tafel kan als de circulaire prestaties tegenvallen? En hoe vergelijk je aanbieders op deze punten? Hier zijn nog geen objectieve standaarden voor.

11. Geen professionele digitale marktplaats voor gebruikte ICT-hardware: MKB-bedrijven maken regelmatig gebruik van Marktplaats om gebruikte hardware in te kopen. Maar voor de zakelijke markt in het algemeen biedt dit geen oplossing. Op Marktplaats staat te weinig informatie over de aangeboden apparatuur, en bovendien is het aanbod versnipperd. Het kost in de praktijk te veel tijd om de benodigde spullen tweedehands bij elkaar te zoeken. Een professionele, merkonafhankelijke digitale marktplaats voor gebruikte hardware zou deze drempel wegnemen.

12. Producenten zijn groot, Nederlandse inkopers klein: Is Nederland het juiste schaalniveau om circulaire innovatie in de ICT-keten te stimuleren en versnellen? Als het gaat om het opschalen van bestaande circulaire oplossingen, dan zeker. Maar voor het stimuleren van circulair ontwerp in de productiefase is dat minder vanzelfsprekend. Beslissingen over de ontwerpfase worden hier niet genomen. Zoals een expert van een ICT-branchevereniging aangeeft: “Fundamentele vraagstukken over repareerbaarheid en modulair ontwerp gaan producenten niet land voor land bespreken, dat wordt in de Europese arena beslecht.” Naast circulair inkopen is daarom ook de lobby vanuit regionaal en nationaal niveau richting de Europese Commissie van belang, bijvoorbeeld om circulariteit toe te voegen aan de Ecodesign-richtlijn. Dat heeft voor de energie-efficiënte van elektronische apparatuur goed uitgediend.

4.3 Best practices circulair inkopen ICT: voorbeelden

Een belangrijke stap om de zichtbaarheid van circulair ICT voor de zakelijke markt te vergroten is het delen van best practices. Uit de interviews blijkt dat een aantal inkopende organisaties – zowel publiek als bedrijven – ondanks de genoemde drempels ervaring hebben opgedaan met circulair inkopen van werkplekapparatuur of datadiensten (compute en storage). Deze voorbeelden laten zien dat het kan en geven concreet handelingsperspectief voor organisaties die hiermee aan de slag willen.

Als je begint met circulair inkopen van ICT moet je keuzes maken. Er is immers niet één definitie van ‘circulair’ waar één heldere lijn uit voortvloeit. Om hierheen wegwijs te worden zijn de voorbeelden in een afwegingskader geplaatst (zie figuur 10).³³ In elk voorbeeld begon het proces met een persoonlijk initiatief, een betrokkenheid bij het onderwerp die de initiatiefnemer vertaalde naar de bredere missie van zijn organisatie. De ervaringsdeskundigen in de voorbeelden waren telkens in staat te laten zien dat de circulaire oplossingen niet alleen duurzamer zijn, maar ook financieel en risicoteknisch interessant zijn. Zo kan je zorgen voor bestuurlijke commitment en de verschillende afdelingen aan het initiatief verbinden (zie §4.2, drempel 1).

Een eerste belangrijke afweging is of je begint met een project, of een assetgroep onder handen neemt. Met een project kan je eerst ervaring opdoen zonder direct de dagelijkse organisatie te hoeven veranderen. Bijvoorbeeld, er komt een aanbesteding voor mobiele devices aan; kan je hier circulaire gunningscriteria voor opnemen? De geleerde lessen neem je mee naar een volgend project, zodat er continuïteit ontstaat binnen de ICT-portefeuille – *bottom-up*.

Een andere optie is om eerst op een algemeen niveau naar een assetgroep te kijken. Hoeveel dataservers hebben we, waar staan ze, welke contracten gelden hiervoor, wanneer is een vervanging gepland? Door zo van productgroep naar productgroep te werken kan je stap voor stap de circulaire benadering doorvoeren in de organisatie. Je hebt dan weliswaar niet direct een circulaire aanbesteding gerealiseerd. Wel heb je meteen impact op meerdere lopende projecten – *top down*.

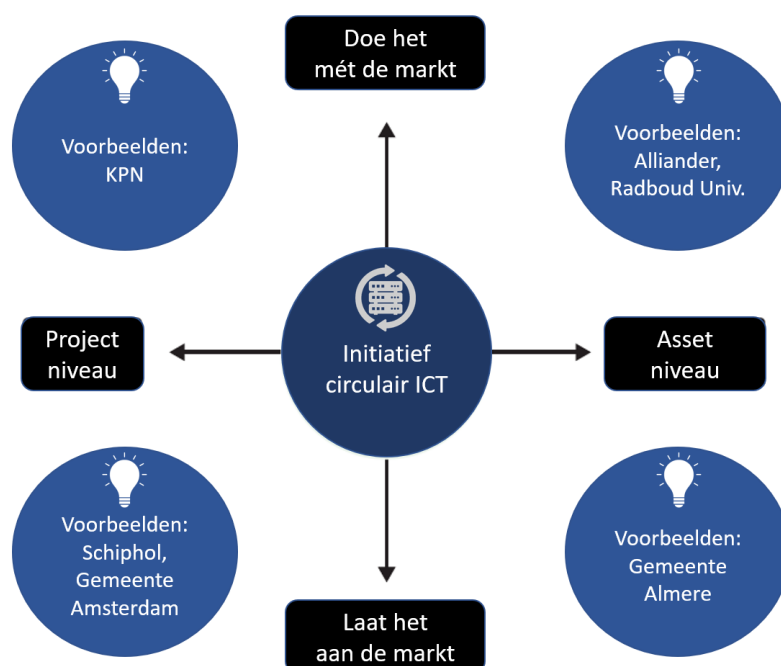
Een tweede belangrijke afweging is of je circulaire oplossingen mét de markt ontwikkelt, of de oplossing áán de markt laat. Sommige organisaties kiezen ervoor om zelf zoveel mogelijk de regie te houden. Ze

³³ Zie ook Van Driel, *Circulair bouwen door woningcorporaties: ‘Waar te beginnen?’* (Cirkelstad 2018), waar een vergelijkbaar afwegingskader van toepassing is.

zoeken zelf ICT-leveranciers op en sporen ze aan om met nieuwe circulaire oplossingen te komen. Zo houd je je eigen circulaire vraag scherp én heb je de mogelijkheid marktpartijen te sturen in de oplossing, om de lat hoger te blijven leggen.

Een andere optie is om de focus te leggen op je eigen circulaire vraag en functionele behoefte, en de oplossing aan de markt te laten. Je wilt bijvoorbeeld *minder* hardware in huis halen maar niet inboeten aan functionaliteit en geen e-waste creëren. Hoe? Een goed gekozen leverancier kan zo'n circulaire vraag oppakken en je in de uitvoering ontzorgen.

Het onderstaande afwegingskader vat de opties samen. Ieder voorbeeld is in dit afwegingskader te plaatsen en illustreert de bijbehorende positie.



Figuur 10: Afwegingskader circulair inkopen van ICT. Pak je een project of een productgroep? Doe je het met de markt of laat je het aan de markt?

Projectniveau mét de markt: KPN heeft als doel gesteld om in 2025 'nagenoeg' circulair te zijn. Om dit te realiseren hanteert het telecombedrijf een ambitieuze aanpak circulair inkopen. Centraal staat het Circulair Manifest, dat KPN opstelde om haar ICT-leveranciers uit te nodigen onderdeel te worden van haar circulaire ambitie. Door het manifest te tekenen, onderschrijft een leverancier commitments om o.a. de milieu-impact van specifieke projecten in kaart te brengen, hierin minder primaire grondstoffen in toe te passen en de levensduur van toegepaste hardware te verlengen. Crux is dat KPN niet direct resultaat eist, maar de bereidheid van leveranciers om in concrete projecten samen circulaire oplossingen uit te testen en door te ontwikkelen. Zo wist het telecombedrijf samen met marktpartijen circulair productontwerp te verbeteren van modems, ontvangers en andere netwerkapparatuur.³⁴

³⁴ Zie voor meer informatie het [Circular Economy Lab 23: circulaire dataservers](#), waar Jeroen Cox van KPN deze casus presenteerde.

Assetniveau mét de markt: Alliander heeft als doel gesteld om in 2025 minimaal 60% van haar primaire assets circulair in te kopen. Een belangrijke tool die de netbeheerder hiervoor inzet is het grondstoffenpaspoort, dat ze bij haar belangrijkste leveranciers verplicht stelt. Dit doen ze per assetgroep, eerst de kabels, meters en vermogenstransformatoren. Nu staan ook de IT-componenten op de agenda. Via het grondstoffenpaspoort krijgt Alliander informatie van haar leveranciers over de aandelen recycleeft in geleverde producten en de herbruikbaarheid na afschrijving. Een voorbeeld van een samenwerking mét de markt is de *Fair Meter*, een digitale en circulaire gas- en elektrameter die Alliander en Stedin met producenten ontwikkelde. De netbeheerders spoorden als inkopende partij de productontwikkelaars aan om de meter steeds kleiner en meer modulair te maken, zonder verpakkingsmateriaal, met weinig conflictmineralen en met een grondstoffenpaspoort.

Assetniveau mét de markt: Radboud Universiteit heeft een keuze gemaakt voor circulair beheer van de dataservers in haar eigen datacenters. Dit lossen ze waar mogelijk en intern en waar nodig met externe leveranciers op. Zo heeft het Network Operation Center van Radboud besloten de minimale afschrijvingstermijn van alle datacenter apparatuur van 5 jaar te verlengen tot 7 jaar. Per afgeschreven set servers gaan ze vervolgens na óf en waar een server langer dienst kan doen; zo kan een gebruikte server opnieuw ingezet worden op een plek waar het minder belast wordt. Een hiervoor aangestelde hardware coördinator overziet deze levensduurverlenging. Als iets niet meer op productniveau herbruikbaar is, zoekt Radboud de samenwerking met lokale leveranciers zoals D-TWO die reparatie, refurbishment en externe herinzet verzorgen, en bovendien werken met mensen met afstand tot de arbeidsmarkt. Voor nieuwe aanbestedingen gaat de universiteit in gesprek met de markt: hebben we de hardware wel nodig, of kunnen we de benodigde functionaliteit ook 'virtueel' aanschaffen? Zo kunnen ze in samenspraak met leveranciers servercapaciteit snel opschalen of afschalen, zodat het actuele servergebruik telkens is afgestemd op de actuele vraag naar dataverkeer en opslag.

Projectniveau aan de markt: Schiphol kocht als één van de eerste bedrijven verlichting in als dienst (in plaats van lampen als product) en heeft recentelijk een nieuw project gestart. Ruim 3000 digitale informatieschermen zijn circulair ingekocht 'as a service'. Schiphol heeft de hele cyclus van de displays bij de leverancier uitbesteed, van levering tot installatie, onderhoud en terugname. Eigendom en verantwoordelijkheid blijft bij de leverancier. Service level agreements en contractafspraken met de leverancier zijn afgestemd op circulaire prestaties. De geselecteerde partij, de Nederlandse system integrator BIS|Econocom, rapport jaarlijks afgevoerde displays is gebeurd en hoe deze zijn verwerkt.³⁵ Schiphol geeft aan graag met een system integrator te werken, zodat ze merkonafhankelijk functionaliteiten kunnen toevoegen en uitbreiden.

Projectniveau aan de markt: Gemeente Amsterdam heeft meerdere aanbestedingen voor ICT in de markt gezet met circulaire aspecten. In een aanbesteding voor IT-netwerk vroeg de gemeente leveranciers om met refurbished oplossingen te komen. In een volgend project onderzoekt de gemeente of ze digitale werkplekken 'as-a-service' kunnen uitvragen om het eigendom van de hardware naar de leverancier te verplaatsen. Zo wordt de markt uitgedaagd met creatieve en circulaire oplossingen te komen om het aantal geleverde devices te verminderen, zonder dat de werkplekken van

³⁵ Zie voor meer informatie het [Circular Economy Lab 22: circulair inkopen van ICT](#), waar Lowi Vervoorn van Schiphol deze casus presenteerde.

de gemeente inboeten aan functionaliteit en kwaliteit.

Assetniveau aan de markt: Gemeente Almere stelde samen met de IT-afdeling een duurzaamheidsagenda op voor ICT, met een circulaire strategie per assetgroep. Een idee is om voor werkplekapparatuur elk jaar het ambitieniveau van de circulaire gunningscriteria te verhogen, waarbij de IT-afdeling van de gemeente samen met inkopers kijkt naar o.a. levensduur, herinzet en reductie van e-waste als onderwerpen waar ze de markt op willen uitdagen. Voor cloud diensten wordt overwogen om energielabels en energieprestaties op te vragen bij aanbieders. Als de duurzaamheidsagenda is vastgesteld, is circulariteit direct geborgd in de organisatie. Door te werken met de juiste selectie- en gunningscriteria blijft het initiatief bij de gemeente, maar ligt de oplossing bij de markt.

5. Gebruiks- en afdankingsfase: cijfers en uitdagingen

5.1 Hoeveel ICT-afval produceren we en wat gebeurt ermee?

TABEL 4: VOLUME ICT-HARDWARE IN STOCK EN AFGEDANKT				
	Volume in bezit en gebruik	Aantal producten in bezit en gebruik	Volume afgedankte apparatuur	Aantal afgedankte producten
ICT-hardware (cijfers 2018) 	622 kton	247 miljoen >14 producten p.p.	64 kton	39 miljoen per jaar
Dataservers (cijfers 2016) 	64,5 kton	4,3 miljoen	7,4 kton	500.000 per jaar

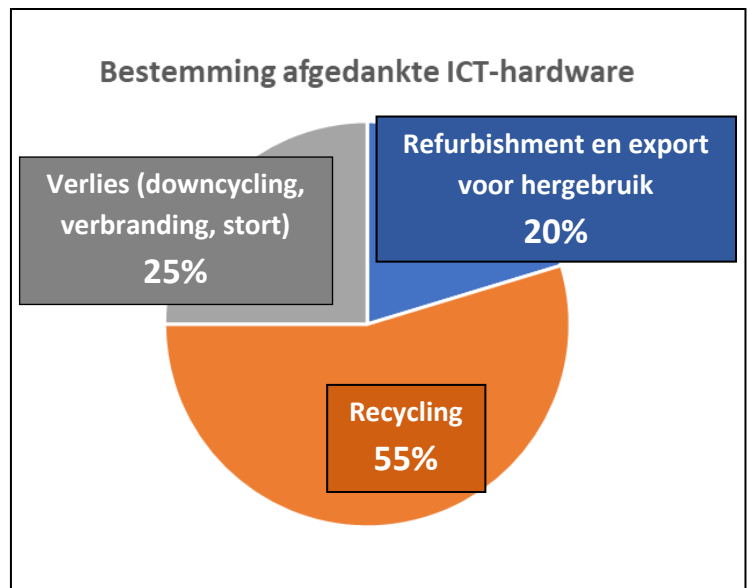
Studies op basis van cijfers uit 2016 (dataservers) en 2018 (voor ICT-hardware totaal) tonen de enorme omvang van de hardware consumptie in Nederland – zie tabel 4, en figuur 2 en 3.³⁶ We hebben samen gemiddeld meer dan 14 hardware-producten per persoon in huis (zakelijk en privé). We produceren samen bijna 5 volgeladen vrachtwagens met afgedankte hardware per dag. Alleen al de servers in onze datacenters wegen samen méér dan 9 Eiffeltorens op elkaar gestapeld.³⁷ Doordat computerchips steeds kleiner en lichter worden, neemt het opgetelde gewicht van ons ICT-bezit en ICT-afval jaarlijks langzaam af. De trend is echter dat we steeds méér producten bezitten en ook elk jaar weer méér ICT-apparatuur weggooien. Zo groeit de voorraad aan ICT-hardware in Nederland met ca. 5 miljoen producten per jaar, en gooien we elk jaar zo'n 860.000 ICT-producten méér weg dan het jaar ervoor.

³⁶ FFact, *Circulaire dataservers* (2018); Baldé et al. *The Dutch WEEE Flows 2020: What happened between 2010 and 2018?* (United Nations University, 2020); Final report - ProSUM project; <http://www.urbanmineplatform.eu/>

³⁷ Uitgaande van de groei van de Nederlandse data floor sinds 2016, waarmee we in 2020 op 6,32 miljoen geïnstalleerde dataservers in Nederland uitkomen.

Zo staat de ICT-keten in Nederland garant voor een continue en toenemende stroom aan afgeschreven ICT-hardware. Dit biedt kansen voor circulaire ondernemers, om hardware in te zamelen, te repareren of verbeteren en terug in de Nederlandse economie te brengen. Uitgaande van een voorraad van 247 miljoen ICT-producten in 2018, een jaarlijkse stijging van 5 miljoen producten en gemiddelde afschrijvingstermijn van 5 jaar, komen er vanaf 2021 ruim 50 miljoen ICT-producten per jaar vrij.

Wat gebeurt er momenteel met deze reststroom? Uit de meest recente studie naar de Nederlandse e-waste stromen blijkt dat ca. 20% van de vrijkomende ICT-hardware via tussenhandelaren wordt geëxporteerd voor refurbishment en/of producthergebruik.³⁸ De rest wordt verdwijnt via de e-waste stroom en wordt volgens de laagste treden van de R-ladder verwerkt (zie figuur 3).



Figuur 10: Schattingen op basis van cijfers uit 2018 (Baldé, 2020).

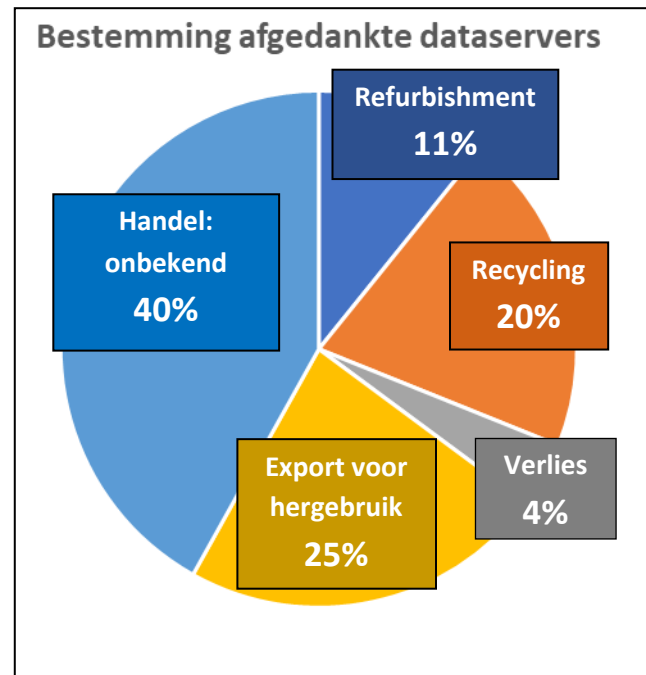
Om grip te krijgen op de transitie naar circulair ICT ontbreken een aantal belangrijke gegevens:

- Er is geen data beschikbaar over levensduurverlenging van ICT-hardware door reparatie binnen organisaties of via externe dienstverleners.
- Er is geen data beschikbaar over hoeveel afgeschreven apparatuur via refurbishers opnieuw wordt ingezet binnen hetzelfde bedrijf of binnen de nationale economie vóórdat de apparatuur in de exportstroom terecht komt. Het aandeel van 20% refurbishment en producthergebruik is gebaseerd op de registratie 'export voor hergebruik' in het Nationaal WEEE register.
- Ook geografische data is niet beschikbaar – waar komen de grootste stromen ICT-afval vandaan, en waar gaan ze naartoe? – en zou circulaire ondernemers en beleidsmakers helpen om meer afgedankte apparatuur beschikbaar te maken voor lokale circulaire verwerking.
- Er is geen data beschikbaar over behaalde recyclingpercentages van de kritieke grondstoffen in ICT-afval. De opgegeven recyclingpercentages zijn berekend op basis van gewicht, en betreffen o.a. het kunststof, koper en de edelmetalen. Kritieke grondstoffen zijn juist aanwezig in kleine hoeveelheden en in complexe legeringen (<2 gram voor een smartphone, <10 gram voor een laptop, <15 gram voor een server). Recyclingpercentages van de totale e-waste stroom laten zien dat zeldzame aardmetalen, gallium, germanium en andere kritieke grondstoffen nog niet of nauwelijks gerecycled worden. Om de leveringszekerheid van ICT-producten te verbeteren zou het helpen om de kritieke grondstoffen in specifiek deze productgroepen te kunnen volgen, op componentniveau en grondstofniveau.

³⁸ Baldé et al. *The Dutch WEEE Flows 2020: What happened between 2010 and 2018?* (United Nations University, 2020).

Dankzij de studie van FFact, *Circulaire Dataservers* (2018) hebben we een gedetailleerder beeld van de bestemming van afgedankte dataservers. Omdat de afgeschreven apparatuur waarde heeft, zowel gebruikswaarde als financiële waarde, zorgt de markt voor relatief weinig downcycling en verlies. De resultaten laten echter zien dat er voor een grote exportstroom geen zicht is op de uiteindelijke bestemming. Ca. 65% verdwijnt via de handel en export; daarvan weten we dat naar schatting 23% wordt geëxporteerd voor hergebruik (Baldé, 2020); en 2% wordt verwerkt door de oorspronkelijke eigenaar in een bedrijfsvestiging buiten Nederland. Blijft over maar liefst 40% van de afgedankte dataservers die uit het zicht raken. Ook hier is aanvullende data nodig om beter te kunnen sturen op een circulaire keten.

Eindgebruikers hebben meerdere opties om hun ICT-afvalstroom te reduceren. Uiteraard is circulair inkopen van ICT (hoofdstuk 4) een belangrijk startpunt, zodat aan de voorkant al nagedacht wordt over het verminderen van het aantal devices, het verlengen van de levensduur, refurbishment en producthergebruik na afdanking.



Figuur 11: Schattingen op basis van cijfers uit 2016 (FFact, 2018; Baldé, 2020).

Een laagdrempelige optie die je direct kunt toepassen, is om te vragen naar afvalcompensatie in de aanbesteding. Met afvalcompensatie zorgen circulaire dienstverleners ervoor dat voor elk nieuw ingekocht product e-waste ingezameld wordt op plekken waar dat anders niet gebeurt, bijvoorbeeld op stortplaatsen in West-Afrika. TCO Certified, het milieukeurmerk voor ICT-producten, heeft hier een speciaal certificaat voor opgesteld – TCO Certified Edge, E-waste Compensated – om de betrouwbaarheid van de afvalcompensatie te garanderen. Het eerste gecertificeerde bedrijf is het Nederlandse Closing the Loop, dat inkopende organisaties afvalcompensatie biedt voor ingekochte smartphones, tablets en laptops. SURF biedt een soortgelijke dienst voor dataservers, gericht op je eigen afvalstroom: als je via SURF servers inkoopt ben je verplicht om oude servers in te leveren (in ruil voor korting).

Een interessante optie voor grotere bedrijven, overheden en onderwijsinstellingen is om afgeschreven apparatuur uit de ene bedrijfsvestiging of -afdeling opnieuw in te zetten bij een andere afdeling binnen je eigen organisatie (eventueel na reparatie of refurbishment). Wat op de ene afdeling afgeschreven is, kan vaak nog prima ergens anders functioneel zijn. Zo kan je zelf, intern, vraag en aanbod van bruikbare hardware matchen en in één klap je nieuwe inkoop én je e-waste reduceren. Uit de interviews blijkt dat interne herinzet in de praktijk nog weinig gebeurt. Organisaties hebben vaak zelf de technische kennis of capaciteit niet om dit intern te organiseren en beoordelen, of lopen tegen de afstand aan tussen de afdeling inkoop en de afdeling afvoer (§4.2, drempel 2). Externe ICT-dienstverleners zouden hierop in kunnen springen.

Daarnaast kan je gebruik maken van de circulaire diensten voor terugname of 'take back' programma's die nagenoeg iedere grote hardware-producent aanbiedt. Producenten geven aan dat ze de terugname en hergebruik van afgeschreven hardware kunnen optimaliseren door zelf eigenaar te blijven van de

apparatuur (zie §3.2). Voor werkplekapparatuur betekent dit, dat je een digitale werkomgeving als dienst inkoopt. Voor dataverkeer (compute en storage) betekent dit, dat je virtualisatie doorvoert en geen dataservers maar clouddiensten inkoopt. Dit is een opkomende markt. Echter, zoals in §4.2 beschreven hebben eindgebruikers verschillende bezwaren tegen deze beweging van bezit naar gebruik in de ICT-keten.

Tot slot kan je afgedankte apparatuur laten verwerken door professionele refurbishers, die na reparatie of upgrades de hardware bij een volgende gebruiker een tweede leven geven. Een belangrijke overweging hierbij is of je, naast refurbishment van je eigen afgeschreven hardware, ook bereid bent zélf refurbished apparatuur in te kopen. Uit gesprekken met refurbishers blijkt dat het eerste steeds vaker gebeurt, waardoor het aanbod aan gebruikte apparatuur groeit, terwijl de marktvraag naar refurbished hardware in Nederland achterblijft. Hierdoor komt een belangrijk deel van de afgeschreven apparatuur alsnog in de exportstroom terecht en raakt uit zicht. Bovendien zorgt het slepen met hardware voor meer transportkilometers en dus meer milieu-impact.

Refurbishers van datacenter-hardware geven aan dat Nederlandse organisaties gebruikte servers en netwerkapparatuur vaak niet durven in te kopen. Bedrijven die wél (deels) gebruikte apparatuur inkopen, zijn hier vaak niet transparant over omdat ze intern verwachten wantrouwen te krijgen; terwijl de gebruikte apparatuur na een professionele upgrade functioneert als nieuw. Met andere woorden, het ontbreekt aan marktacceptatie, standaarden en goede referenties van organisaties die transparant willen zijn over hun ervaringen met refurbished dataservers.



6. Conclusies en aanbevelingen

Het bevorderen en versnellen van circulariteit in de ICT-keten is cruciaal om de groei van dataverkeer en digitalisering in de Nederlandse economie en samenleving haalbaar en duurzaam te maken. Een circulaire ICT-keten heeft drie doelen:

- (1) Het verbeteren van de leveringszekerheid van ICT-hardware, componenten en grondstoffen, in het licht van de fysieke schaarste van kritische grondstoffen en onze toenemende grondstofafhankelijkheid van een handjevol bronlanden.
- (2) Het verlagen van broeikasgasemissies en milieudruk in de ICT-keten, in het licht van de klimaatopgave en gegeven de grote CO₂-footprint van de ICT-keten – veroorzaakt door productie en gebruik van hardware – en de groeiende berg toxisch e-waste.
- (3) Een toekomstgerichte nationale en regionale economie; doel (1) en (2) zijn een randvoorwaarde voor een toekomstbestendige economie. Daar komt bij dat een circulaire ICT-keten kansen en werkgelegenheid biedt voor de Nederlandse ICT-sector, gegeven haar specifieke samenstelling met weinig grote producenten, veel kleinere ICT-dienstverleners, resellers, refurbishers en integrators; en veel gebruikte hardware om te onderhouden en refurbishen.

Centraal in circulair ICT staat waardebehoud van bestaande en al geproduceerde hardware. Strategieën die zorgen dat we *minder nieuwe* producten en grondstoffen nodig hebben om in onze ICT-behoeften te voorzien, hebben hierin prioriteit boven end-of-pipe oplossingen zoals recycling.

Marktpartijen waaronder grote producenten als Dell en HP, maar ook kleinere resellers en system integrators bieden een scala aan circulaire oplossingen, variërend van modulaire en repareerbare hardware tot terugname programma's of IT as a Service. Dit is momenteel een nichemarkt in Nederland ten opzichte van conventionele hardware-consumptie (elke 3-4 jaar je apparatuur vervangen door het nieuwste en het snelste). De achterblijvende circulaire marktvraag weerhoudt marktpartijen ervan méér te investeren in circulair ICT en op te schalen. Door circulaire producten en diensten voor ICT meer zichtbaarheid te geven, zowel bij toeleveranciers dieper in de keten als bij inkoopende organisaties en eindgebruikers, kunnen marktvraag en marktinvestering samen doorgroeien.

Circulair inkopen van ICT door bedrijven en overheden is daarmee één van de belangrijkste instrumenten om vanuit Nederland de transitie naar een circulaire ICT-keten te bevorderen en versnellen. Met een jaarlijks inkoopvolume van 43 miljoen ICT-producten kan Nederland impact maken in de keten. Met name de productiefase van hardware kost veel energie. De productie van alle kleine ICT-apparaten die Nederlanders jaarlijks inkopen (smartphones, tablets, laptops) heeft een CO₂-footprint die vergelijkbaar is met de totale CO₂-uitstoot in de gebouwde omgeving in de gemeente Amsterdam (2-3 Mton CO₂-eq). Door één desktop met monitor een jaar langer te gebruiken dan normaal, in plaats van een nieuwe te kopen, zorg je al voor 32 kg CO₂ besparing in de keten. Zou de sector in staat zijn om de standaard levensduur van alle in Nederland geïnstalleerde dataservers met één jaar te verlengen, dan zouden we ruim 630 kton CO₂-uitstoot vermijden.

Circulair ICT zorgt bovendien voor kostenreductie bij inkopende organisaties. Door levensduurverlenging van hardware kunnen inkopers een besparing van 20% of meer op de aanschafkosten realiseren. De keuze voor refurbished apparatuur levert inkopende organisaties in de regel 50% of meer kostenbesparing op, met dezelfde functionaliteit en garantievoorzieningen als bij nieuwe hardware.

Ook aan de afvalkant is veel impact te halen. We produceren in Nederland bijna 5 volgeladen vrachtwagens met afgedankte hardware per dag. Naar verwachting worden er de komende vijf jaar 40-50 miljoen ICT-producten per jaar afgeschreven. Studies laten zien dat deze afgedankte – maar vaak nog waardevolle – producten voor slechts 20% op productniveau worden hergebruikt. De rest wordt gerecycled of verloren via downcycling, verbranding of stort.

De kansen om hier impact te behalen worden nog onvoldoende benut. Initiatiefnemers die aan de slag willen met circulair inkopen van ICT ondervinden meerdere drempels. Intern zijn er zijn veel verschillende afdelingen betrokken bij het definiëren van de vraag, zoals de inkoopafdeling, finance en business controllers en de IT-afdeling. De focus van veel IT'ers op technische specificaties in combinatie met een risicomijdende praktijk zorgt ervoor dat circulariteit buiten beeld raakt. Waar circulaire criteria wél worden toegepast, geven veel organisaties een eigen draai eraan waardoor de circulaire marktvraag versnipperd raakt en er geen vraagbundeling richting leveranciers en producenten ontstaat. Ook de verschuiving van bezit naar gebruik (IT as a Service, door de markt omarmd) kan op weerstand rekenen onder eindgebruikers.

Tegen deze achtergrond zijn er een aantal koplopers die succesvol stappen hebben gezet om circulair inkopen van ICT in de praktijk te brengen, waaronder KPN en Schiphol en publieke organisaties zoals de gemeente Amsterdam en de gemeente Almere. Het is belangrijk om deze voorbeelden en ervaringen breder te delen.

Organisaties die met circulair inkopen van ICT aan de slag willen, kunnen gebruik maken van bestaande MVI-criteria en andere inkooptools. De genoemde drempels zijn echter sectorspecifiek; bestaande hulpmiddelen geven hier niet direct een oplossing voor. Er is daarom behoefte aan een concreet stappenplan en afwegingskader om in de eigen organisatie vooruit te komen en wegwijs te worden in het aanbod aan circulair ICT.

Deze analyse van de keten voor ICT-hardware laat zien dat er veel kansen zijn om op korte termijn te versnellen richting een circulaire ICT-keten. Er hoeven geen nieuwe technische innovaties gedaan te worden om vooruit te komen; het marktaanbod is er en het Nederlandse bedrijfsleven – met haar gespecialiseerde ICT-dienstverlening en circulaire ondernemers – bezit de know-how en capaciteit om circulair ICT mogelijk te maken. Hiervoor moet allereerst de marktvraag groeien. Dat is deels een verantwoordelijkheid van inkopende organisaties en deels van de producenten en leveranciers. Uit deze analyse volgen drie concrete aanbevelingen.

Aanbevelingen

1. **Ontwikkel een laagdrempelige handreiking voor inkopende organisaties**, om met circulair inkopen van ICT aan de slag te gaan. Zo'n handreiking heeft als overkoepelend doel om inkopende organisaties te helpen bij het definiëren van een eigen circulaire-ICT vraag, op zo'n manier dat er draagvlak voor ontstaat in de organisatie. Hiervoor zijn twee dingen nodig. Ten eerste hebben initiatiefnemers bij een inkopende organisatie baat bij een stappenplan om de betrokken afdelingen mee te nemen en intern de acceptatie van circulair ICT te bevorderen, rekening houdend met de genoemde interne drempels. Ten tweede zou een afwegingskader helpen om de verschillende circulaire strategieën te duiden, een keuze te maken, en wegwijs te worden in het aanbod.

Het is belangrijk om een dergelijke handreiking af te stemmen met de nationale buyer group duurzaam ICT van PIANOo, om te borgen dat de aanpak en indicatoren voor het bepalen van circulair ICT niet per organisatie verschilt en er een eenduidige marktvraag ontstaat.

2. **Vergroot de zichtbaarheid van (i) de milieu-impact van ICT, (ii) de kansen voor CO₂-reductie én kostenbesparing, en (iii) het huidige aanbod aan circulaire ICT-producten en diensten.** Hier zijn producenten en leveranciers aan zet; maar ook overheden en media kunnen helpen om consumenten en bedrijven te informeren. Het is belangrijk om communicatie over het belang en de mogelijkheden van circulair ICT af te stemmen op de doelgroep. Opties zijn:
 - a. Verkennen of producenten bereid zijn een deel van hun reclamebudgetten te reserveren om klanten te informeren over duurzaam en circulair ICT.
 - b. In samenwerking met gemeentes en voorlichtingsorganisaties een bewustwordingscampagne 'duurzaam en circulair IT' voor consumenten opzetten.
 - c. Via vaktijdschriften met specials over circulair ICT professionals in de branche informeren, waaronder medewerkers van IT-afdelingen bij inkopende organisaties.
 - d. Een vierde aanbeveling is om in samenwerking met marktpartijen een circulaire producten- en dienstencatalogus te maken (naar het voorbeeld van de [circulaire productencatalogus voor de bouw](#) van Cirkelstad). Zo'n catalogus geeft professionals aan de inkoopkant (IT'ers en inkopers) inzicht in circulaire alternatieven, met per product informatie over de leverancier, over het product en over de circulaire eigenschappen zoals schaduwkosten en levensduur.

3. **Monitoren van waardebehoud en levensduurverlenging van ICT-hardware door eindgebruikers.** Via het Nationaal WEEE Register wordt de hoeveelheden en bestemming van afgedankte hardware steeds beter geregistreerd. Wat ontbreekt om goed te sturen op een circulaire ICT-keten is dataregistratie en -ontsluiting over waardebehoud: voor hoeveel apparatuur wordt door reparatie en upgrades de standaard afschrijvingstermijn verlengd, hoeveel jaar levensduurverlenging levert dit op en hoe verandert het kostenplaatje? Wat is de trend in reparatie en onderhoud van hardware? Hoeveel interne herinzet van afgeschreven hardware – binnen organisaties – weten eindgebruikers te realiseren?

In het kader van het nationale *Werkprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie* gaat het Planbureau voor de Leefomgeving pilots coördineren met het toepassen van indicatoren voor waardebehoud en leveringsrisico's in verschillende productgroepen. Een samenwerking op dit onderwerp met de ICT-sector zou de transitie naar een circulaire ICT keten helpen te versnellen.

Bijlage 1: overzicht van geïnterviewde organisaties

1. KPN	14. Rijkswaterstaat
2. Dell	15. Copper8
3. Green IT	16. HPE
4. NLdigital	17. IBM
5. Schiphol	18. Microsoft
6. Gemeente Amsterdam	19. UvA/HvA
7. Alliander	20. NEN
8. Gemeente Almere	21. Radboud Universiteit
9. Riab Telematics	22. Iron Mountain
10. Aliter Networks	23. NorthC Datacenters
11. Cenex	24. HP Inc.
12. Gemeente Almere	25. Gemeente Haarlem
13. Closing the Loop	26. SURF