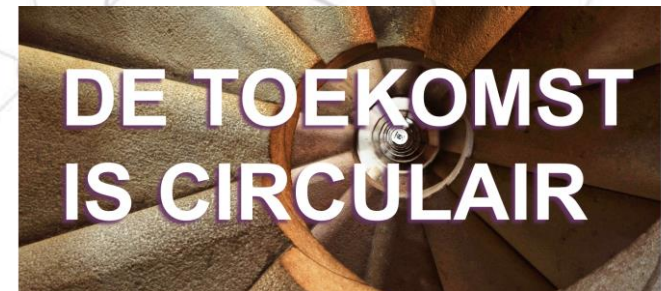


Future proof Photovoltaic (PV) Solar Systems - towards a sustainable and circular PV solar network



Dr. Yvonne van Lith y.vanlith@fontys.nl
Fontys Expertisecentrum Circulaire Transitie, Eindhoven
Fontys Hogeschool Toegepaste Natuurwetenschappen



PV markt en geïnstalleerd vermogen in EU groeit en blijft groeien

FIGURE 1.6 EU28 ANNUAL SOLAR PV MARKET SCENARIOS 2020 - 2023

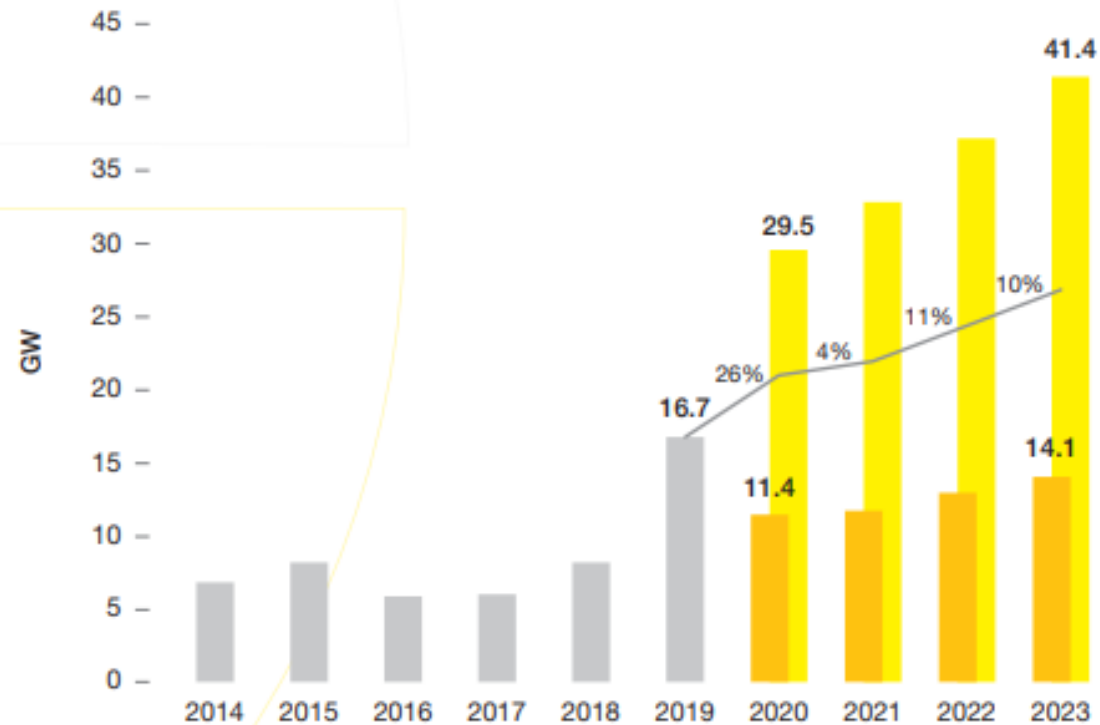
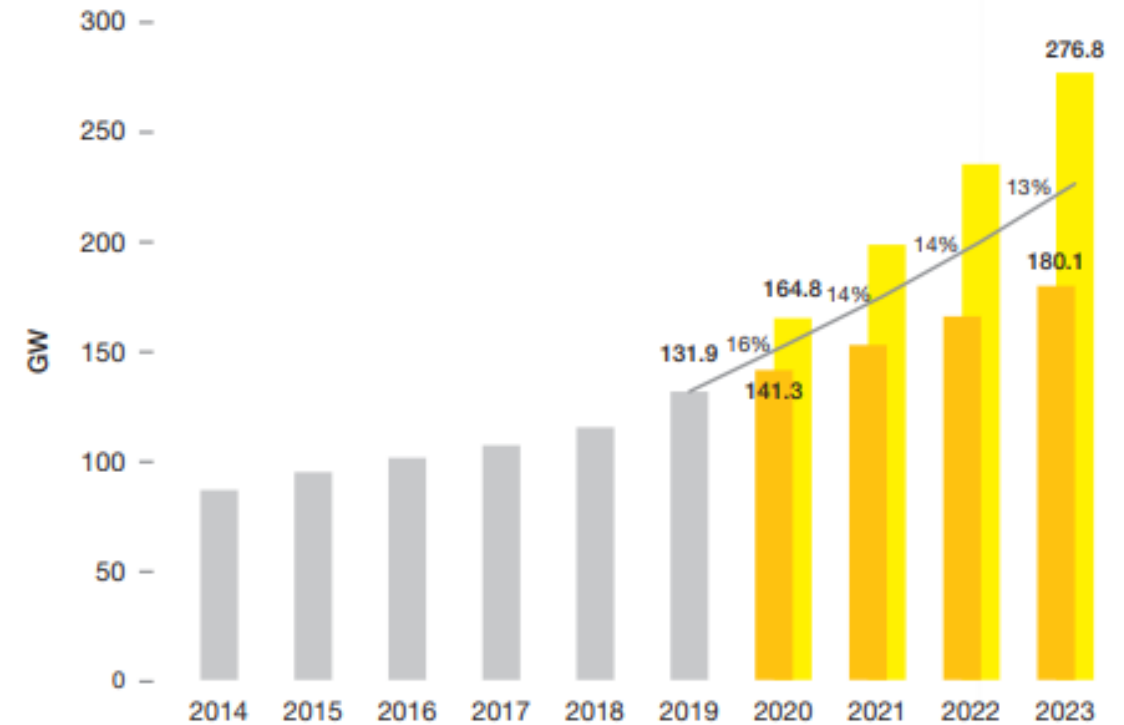


FIGURE 1.7 EU28 TOTAL SOLAR PV MARKET SCENARIOS 2020 - 2023



Historical data
 Low Scenario
 High Scenario
 Medium Scenario



Het geïnstalleerde vermogen aan zonnepanelen in Nederland blijft toenemen

FIGURE 1.2 EU28 ANNUAL SOLAR PV INSTALLED CAPACITY 2000 - 2019

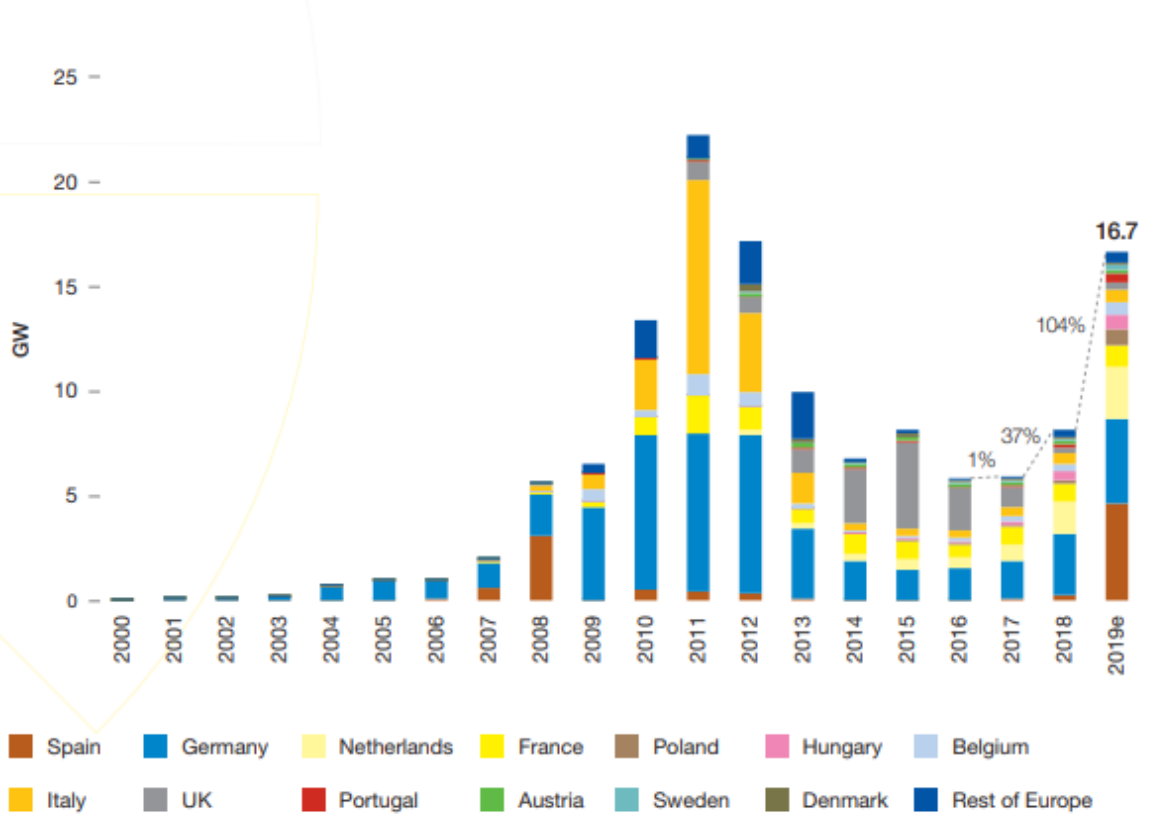
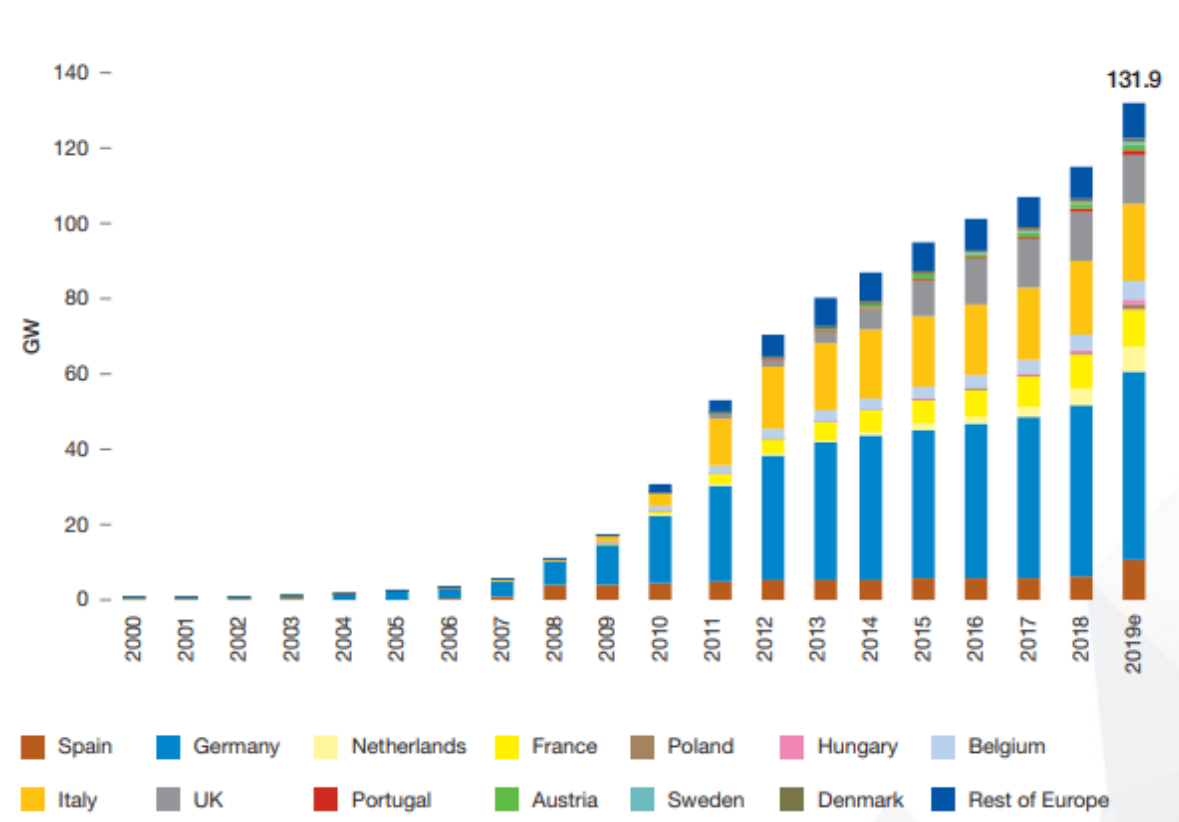


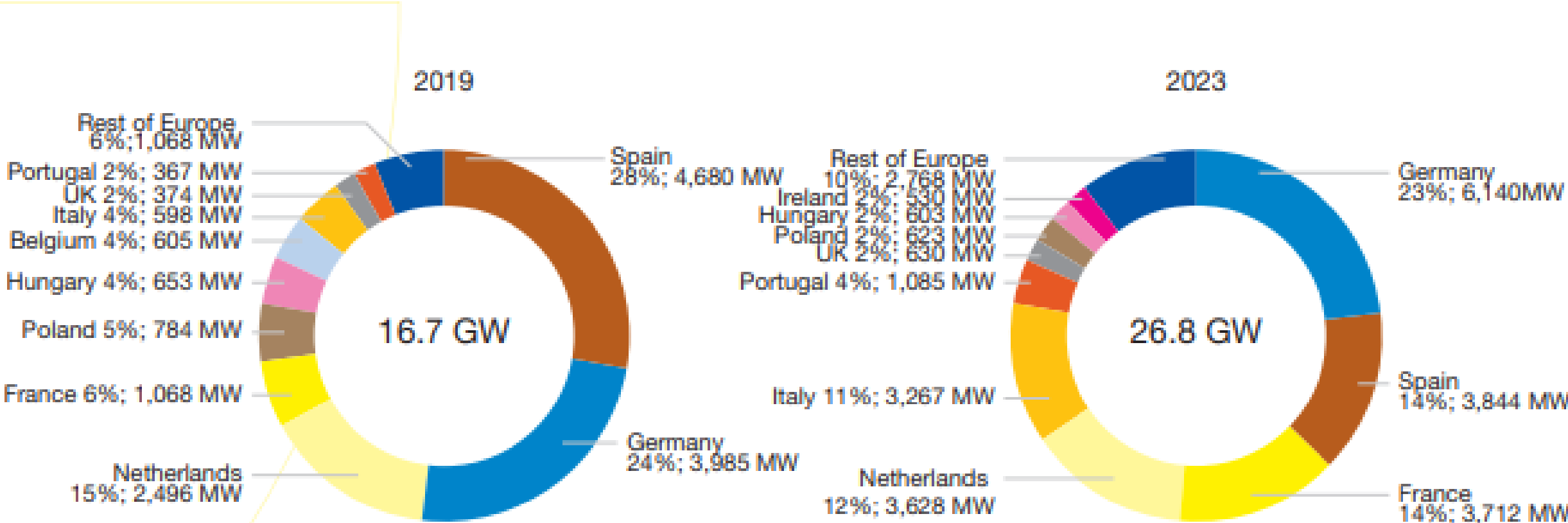
FIGURE 1.4 EU28 TOTAL SOLAR PV INSTALLED CAPACITY 2000 - 2019



In 2019: meer nieuw geïnstalleerd vermogen PV dan alle andere energie technologieën in 2019

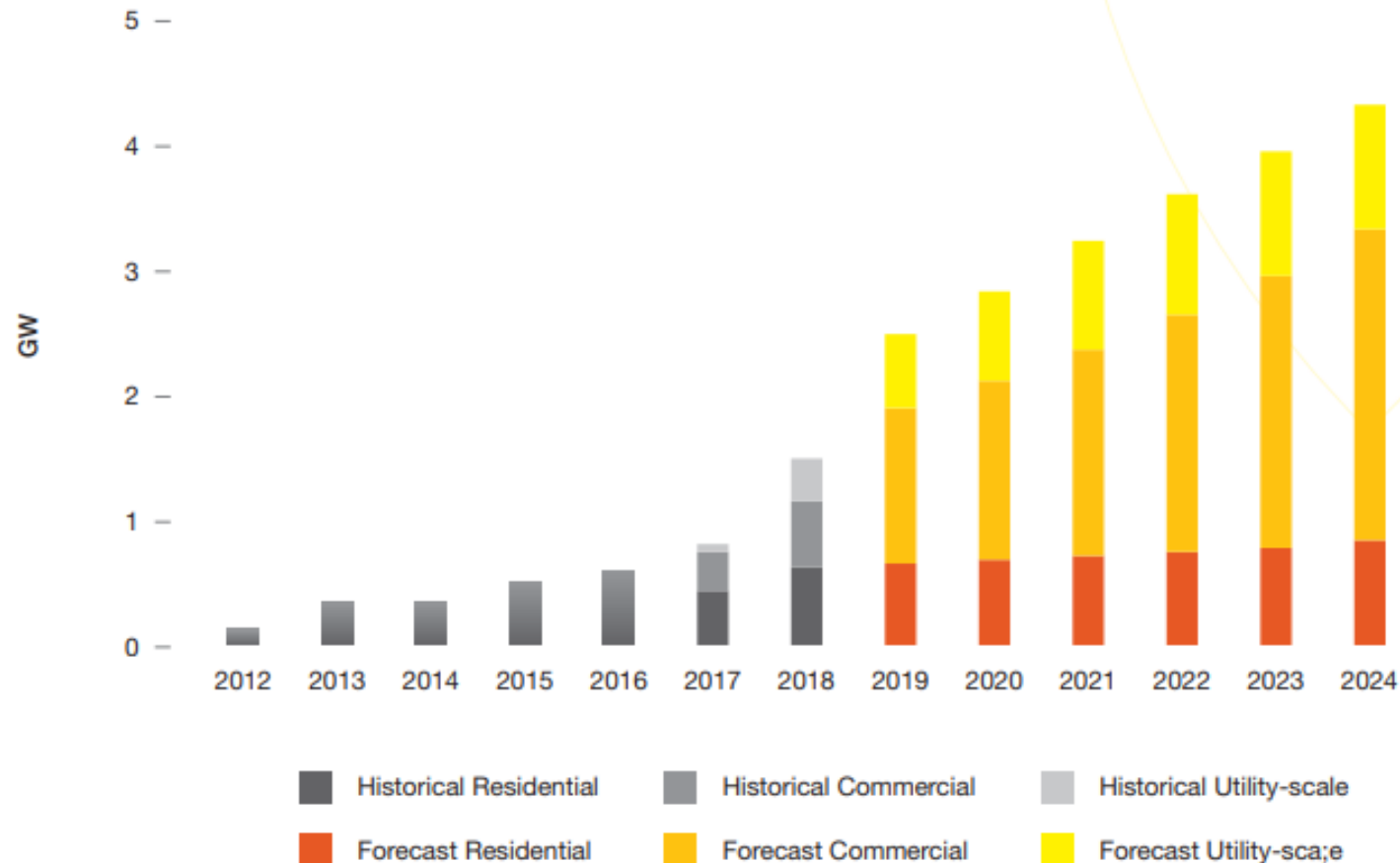
Het geïnstalleerde vermogen in NL behoort tot top 10 EU Zon PV markten in 2019 en in 2023 (prognose)

FIGURE 1.10 CAPACITY ADDITIONS AND SHARES OF TOP 10 EU28 SOLAR PV MARKETS IN 2019 AND 2023



Zon op dak voor huishoudens, zon op dak commercieel en zonnevelden groeien alle drie

FIGURE 3.4 NETHERLANDS SOLAR PV MARKET SCENARIOS 2019 - 2024, BY HOLLAND SOLAR



De markt voor zon op dak voor huishoudens groeit gestaag en lijkt te gaan stabiliseren rond 800 MW per jaar

Klein maar belangrijk marktsegment

Verhoogt bewustzijn en betrokkenheid bij energietransitie

Draagt bij aan acceptatie van consequenties van wind en zonne-energie aan energie mix



SOLAR IS A LEADING SUSTAINABLE SOLUTION TO DRIVE THE ENERGY TRANSITION

Duurzame (low-carbon) energietransitie gedreven door klimaatverandering

Doelstellingen om de emissie van broeikasgassen terug te dringen en temperatuurstijging te beperken tot 2°C

Hernieuwbare energiebronnen en verhogen energie-efficiëntie (én besparing!)



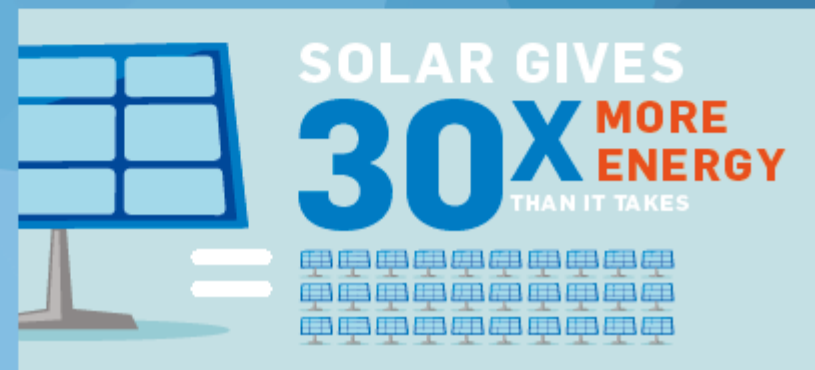
1.



2.



3.



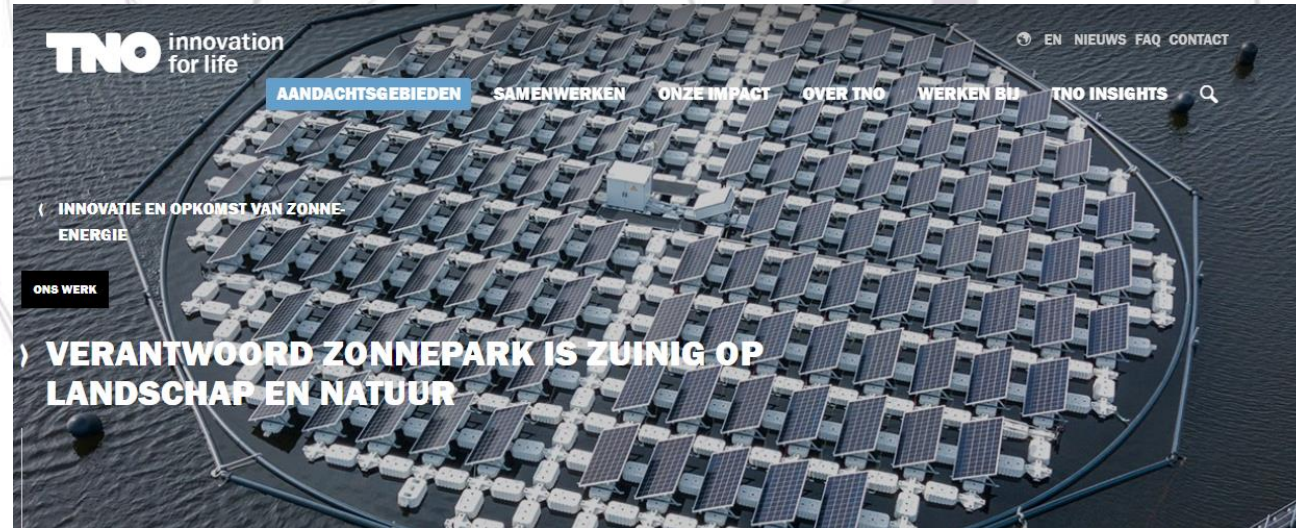
Energietransitie; zorg voor milieu, economie én duurzame toekomst

Technische én beleidsinnovaties (carbon pricing, emissions trading)

Sociale dimensie:

- Energie gelijkheid, toegankelijk en betaalbaar voor iedereen
- Stakeholder participatie, buurt- en gemeenschapsinitiatieven

Ethische aspecten

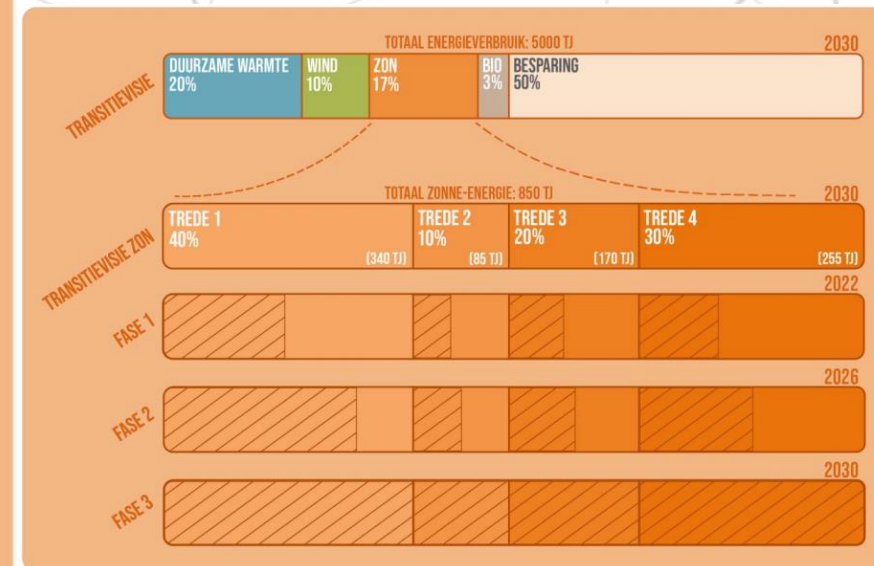


Zonneladder voor inpassing van zonne-energie

Een zonneladder geeft prioriteitsvolgorde voor realisatie zonnevelden

Zon op dak/gevel bovenaan, onbenut terrein in bebouwd gebied, landelijk gebied onderaan

Zoeken naar functie combinaties; RWZI, vuilnisbelt, berm van spoor- en autowegen





ABUNDANT MATERIALS & TECHNOLOGICAL PROGRESS IN THE SOLAR INDUSTRY ENSURE A SUSTAINABLE FUTURE

PV heeft serviceduur van ca. 25 jaar

PV bevat kritieke grondstoffen

Afvalstroom groeit en vraagt om goed opgezet inzameling- en recycling managementsysteem

Waardevolle grondstoffen terugwinnen en hergebruiken waardoor vraag naar primaire grondstoffen verlaagt

Recycling kan milieuimpact verlagen



1.

CONCRETE	1%
STEEL	3%
PLASTIC	2%
GLASS	59%
AL ALUMINIUM	13%
CU COPPER	20%

MATERIALS NEEDED TO PRODUCE SOLAR ARE ABUNDANT

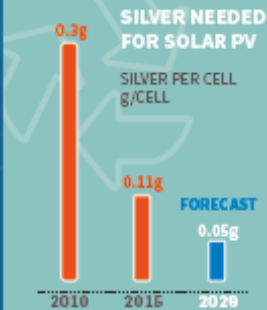
We could power the world with solar by 2050 without material scarcity.



FIGURE: Commodity material availability for meeting 100% global electricity demand in 2050 with solar. SOURCE: Jean et al., 2015.

COMMODITY SHARE NEEDED FOR 100% GLOBAL SOLAR SCENARIO

2.



SOLAR IS LESS & LESS RELIANT ON RARE & CRITICAL RAW MATERIALS

REPLACED REDUCED RECYCLED

FIGURE: Silver amount per cell, historical data and forecast 2020-2029. SOURCE: ITRPV, 2019.

3.

SOLAR IS CONSTANTLY IMPROVING MATERIAL & MANUFACTURING EFFICIENCY

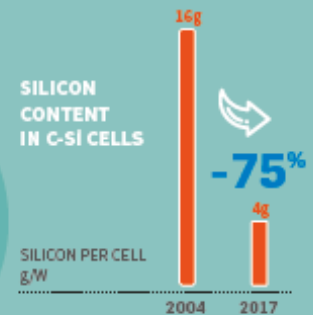
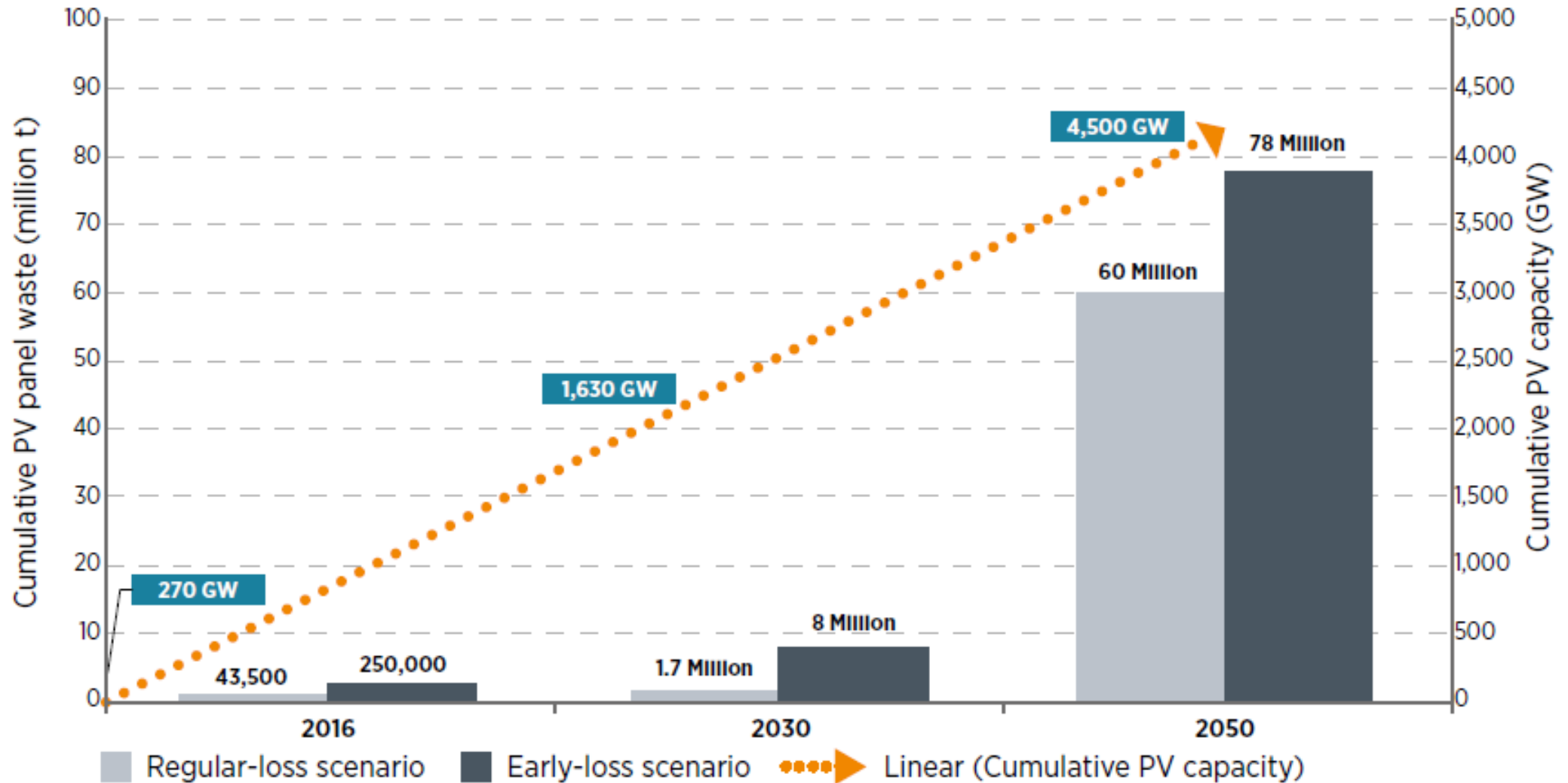


FIGURE: Silicon content in C-Si cells, g/W. SOURCE: Fraunhofer ISE, 2013.

Prognose van PV zonnepanelen afval tot 2050

Overview of global PV panel waste projections, 2016-2050



Schaarste en andere grondstoffen risico's ?

HH Index.

0 = weinig markt dominantie in toeleveringsketen. 10.000 = monopoly in hele toeleveringsketen.

Geopolitieke en milieurisico's toevoegen en

“Embodied energy of production”

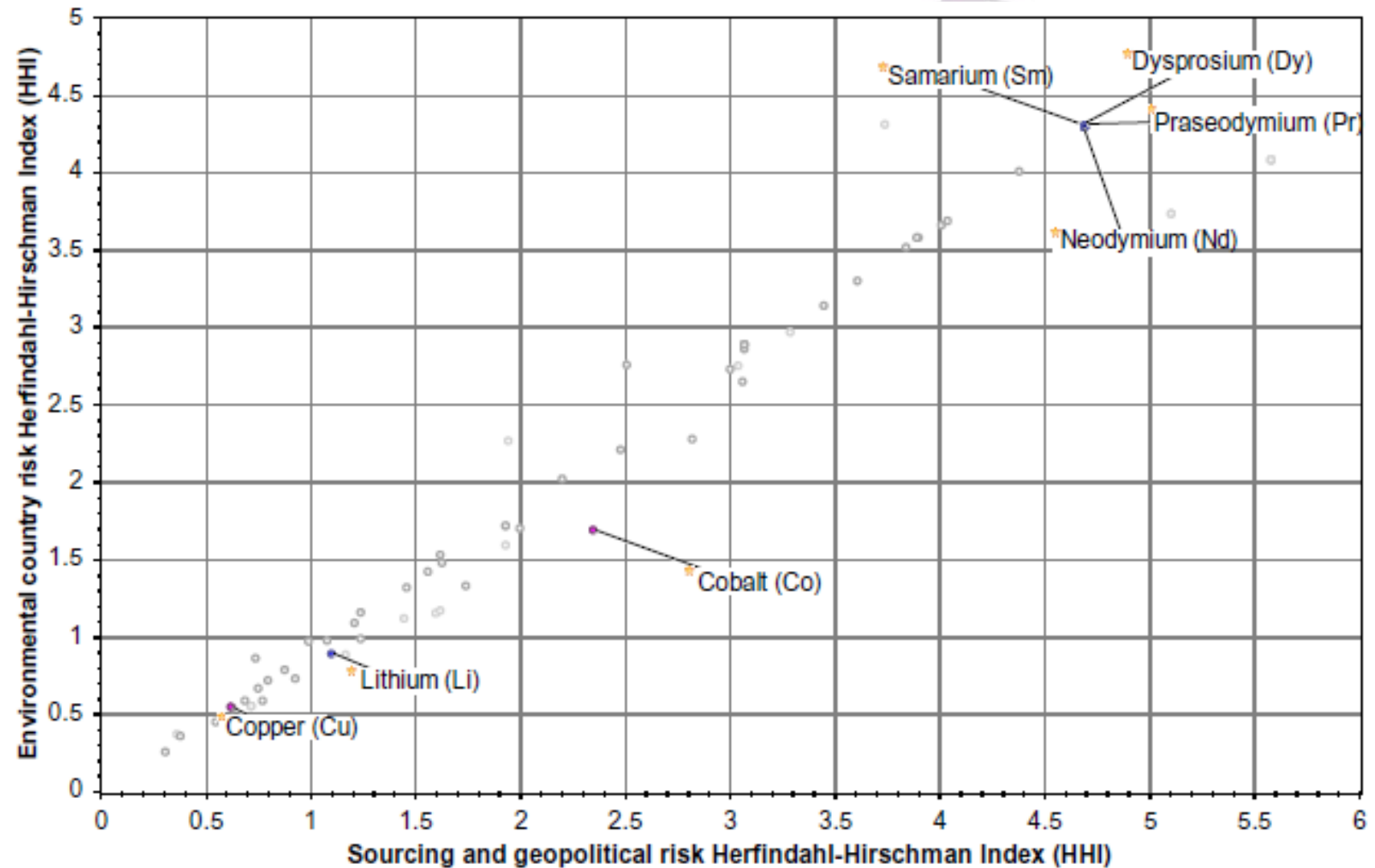


FIG. 12.2

Modified HHI indexes for the commercially produced elements in the periodic table highlighting those used in hybrid/electric vehicles, reflecting sociopolitical and environmental governance risks associated with production.

Energietransitie en Circulaire economie raken elkaar: Circulaire transitie

ET en CE zorg: voor het milieu, economie en streven naar duurzame toekomst

ET: naar duurzaam energiesysteem met diverse, low-carbon grondstoffen

CE: optimaal gebruik van grondstoffen door producten en diensten in een levenscyclus te houden en afval te elimineren

Kijk ook naar *non-energy use* van fossiele brandstoffen (als grondstof voor het produceren van plastics, farmaceutische producten en kunstmest). Fossiel is een grondstof voor heel veel niet-biobased producten, dus ook PV !!

Schatting: CE inspanningen kunnen wereldwijde energie extractie met 12,7% verlagen

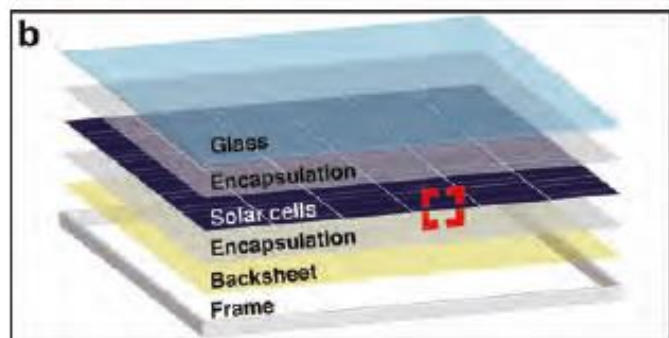
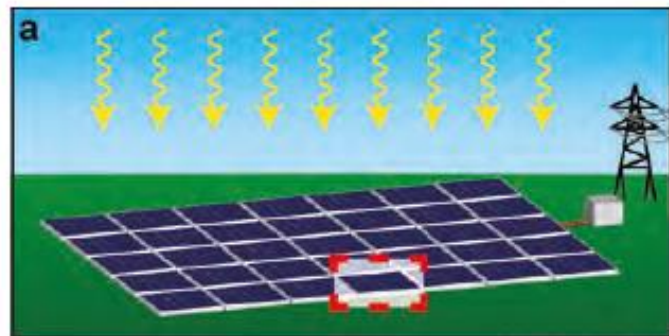


Carbon accounting; emissies berekenen van productie en consumptie
Material flows (koolstof inhoud) in elk materiaal en levenscyclus van het materiaal

PV zonnecellen – soorten en maten

Zonnecellen kunnen naast silicium ook zilver, koper, zink, lood, cadmium, chroom, bismut, indium, gallium, selenium en tellurium bevatten.

Figure 2.1 Solar PV Energy Conversion



(a) Illustration of grid-connected PV system

(b) Breakout view of PV module

(c) Cross section of silicon solar cell showing PV mechanism

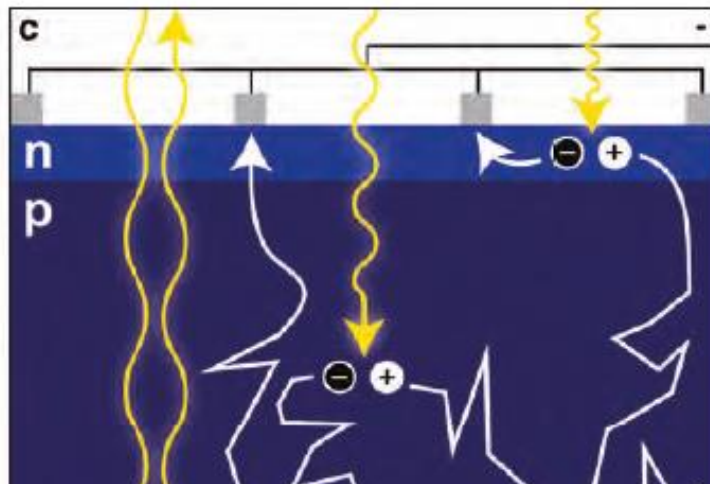
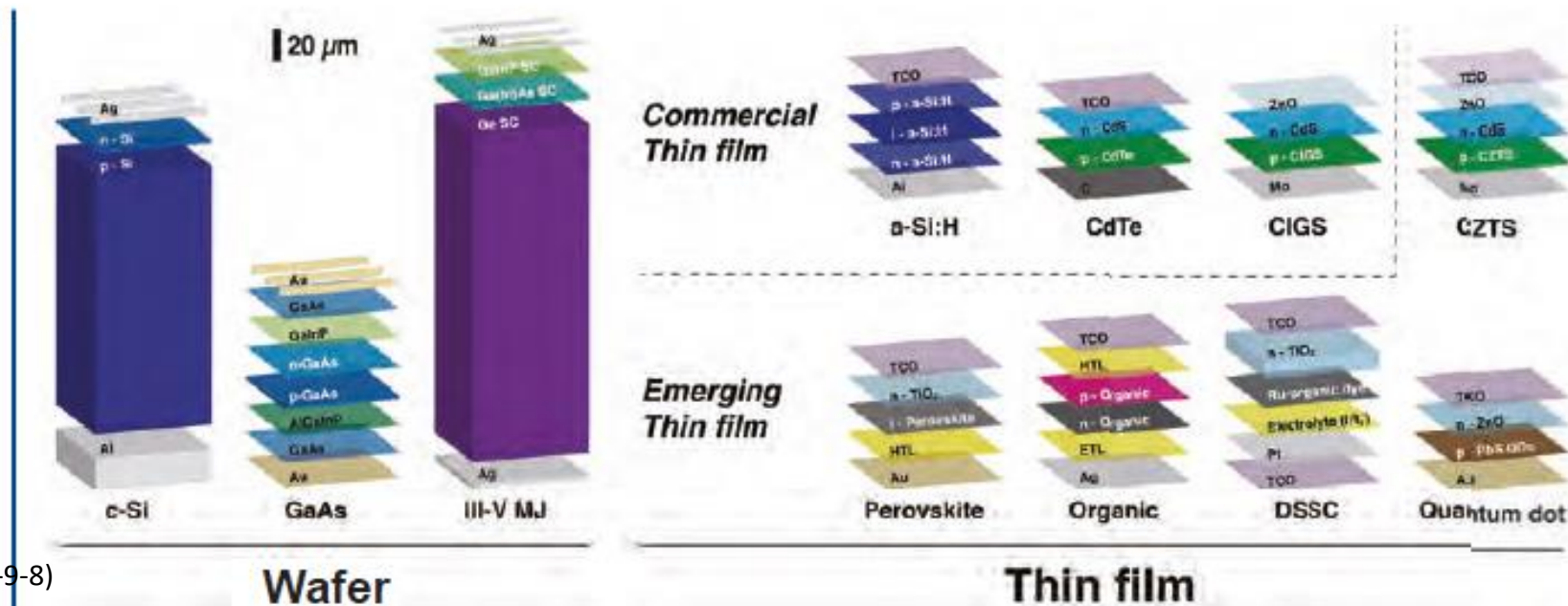


Figure 2.2 Current Solar PV Device Structures



PV zonnecellen – materiaal samenstelling

Samenstelling Si-paneel

Kritieke stoffen

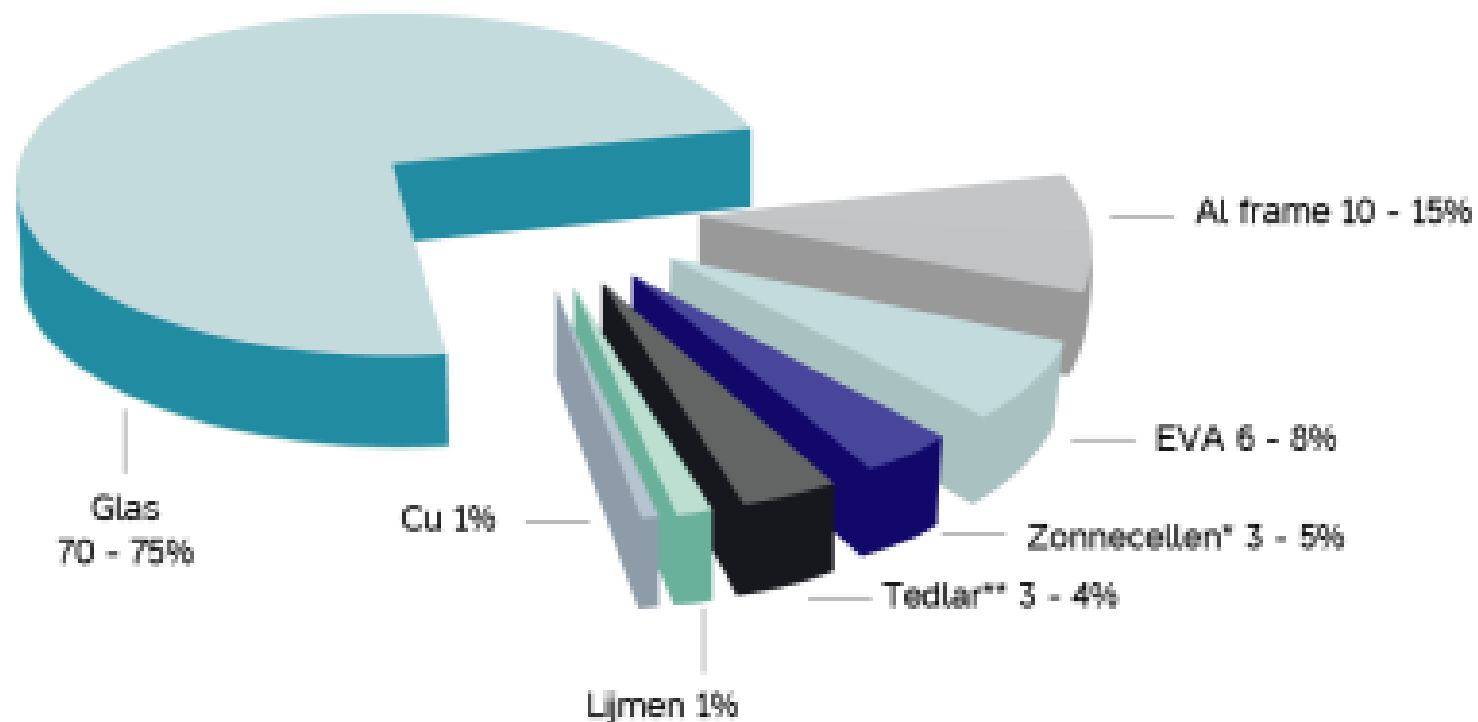


Figuur 7 – Overzicht kritieke stoffen

Toxische stoffen



Figuur 8 – Overzicht toxische stoffen



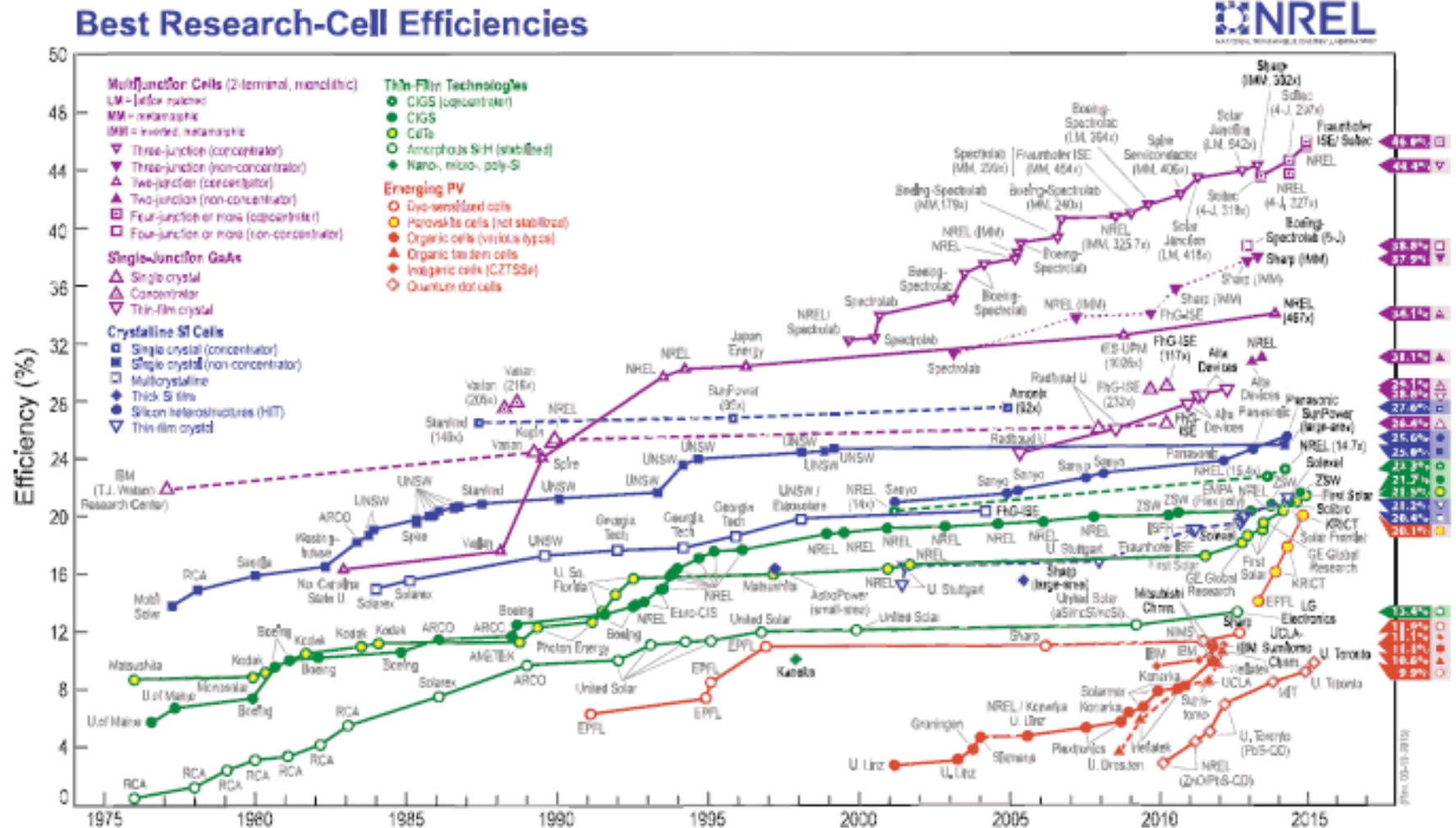
* incl. ZZS lood ** incl. ZZS PFAS

Vooruitzichten in prestatie verbetering van PV zonnecellen

3 Technische trends:

- Efficiëntie verbetering
- Minder materiaal gebruik
- Minder complexiteit in productieproces

Figure 2.3 Trends in Record Lab-Cell Power Conversion Efficiencies⁷



State of the art recycling technologie

Na 25 tot 30 jaar: 82,5 % van de initiële energieproductie
Economische afschrijving al eerder dan 25 jaar

EU: WEEE wetgeving gebaseerd op extended producer responsibility. Opzetten en financieren van inzameling en recycling is verplicht.

Stichting OPEN: WEEELABEX/CENELEC en NEN-normen Inzameling, logistiek en verwerkingseisen. Gelijk speelveld voor verwerking e-waste in EU.

Stichting ZRN

Doelen: inzamelen van 65% van alle PV modules voor ontmanteling en 85% of meer terugwinnen van glas, aluminium en halfgeleider materialen.

Paneel als grondstoffenbank

Huidige verwerking in verwerkingsfabriek heeft recycle percentage van >90%

Frankrijk, België, Duitsland

ReSi-Norm project Fraunhofer: Recycling standaardiseren en verbeteren.

Waardevolle materialen volledig terugvoeren als secundaire grondstoffen

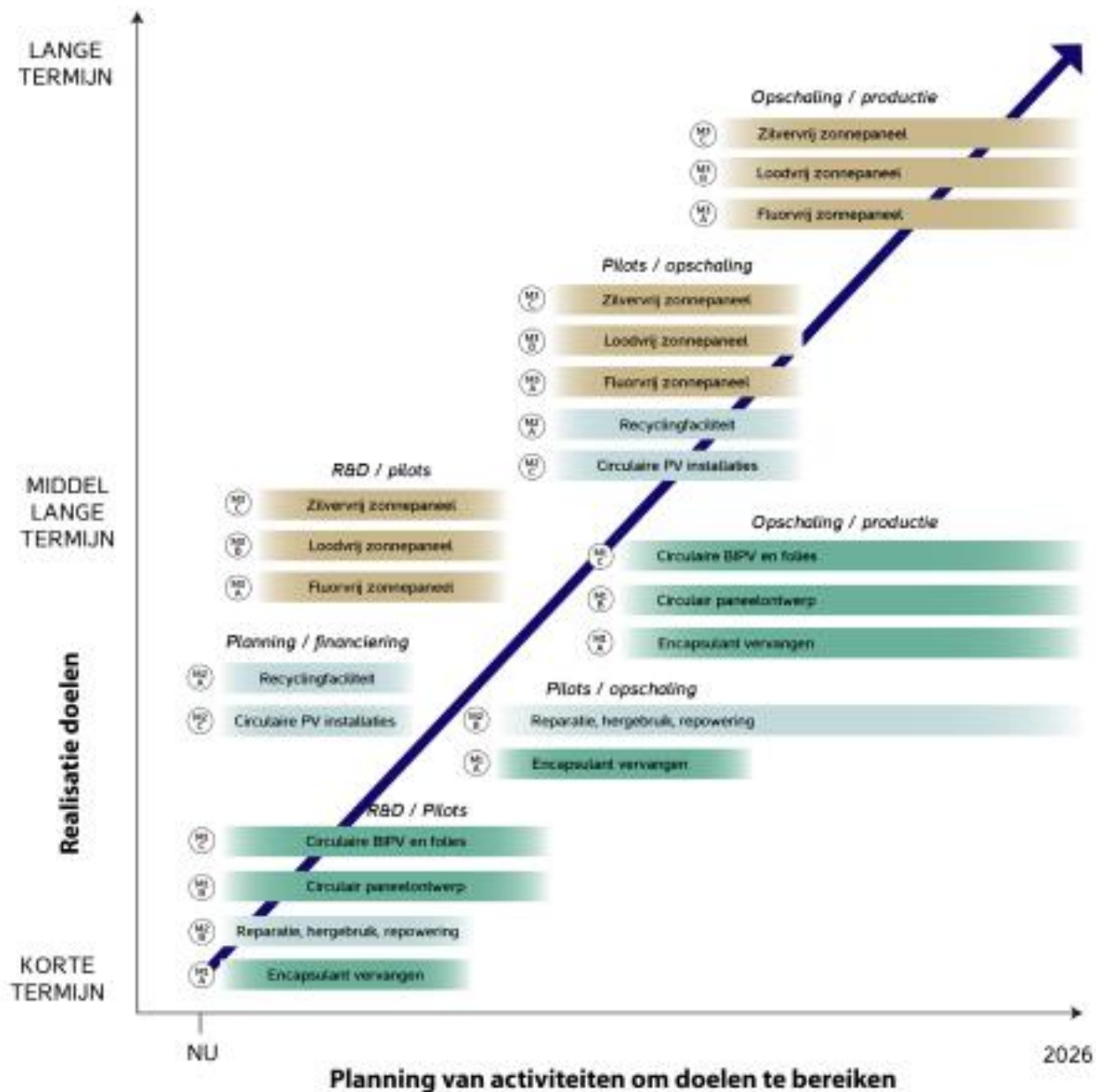


Figuur 1 Het basis recycle proces van zonnepanelen <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2017/10/the-opportunities-of-solar-panel-recycling>

M2i rapport: Roadmap en actieplan

Roadmap: Materiaal- en technologieuitdagingen voor circulaire PV

Figuur 9



Toekomstbestendig = PV zon systemen langer in waarde behouden

Recycling is laatste stadium om kringlopen te sluiten

Kan de levensduur verlengd worden door onderhoud, beschermende folie, vroegtijdige signalering van defecten, door reparatie?

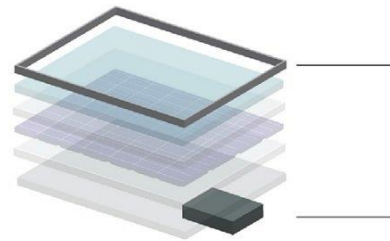
Panelen met verminderde prestatie toepassen in andere sectoren?

Ontmanteling, refurbishment en remanufacturing mogelijk?

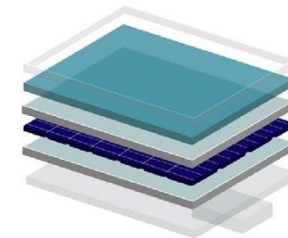
Wie en wat is nodig om PV modules langer in waarde te behouden?

Technisch, sociaal en economisch perspectief
nieuwe netwerken en businessmodellen

Hergebruik & reparatie

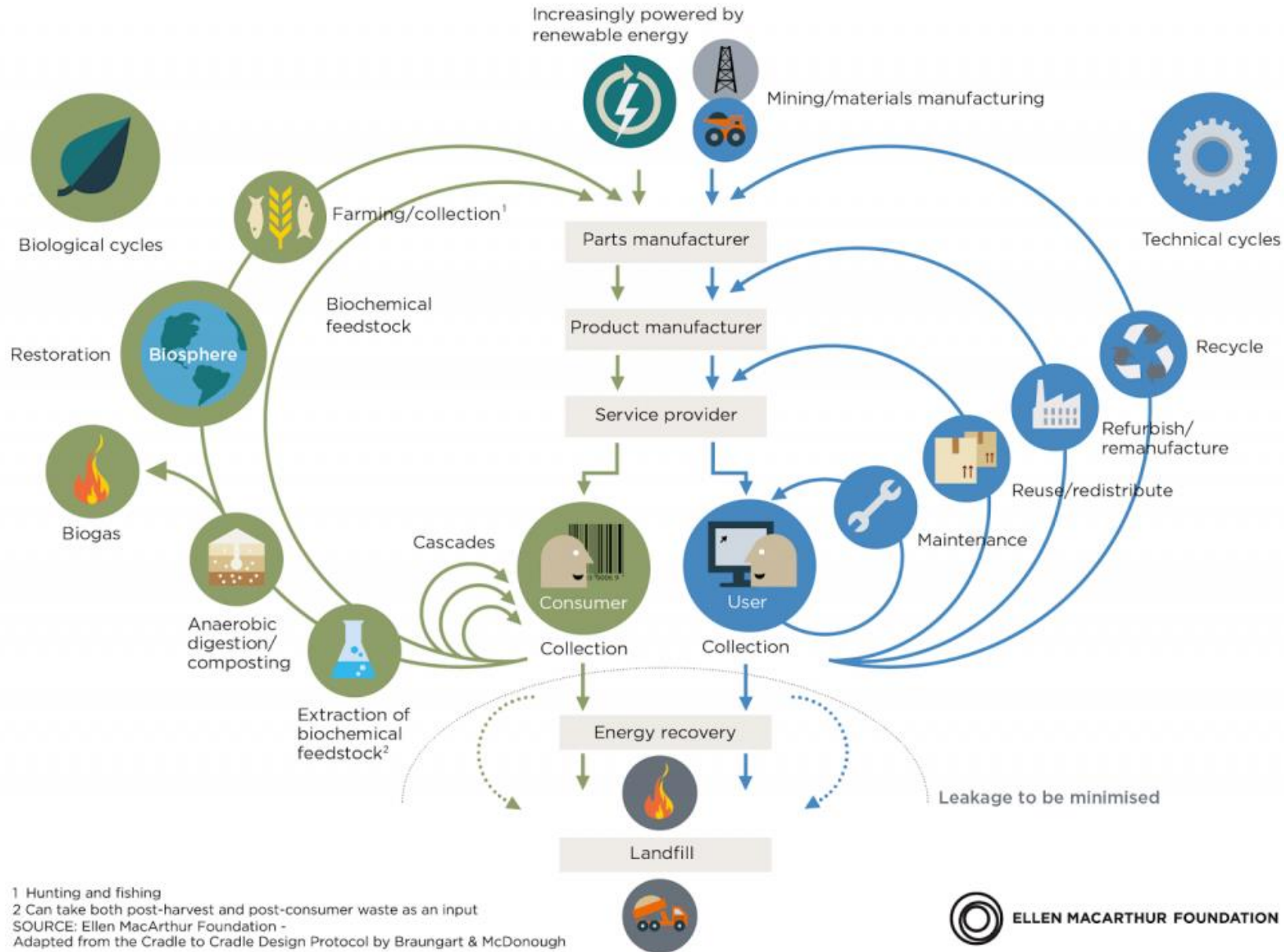


- Frame
- Connectoren en omvormer
- Kabels



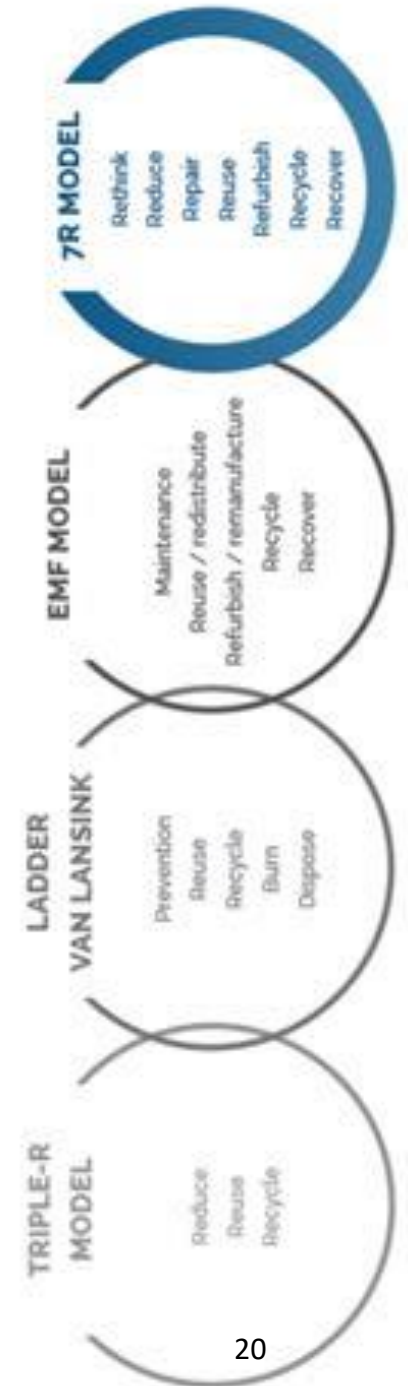
- Glasplaten
- Zonnecellen
- Lijmfolie en backsheet





1 Hunting and fishing
 2 Can take both post-harvest and post-consumer waste as an input
 SOURCE: Ellen MacArthur Foundation -
 Adapted from the Cradle to Cradle Design Protocol by Braungart & McDonough

R-strategieën.



De hele keten van een PV systeem en meer



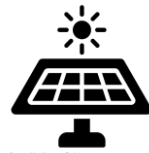
Created by Meak from Noun Project



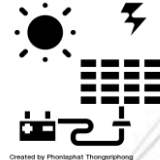
Created by Meak from Noun Project



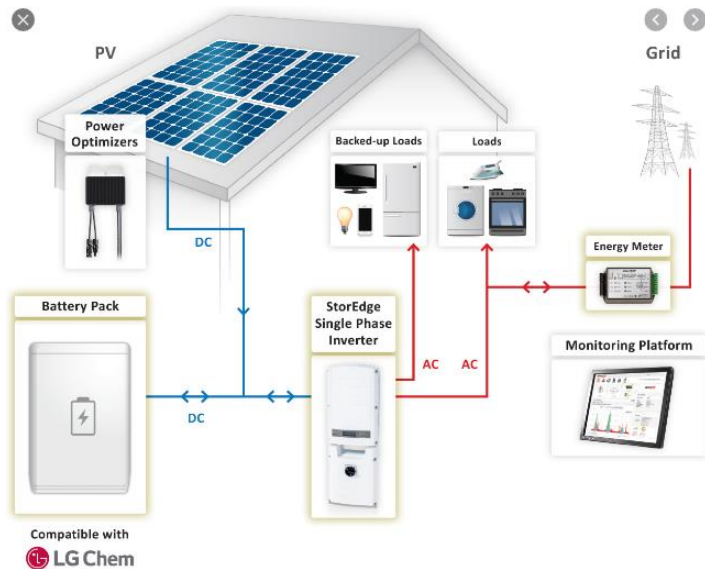
Created by Gregor Cremer from Noun Project



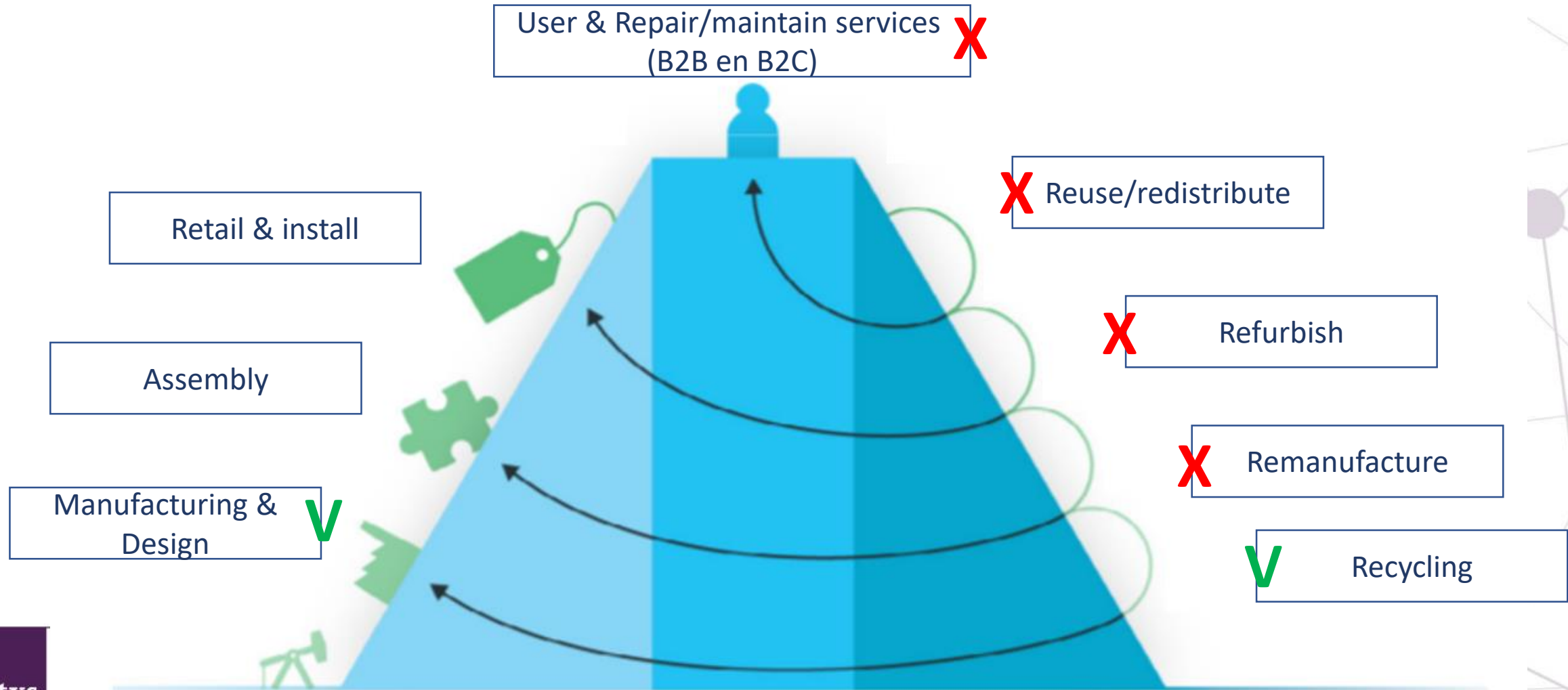
Created by Wafiqe Post from Noun Project



Created by Phontehat Thongphong from Noun Project



Ambities in de pre-use, use en post-use fase



Reparatie en reconditionering

Reparatie mogelijk na stormschade, bliksem of overspanning, sneeuwdruk, vriesschade, schade door dierenbeten en materiaalfouten (Second sol)

Reparatie mogelijk voor: defecte bypass-diodes, aansluitdozen, reiniging, paneelframes, backsheets, omvormers, kabels en stekkers.

Reparatie niet mogelijk: gebroken glas, defecte zonnecellen, delaminatie.

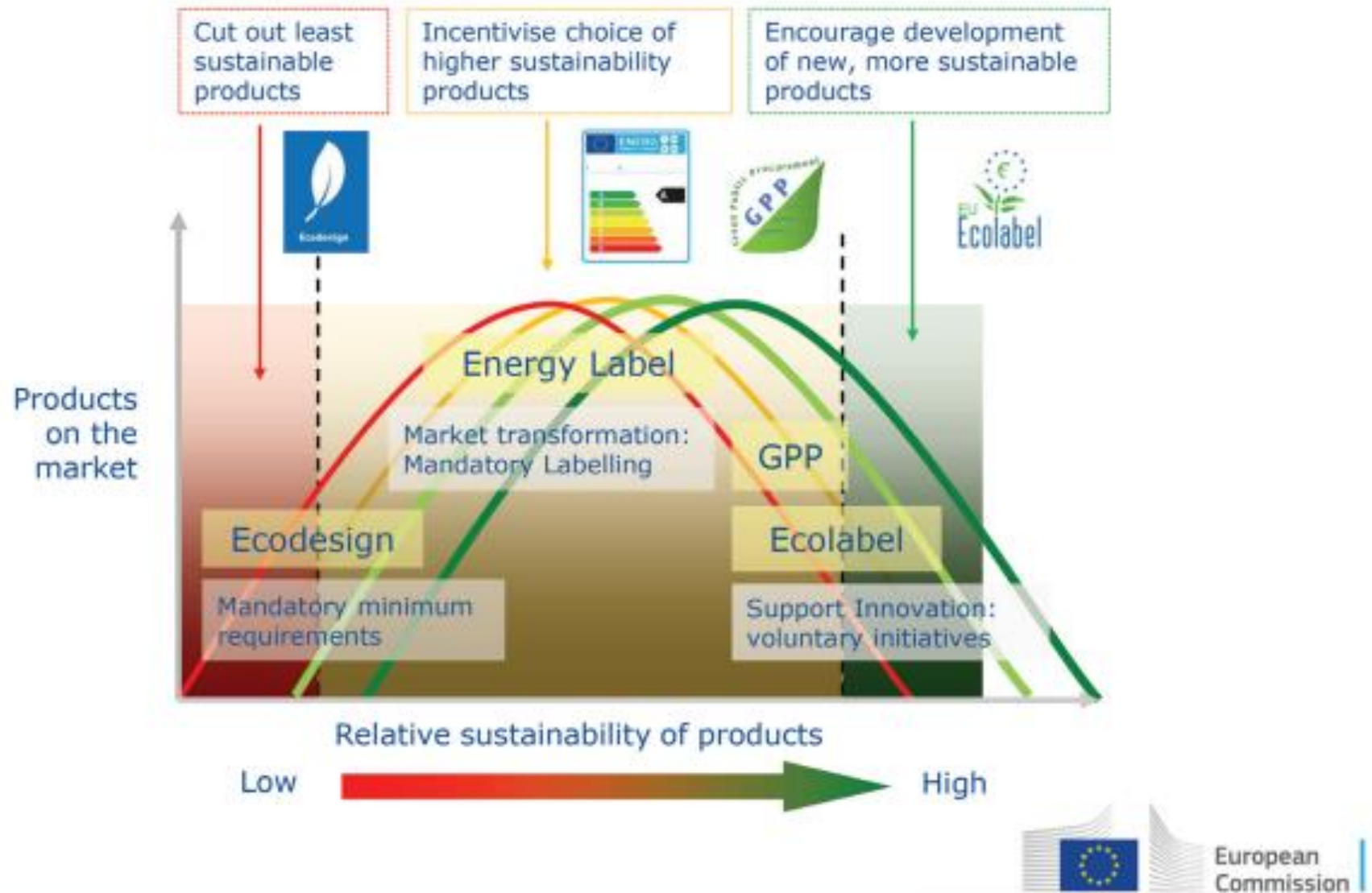
Lasertechnologie (Fraunhofer instituut) bij het reconditioneren van afgekeurde PV panelen

Onvolkomenheden in het silicium → kleine delen in de zonnecel die niet functioneren. Worden met laser gedeactiveerd. Na deze behandeling hebben zonnecellen dezelfde prestaties en kwaliteit als conventionele modules.



Onderhoud om microcracks te voorkomen, microcracks repareren of systeem refurbishment

OVERLAY OF EU PRODUCT POLICY INSTRUMENTS



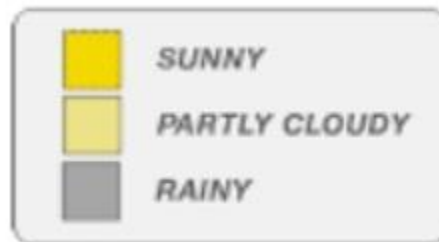
Duurzaam ontwerp

Design for disassembly
Modulair design
Design for circularity
Ecodesign

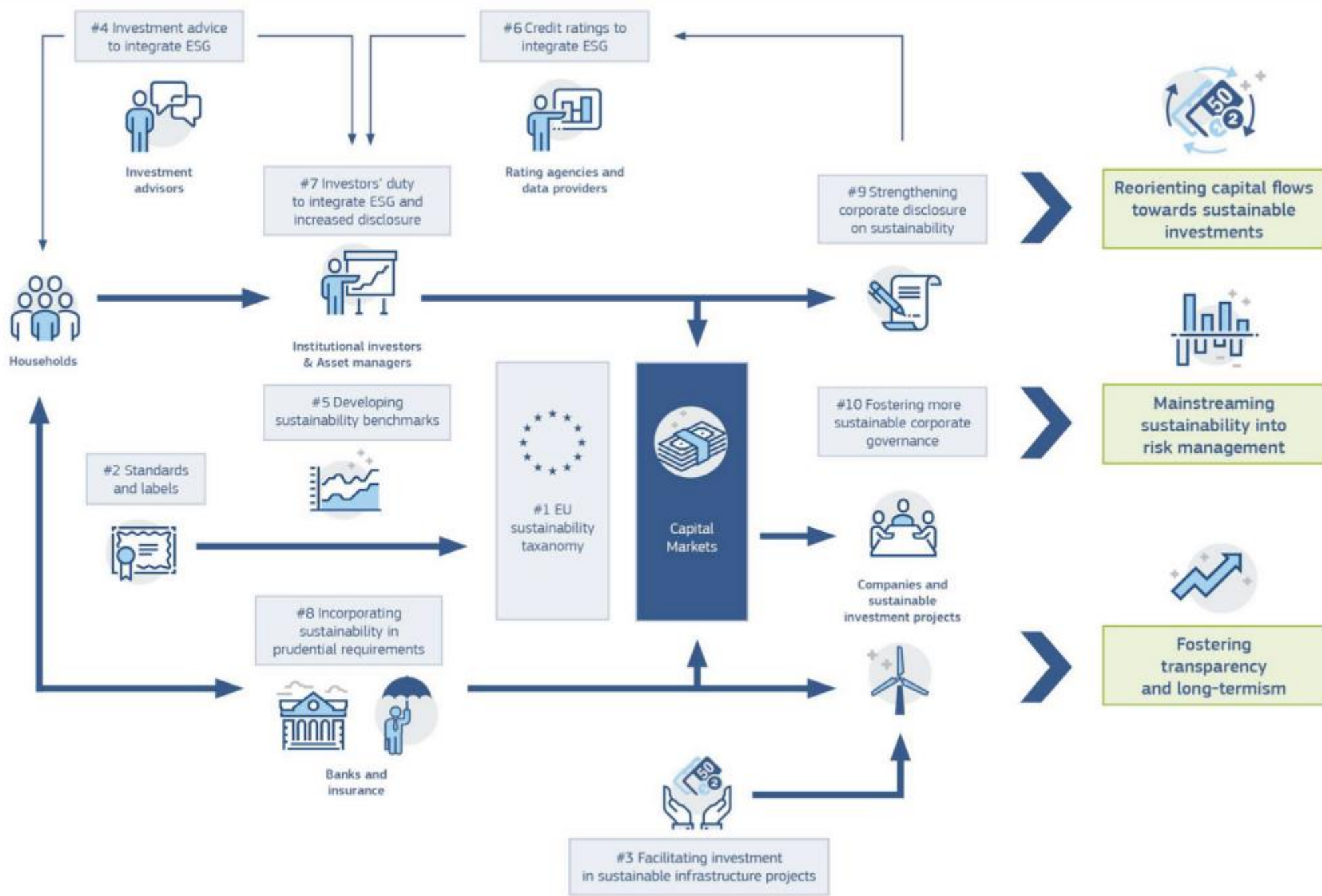
Lage CO₂ footprint
PFAS-vrije panelen

Transparantie: is het PV systeem duurzaam, circulair en fair?

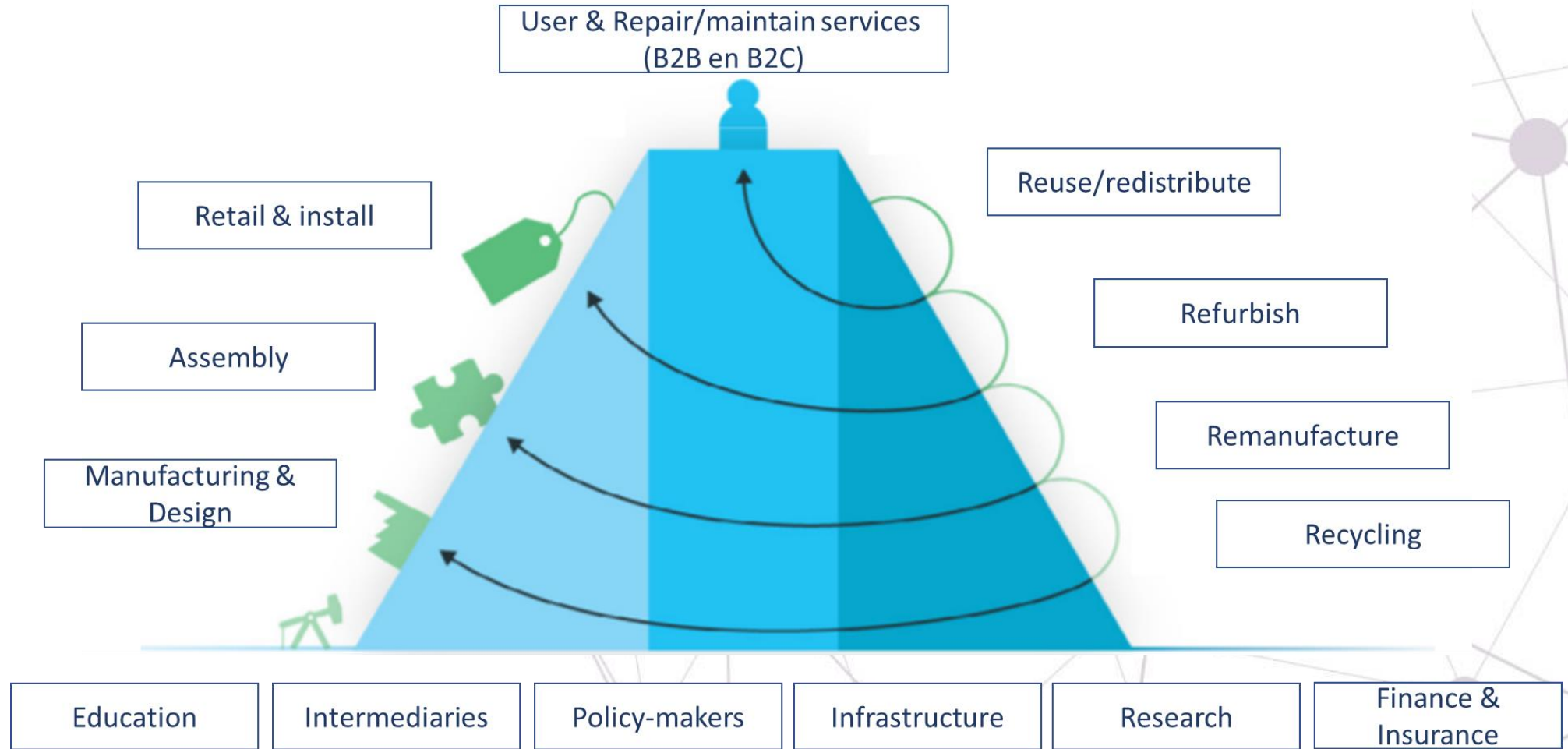
2018-19 SOLAR SCORECARD



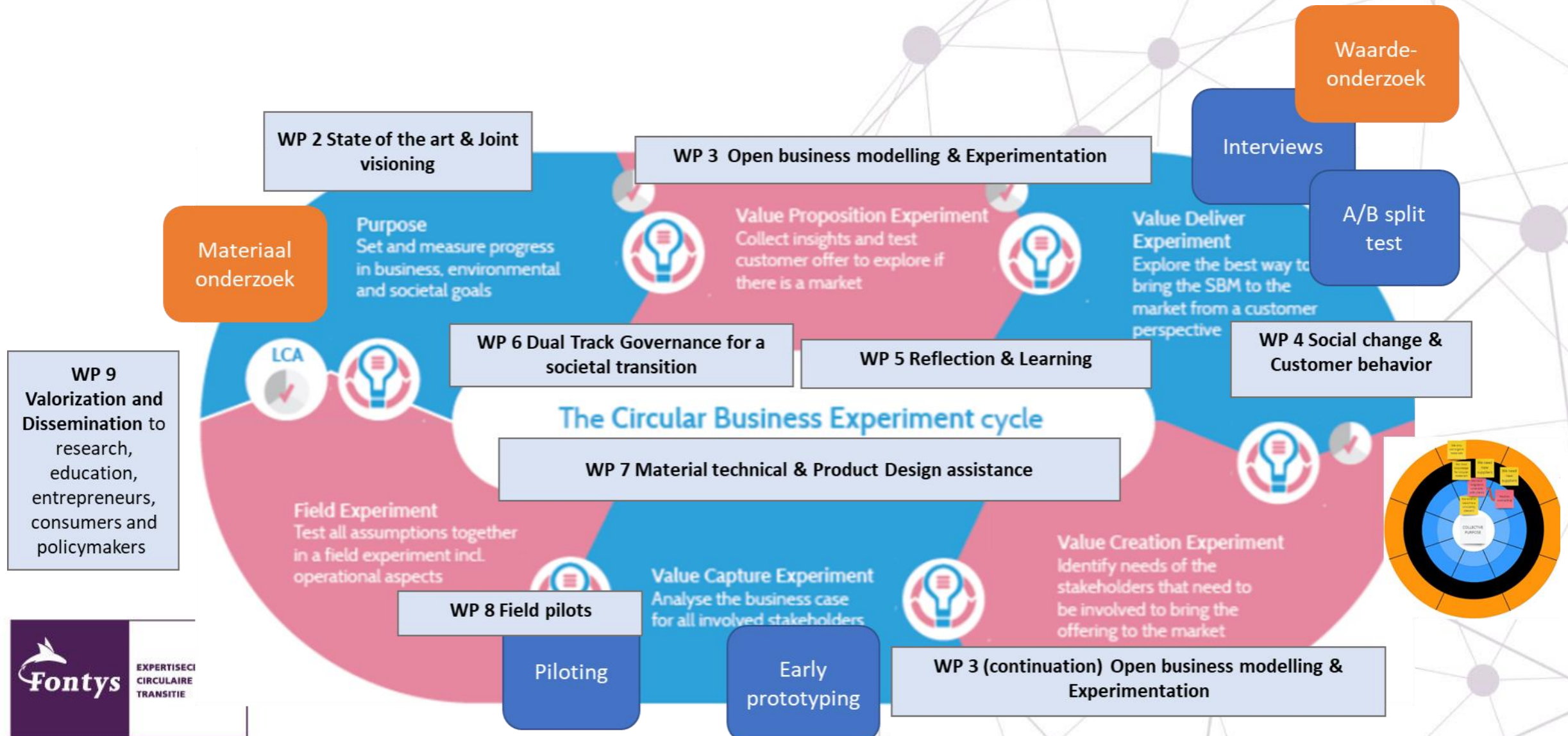
Company		Extended Producer Responsibility	Emissions Reporting & Reduction	Worker Rights, Health, and Safety	Supply Chains	Energy Use & GHGs	Water	Conflict Minerals	Module Toxicity & Recycled Content	2018-19 OVERALL SCORE	
	Maximum Score	15	15	15	15	10*	10	10	10	100	
2018-19 Leaders	Jinko	15	15	13	15	12	10	10	10	100	
	Trina	15	14	13	15	12	10	10	10	99	
	SunPower	15	15	13	13	11	10	7	10	94	
	JA Solar	14	11	13	15	9	10	10	10	92	
	Hanwha Q CELLS	10	13	13	15	12	10	7	10	90	
	CS Wismar	10	13	15	10	9	10	9	8	84	
	LG	12	11	13	15	12	10	10	1	84	
	WINAICO	8	13	13	15	8	10	7	10	84	
	Silfab	13	7	13	15	10	10	9	0	77	
	AUO	11	13	13	15	8	10	6	0	76	



Samen met alle stakeholders



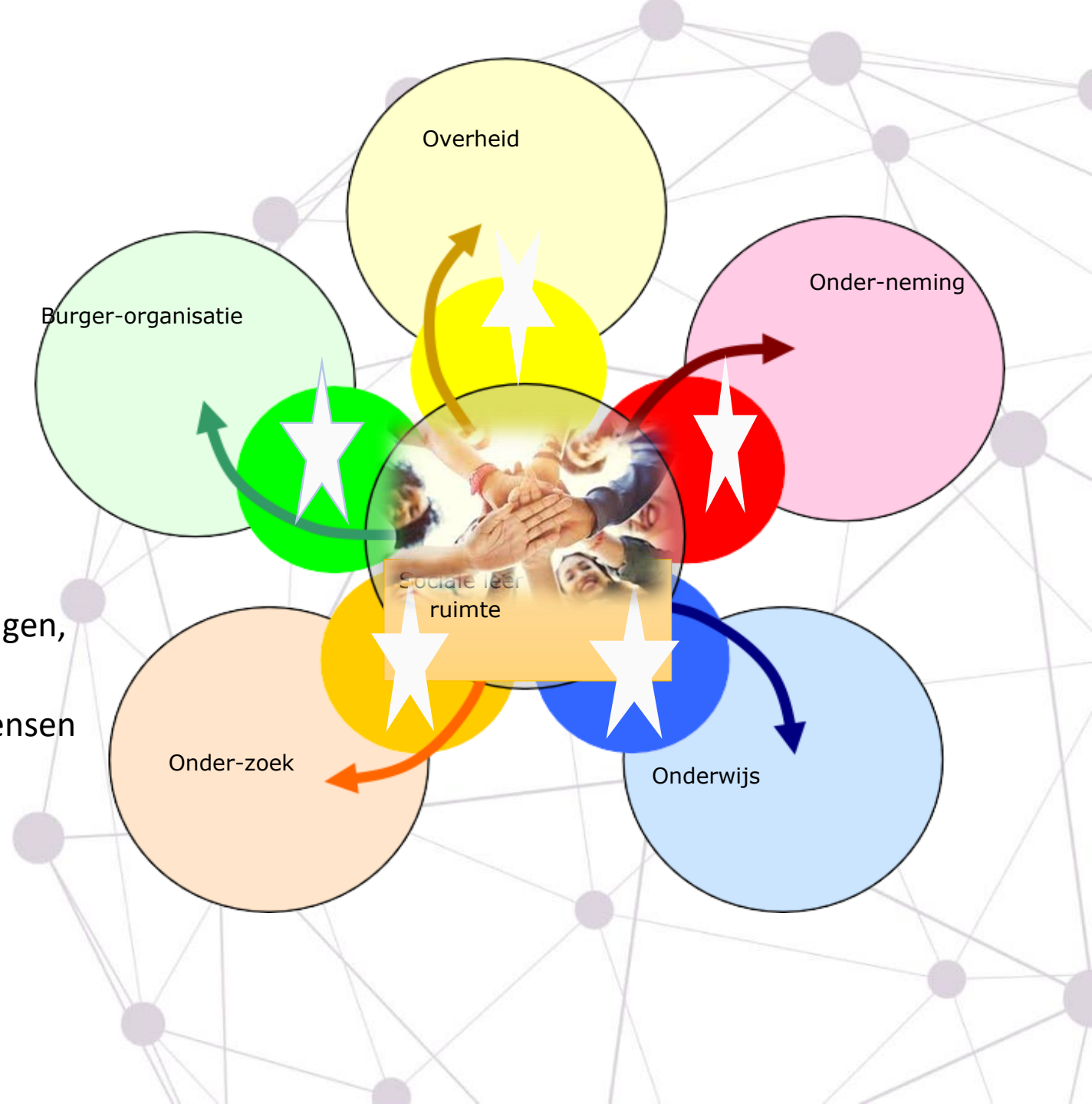
Projectaanpak: Circular business experiment cycle



Strategisch en sociaal leren

Samenwerking (gericht op meervoudige waardecreatie)
Ervaringskennis, nieuwe methodieken en kaders

- Denken (Reflectie op behoeften en vooronderstellingen, Analyse van (belemmerende) dominante structuren)
- Ontwerpen (Technische, emotionele en ethische wensen op gelijk niveau behandeld)
- Doen (verbinden van actoren op individuele of institutionele motivatie)



Recente verrassende initiatieven

ZonNext: Eerste online weeshuis voor zonnepanelen

ZONNEXT
HET WEESHUIS VOOR ZONNEPANELEN



Bekijk projecten >>

Start een project >>

<https://zonnext.nl/>



Stichting ZonNext geeft zonnepanelen tweede leven

Woensdag 22 september lanceert Stichting ZonNext 's werelds eerste online weeshuis voor herbruikbare zonnepanelen. Het platform heeft tot doel om de levensduur van panelen te verlengen zodat ze tot de laatste Wattpiek worden benut.

Recente verrassende initiatieven

ReLi-ion (ELEO Technologies en Circular Energy Solutions demo bij Huiskes Metal Recycling):

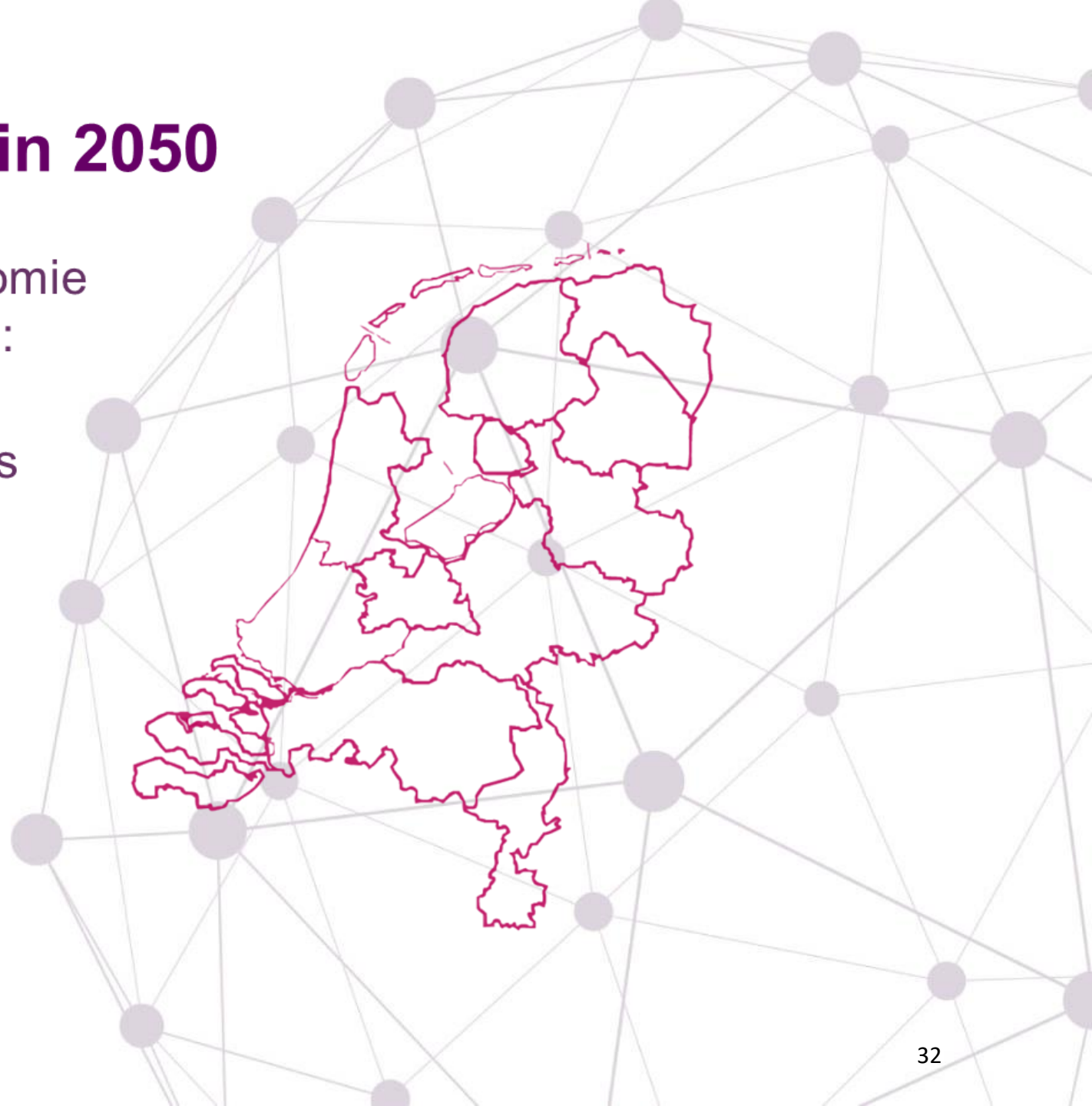
Zonnepanelen
voeden een recycled
batterij-pak van
laptops en e-bikes
voor off grid
toepassingen



NEDERLAND circulair in 2050

De omslag naar circulaire economie en duurzame energie vraagt om:

1. Ambitieuze en innovatieve inzichten, methoden en tools
2. Slimme, multidisciplinaire samenwerking in quadruple helix
3. Circulaire professionals

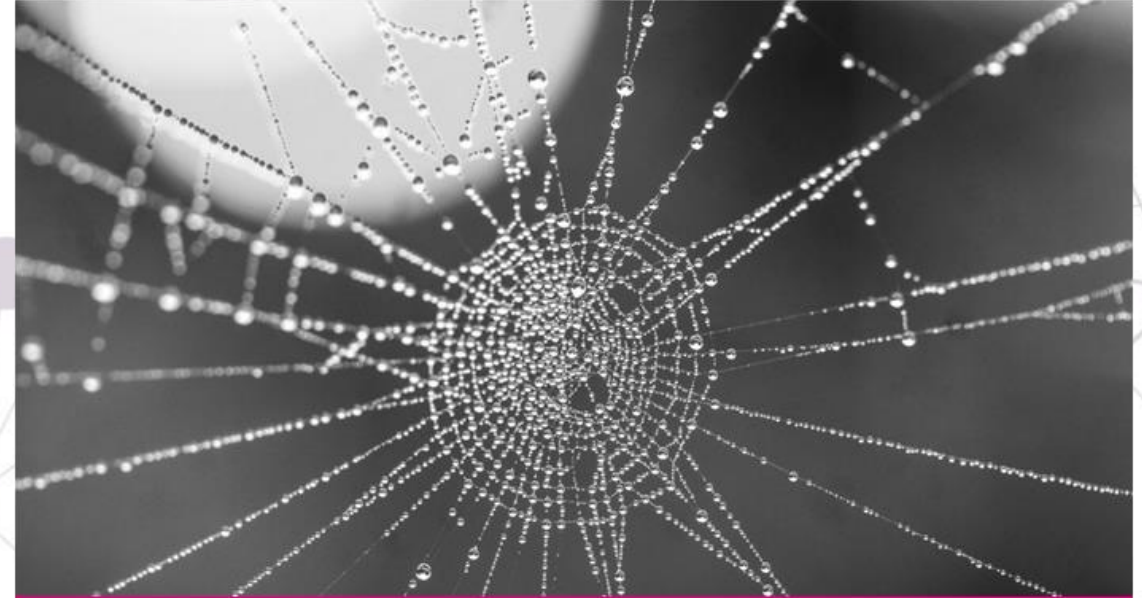


FONTYS wil bijdragen aan deze omslag



**NIEUWE KENNIS EN
METHODIEKEN ONTWIKKELEN**

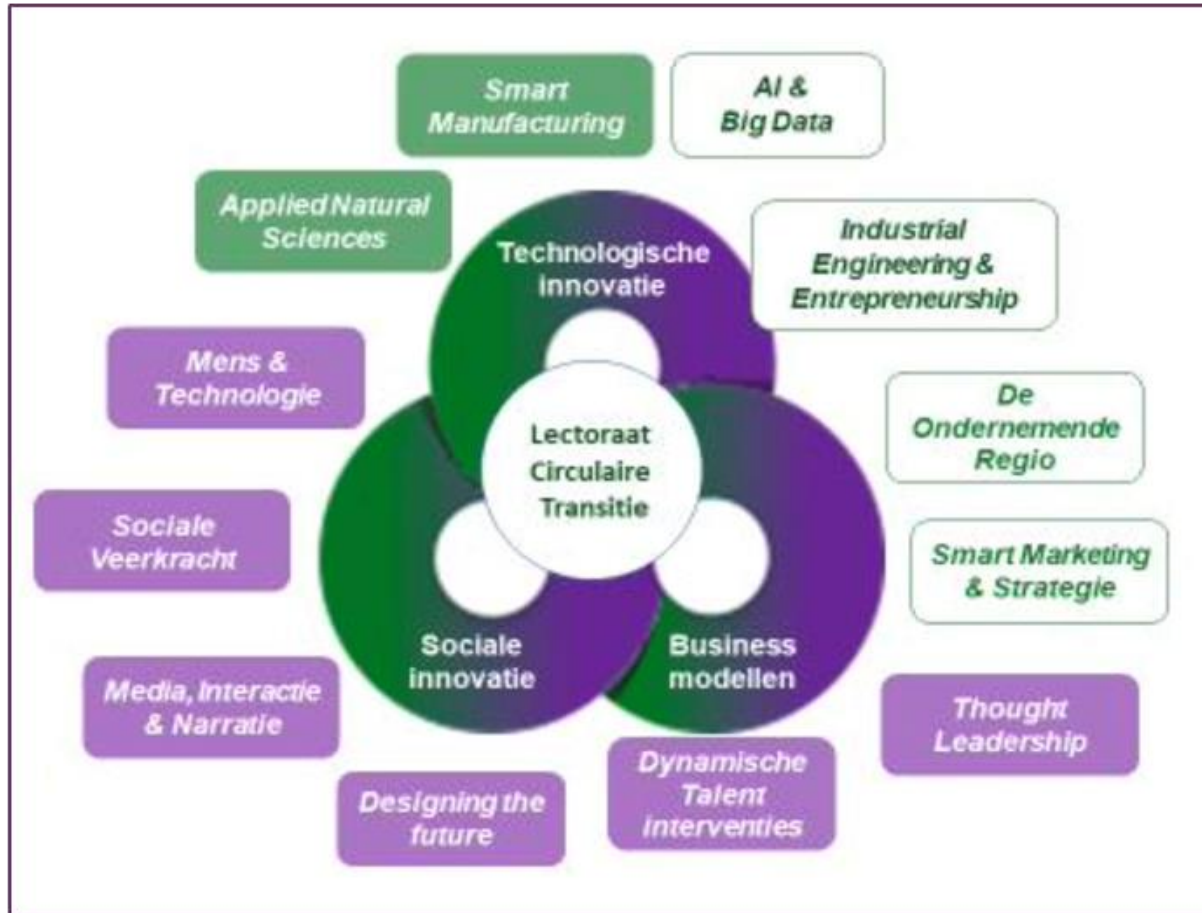
**LECTORAAT
CIRCULAIRE TRANSITIE**



SPIL- EN NETWERKFUNCTIE

**FONTYS EXPERTISECENTRUM
CIRCULAIRE TRANSITIE**

Lectoraat Circulaire Transitie



Onderzoekers uit het technische, economische en sociale domein

werken in het lectoraat samen met

partners uit de quadruple helix

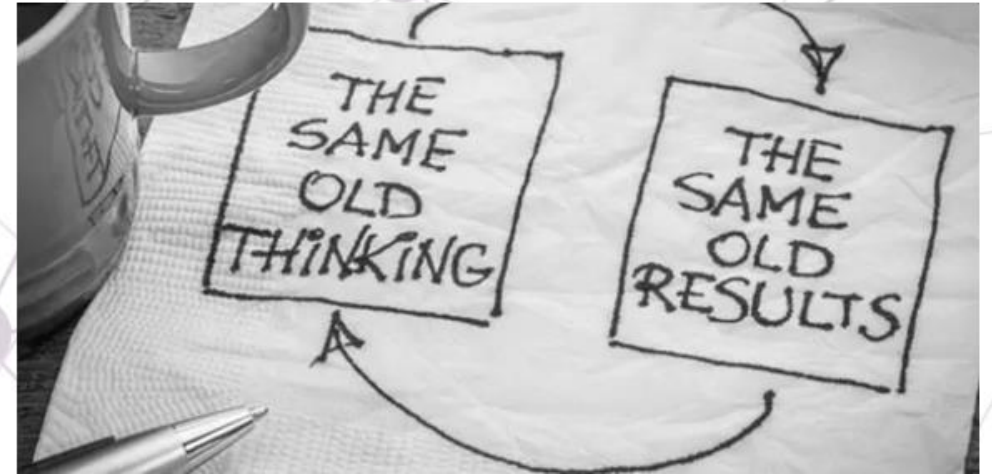
aan het ontwikkelen van kennis voor het versnellen van de circulaire transitie.

DOEL Lectoraat Circulaire Transitie

Versnellen van de circulaire en energietransitie, door:

1. **Integrale benadering** die drie domeinen verbindt op technische, economische en sociale innovatie.
2. **Transformaties** die zorgen voor duurzame verandering van mindsets, waarden en gedrag.

Het lectoraat benadert circulaire vraagstukken op een maatschappelijk inclusieve manier.



LIVING LABS

Actieonderzoek in hybride leeromgeving

Partners uit de quadruple helix werken samen in een **hybride leeromgeving:**

- praktijkgericht, intensief en flexibel
- vanuit de eigen achtergronden
- binnen het gehele speelveld



LIVING LABS

Disseminatie



Onderwijs

**KENNIS /
METHODIEKEN**

(Beroeps)praktijk

Disseminatie naar andere regio's en politiek