

EBBE–profiel

Energietransitie Bewuste
en Bekwame Engineers
willen, weten en kunnen

Toelichting voor gebruik
van het EBBE–profiel
in het onderwijs

Inleiding

Op de voorpagina is de mondiale ‘klimaatstreepjescode’ van 1850 tot 2021 te zien¹, waarin te zien is dat de aarde steeds warmer wordt. We staan voor een enorme uitdaging.

De wereld snakt naar professionals die actief willen en kunnen bijdragen aan de energietransitie. Windesheim is een door de samenleving bekostigde onderwijsinstelling. In het licht daarvan is het niet meer dan logisch dat wij studenten opleiden die een positieve bijdrage leveren in maatschappelijke transitie zoals de energietransitie.

Wij, docenten, kunnen het verschil maken. Wij kunnen eraan bijdragen dat de komende lichting afgestudeerden de energietransitie waarmaakt.

Maar wat is daar in ons onderwijs voor nodig? Wat moeten toekomstige professionals weten en kunnen zodat ze baankansen blijven hebben?

Wij, huidige docenten, zijn veelal opgeleid in de oude economie, misschien met praktijkkennis van vóór de energietransitie, wat betekent dat voor mij als docent? Kennis over de energietransitie is vol in ontwikkeling, wat maakt dat er geen uitgekauwde kennisbasis is om over te brengen en uit te putten, maar dat we continu op zoek moeten blijven naar nieuwe kennis en dat het okay is om het ook niet te weten.

Om de energietransitie daadwerkelijk te bewerkstelligen is het nodig dat professionals activiteiten ontplooiën die bijdragen aan de transitie.

Dit vraagt andere activiteiten dan in het verleden werden uitgevoerd, want als je doet wat je deed, dan krijg je wat je kreeg.

Waar een wil is is een weg en de ontwerpende beroepsgroepen kunnen bij uitstek de weg creëren om de wil te ondersteunen. En wij kunnen als docenten helpen om zowel de wil aan te wakkeren als te helpen de weg te zien en te maken.



We cannot solve our problems with the same thinking we used when we created them²



In het kader van een Senior Fellow Comeniusbeurs³ is onderzoek uitgevoerd naar hoe het profiel van een Energietransitie Bewuste en Bekwame Engineer (EBBE) er uit zou moeten zien om de energietransitie te bewerkstelligen. Het onderzoek is uitgevoerd door docent-onderzoekers en onderzoekers van het lectoraat Energietransitie⁴ in samenwerking met docenten van het Domein Techniek en ICT van Windesheim. Het EBBE-profiel is met behulp van input uit alle opleidingen van het Domein Techniek van Windesheim tot stand gekomen, gevalideerd met professionals in de beroepspraktijk en geverifieerd en verrijkt aan de hand van modellen uit de literatuur.

Meer weten over hoe het EBBE-profiel tot stand is gekomen? Dan verwijzen wij graag naar het artikel van lectoraat Energietransitie⁵.

Dit schrijven is een nadere toelichting van het EBBE-profiel voor docenten in het domein Techniek om het onderwijs EBBE-fit te maken. Het is geen complete gids met kant-en-klaar onderwijs, maar geeft tips en voorbeelden om als docent mee aan het werk te kunnen gaan om het eigen onderwijs toekomstproof te maken.

Dit document is als volgt opgebouwd: Eerst wordt kort stilgestaan bij wat de energietransitie behelst.

Vervolgens wordt het EBBE-profiel besproken met per eigenschap toelichting over mogelijke inhoud voor onderwijs.

Er wordt afgesloten met tips voor het integreren in de opleidingen en in het eigen onderwijs.

Inhoudsopgave

Inleiding	2
Energietransitie	4
Het EBBE-profiel	7
Technische Expertise	9
Vaardigheden	11
Leiderschap & Waarden	15
Systeemdenken	16
Duurzaamheid	18
Adaptief vermogen	21
Hoe te integreren in hbo-onderwijs	23
EBBE onderwijsscan	24
Bronnen	25



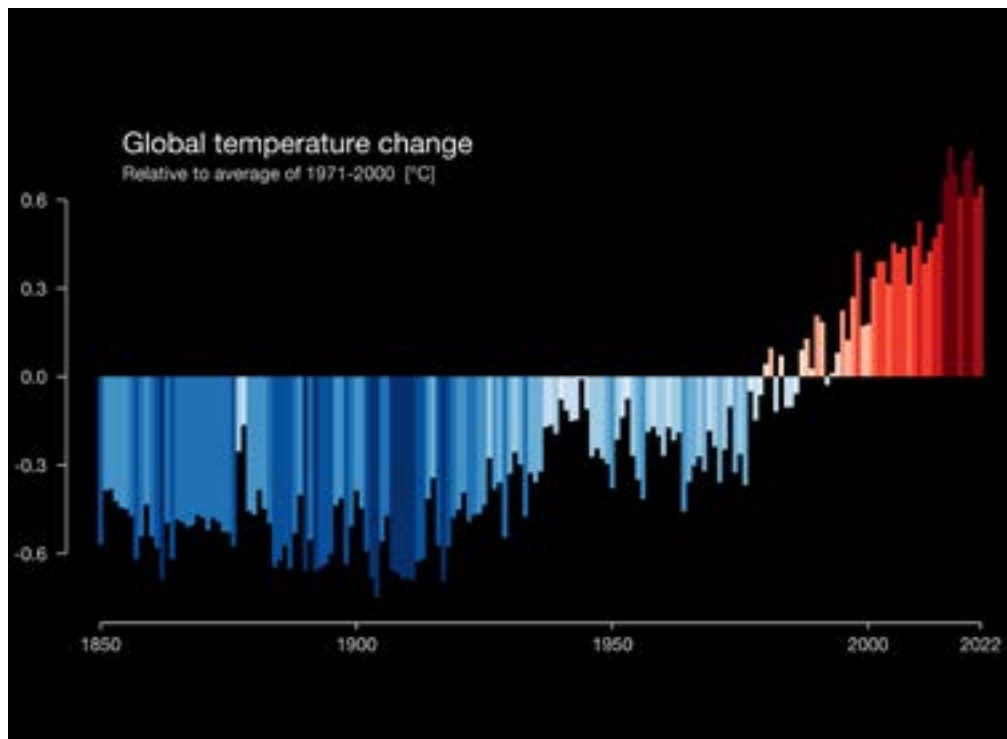
Energietransitie

Wat is eigenlijk de energietransitie en waarom is deze nodig?

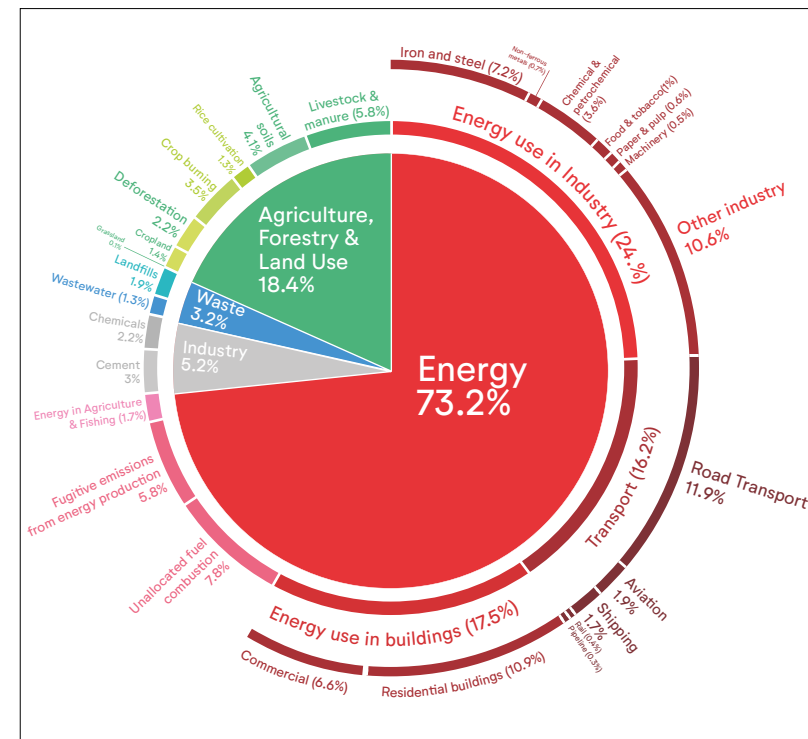
Zoals de streepjescode al liet zien, warmt de aarde in rap tempo op, zie ook Figuur 1. Klimaatverandering en energietransitie zijn innig verbonden. Maar liefst 75,6% van de broeikasgassen in 2019 was afkomstig van energie⁶. In 2016 was dat nog 73.2%, zie Figuur 2.

Energietransitie is de term die we op dit moment gebruiken voor de overgang van het gebruik van energie uit fossiele bronnen naar de inzet van duurzame energie. Ook het beperken van het energiegebruik is onderdeel van de energietransitie.

Het gaat over alles dat energie gebruikt, producten, machines, bouwwerken, materialen, software. Het minder en efficiënt gebruiken van energie. Het omschakelen naar duurzame energie. Het gaat ook over beleidswijzigingen en acceptatie op lokaal, nationaal en internationaal niveau.



Figuur 1 Mondiale temperatuurverandering¹



Figuur 2 Broeikasgas-emissies per sector in 2016⁷

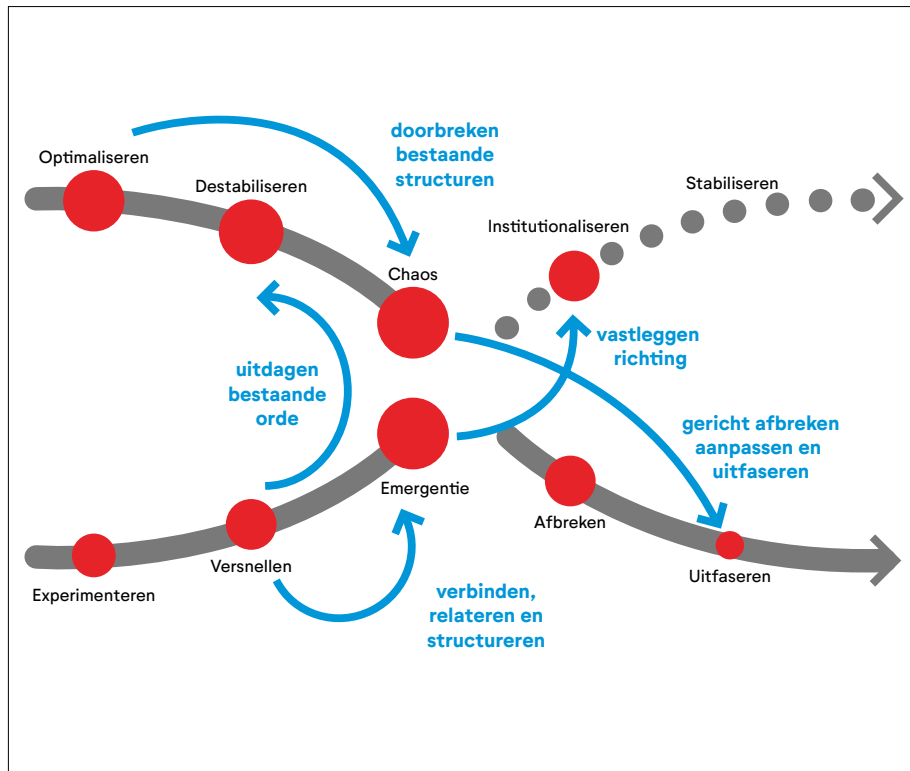
Een duurzaamheidstransitie, zoals de energietransitie, wordt gedefinieerd als een “radicale transformatie naar een duurzame samenleving, als antwoord op een aantal hardnekkige problemen waarmee hedendaagse moderne samenlevingen worden geconfronteerd”⁸. Visueel ziet de energietransitie er volgens DRIFT⁹ als volgt uit, zie Figuur 3.

Bestaande structuren moeten worden doorbroken, de bestaande orde uitgedaagd, duurzame richtingen vast-

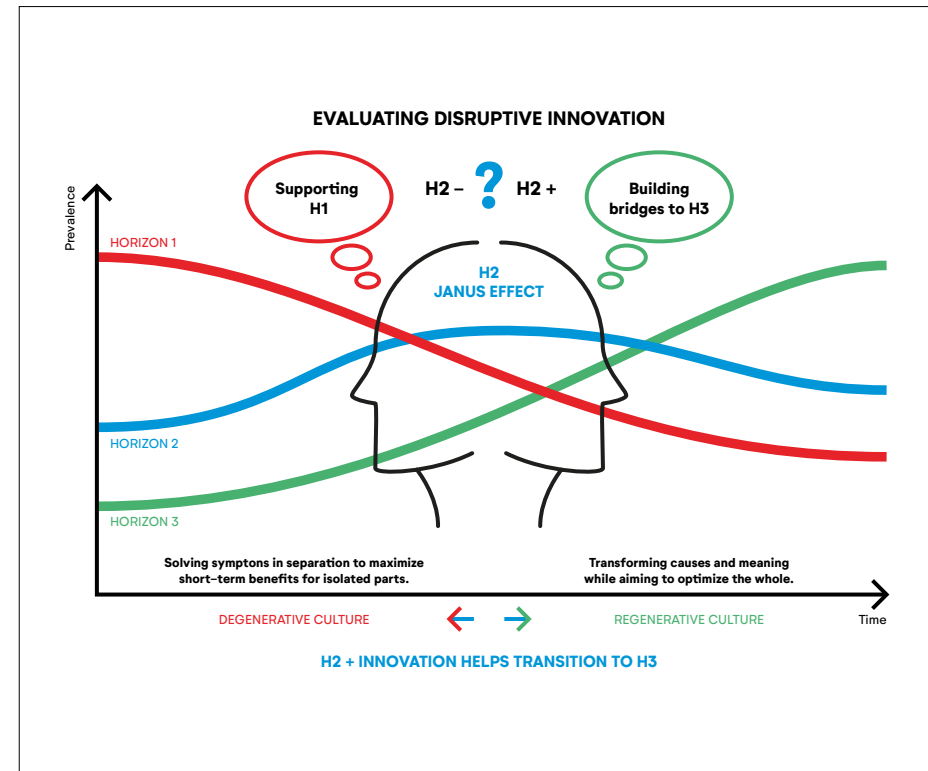
gelegd, aangepast en onduurzame activiteiten gericht afgebroken en uitgefaseerd. En dat vereist verbinding, relatie en structuren. Het vereist anders kijken en doen.

Om te weten wat we moeten doen voor een duurzame wereld, kan reflecteren op het verleden kan waardevolle informatie opleveren over de toekomst. Deze terugblik tijdens het visievormingsproces, heet ook wel het Janus effect, genoemd naar de Romeinse god met twee gezichten: een die achteromkijkt en een die vooruit kijkt, zie Figuur 4.

Verder is het alleen al voor banenkansen logisch om studenten EBBE op te leiden. Als voorbeeld: alle nieuwe auto's moeten in 2030 100% elektrisch zijn¹¹. Is het dan zinvol om studenten nu uitgebreid kennis over verbrandingsmotoren aan te leren, zijn daar straks nog banen in te vinden?



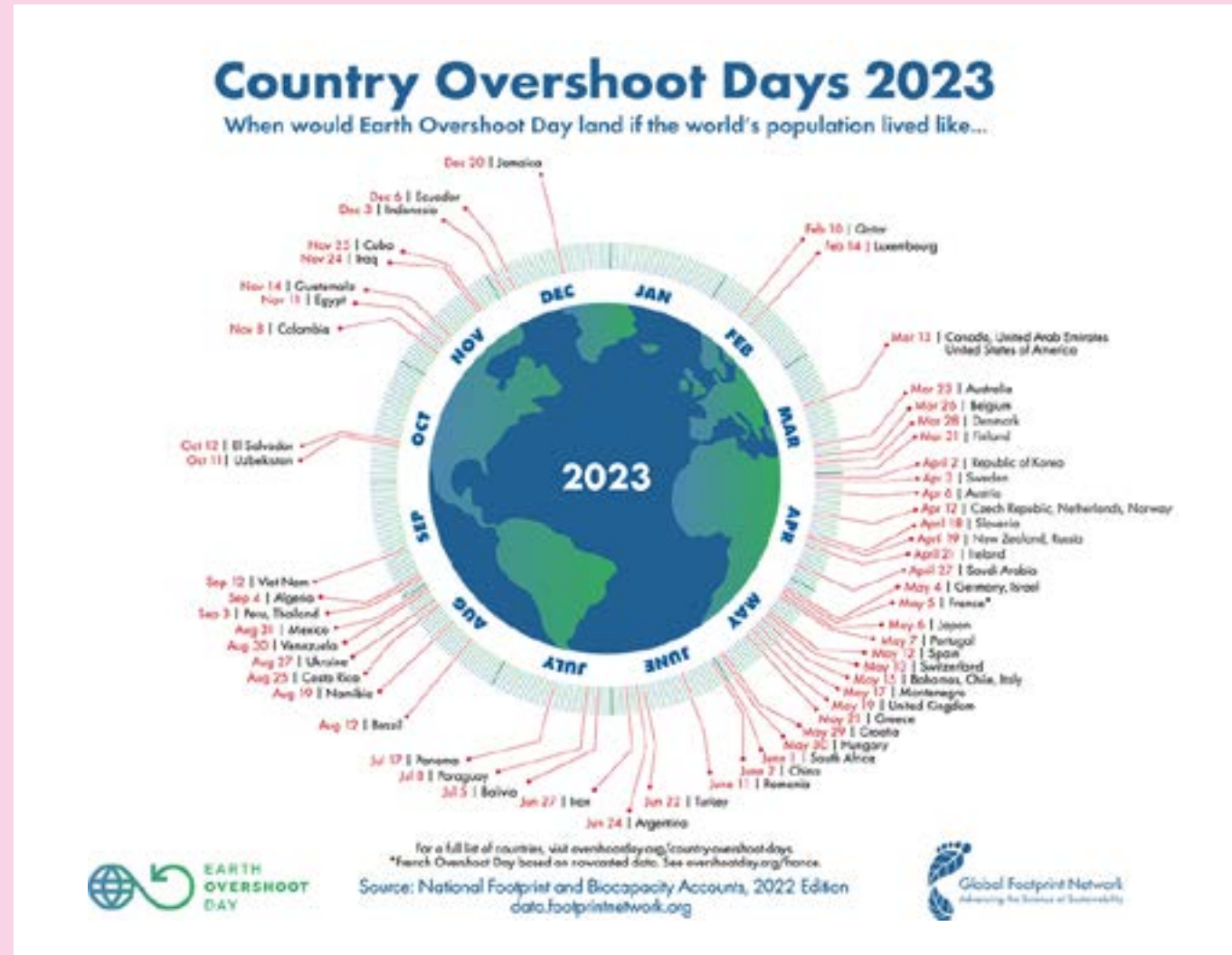
Figuur 3 Visualisatie staat van de energietransitie⁹



Figuur 4 Verschillende kijken op innovaties¹⁰

Earth Overshoot Day

Op dit moment gebruiken wij meer dan de aarde ons kan geven. Elk jaar komt Earth overshoot day eerder in het jaar. Rond 1970 gebruikten we als mensheid elk jaar nog 1 aarde, in 2022 was dat 1,75 aardes en lag 'overshoot day' op 28 juli. Voor Nederland was dat al op 12 april. Als iedereen op aarde zou leven zoals wij in 2022 dan hebben we 3,6 aardes nodig.¹²



Figuur 5 Overshoot Day van landen¹³

Het EBBE-profiel

Het werkveld heeft behoefte aan professionals die hun rol kunnen pakken in de energietransitie. Als een professional de kenmerken uit het EBBE-profiel bezit, dan kan deze ook echt in actie komen en aan de energietransitie werken. Het EBBE-profiel is ontwikkeld voor techniek opleidingen in het kader van de energietransitie en is in deze toelichting als zodanig ingevuld. Het EBBE-profiel is echter ook toepasbaar op andere domeinen en kan ook ingevuld worden voor andere maatschappelijke vraagstukken. Niet alle inhoud van deze toelichting is nodig voor alle vakgebieden, maar om de energietransitie verder te helpen is het wel nodig om elkaars taal te kunnen begrijpen en over grenzen van het eigen vakgebied te kunnen denken.

EBBE en willen, weten, kunnen

Om in actie te komen voor de energietransitie moet je willen veranderen, weten wat je kan doen en het ook kunnen. Willen, weten en kunnen staan daarom centraal en leiden tot de 6 eigenschappen van de EBBE, zie Figuur 6.

In hiernavolgende hoofdstukken wordt per EBBE-eigenschap verder ingegaan op de inhoud met enkele voorbeelden.

Eigenschappen met korte uitleg

Technische expertise: Energie-efficiëntie; Oogsten, transport en opslag van duurzame energie; Technische werkingsprincipes; Wet- & regelgeving; Ontwikkelingen in vakgebied

Vaardigheden: Prestaties energiesystemen evalueren en simuleren; Rekenen aan energieconversies; Ontwerpen en programmeren voor energie-efficiëntie; Opstellen carbon-, energy- en businesscase; LCA, LCC, TCO bepalen; Toepassen meervoudige waardecreatie

Leiderschap & Waarden: Urgentiebesef; Veranderbereidheid; Verantwoordelijkheid; Persoonlijke inzet; Innerlijk kompas; Intrinsieke motivatie; Initiatief nemen

Systeemdenken: Helikopterview; Multidisciplinair samenwerken; Kritisch denken; Strategisch denken; Complexiteit bepalen

Duurzaamheid: Kennis van het vraagstuk van de energietransitie in samenhang met andere maatschappelijke uitdagingen en transities; Kennis van ontwikkelingen in duurzaamheid in en rond het vakgebied

Adaptief vermogen: Leven lang ontwikkelen; Kunnen omgaan met onzekerheden; Flexibiliteit en aanpassingsvermogen; Blijvend nieuwsgierig naar ontwikkelingen; Hulp durven vragen; Eigen rol bepalen



Figuur 6 Het EBBE profiel

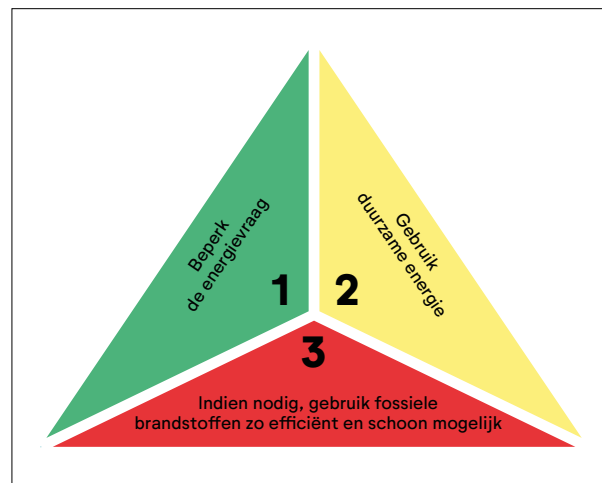
Technische expertise

Om de energietransitie te ondersteunen heeft een EBBE technische expertise nodig over wat energie is, energie-efficiëntie, het oogsten, transport en opslag van duurzame energie, technische werkingsprincipes van energietransitie ondersteunende processen en producten en huidige en toekomstige wet- & regelgeving en ontwikkelingen in het eigen vakgebied.

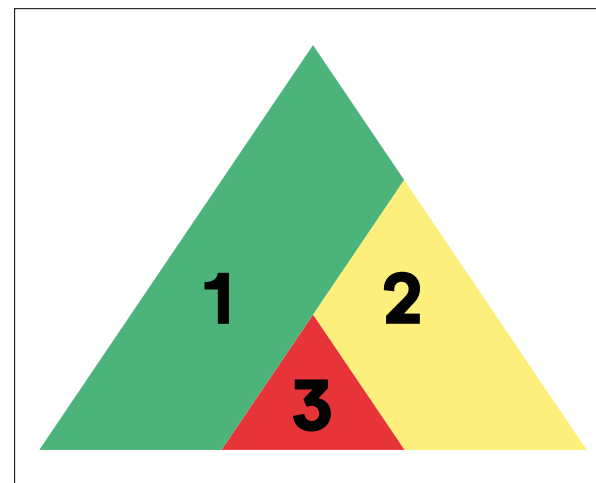
Het gaat hier om inhoudelijke (technische) kennis die nodig is voor de energietransitie. Kijk eens met een andere bril naar de inhoud van vakken en het curriculum. Is alle inhoud over 20 jaar nog steeds relevant? Zorg dat kennis voor de toekomst mainstream wordt aangeboden en eventueel oude kennis, waar in de praktijk nu nog wel mee gewerkt wordt, ook als zodanig wordt aangemerkt. Op die manier is het mogelijk een nieuwe generatie professionals op te leiden die het normaal vindt dat er met duurzame kennis wordt gewerkt.

Technische inhoudelijke kennis die een EBBE nodig heeft is inzicht in de verschillende soorten hernieuwbare energiebronnen, zoals zon, wind, waterkracht en geothermie, en kennis over de technologieën die betrokken zijn bij de winning ervan. Een EBBE heeft kennis van energie-opslagsystemen, zoals batterijen en supercondensatoren, waterstoftechnologie, warmteopslag, kent de technologie erachter en/of de toepassingsmogelijkheden. De EBBE heeft kennis van energietransport en distributie en de implicaties daarvan voor het eigen vakgebied.

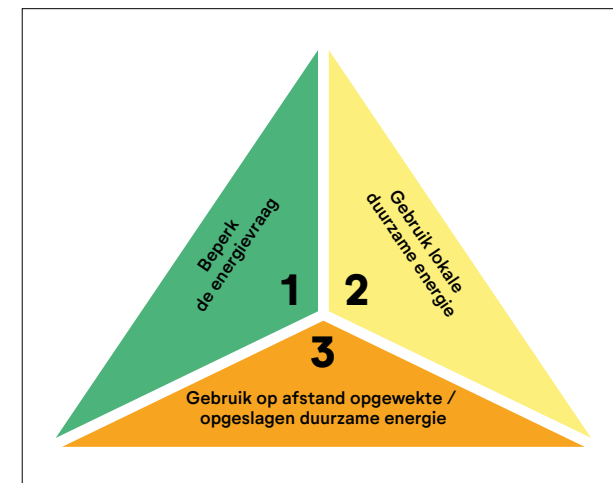
De EBBE weet dat het, naast de transitie naar een duurzame energievorm, het van groot belang is om efficiënt met energie om te gaan. Een EBBE kent de principes van Trias Energetica (zie Figuur 7). Waarbij je zou kunnen pleiten voor een minder prominent aandeel voor strategie 3, zie bijvoorbeeld Figuur 8 of liever nog volledig uitfaseren van strategie 3. In een samenwerking met Future Energy Systems van de TU Delft is de hernieuwbare Trias Energetica ontwikkeld, zie Figuur 9. Andere nieuwe versies van Trias Energetica noemen ook “reststromen, uitwisselen en opslag”.



Figuur 7 Trias Energetica originele versie 1979



Figuur 8 Trias Energetica meer in verhouding



Figuur 9 Hernieuwbare Trias Energetica versie 2021¹⁴

Een EBBE heeft inzicht in welke activiteiten binnen het vakgebied veel energie vragen. De impact van cryptomunten is bijvoorbeeld groot, in Figuur 10 is de impact van één Bitcoin transactie te zien.

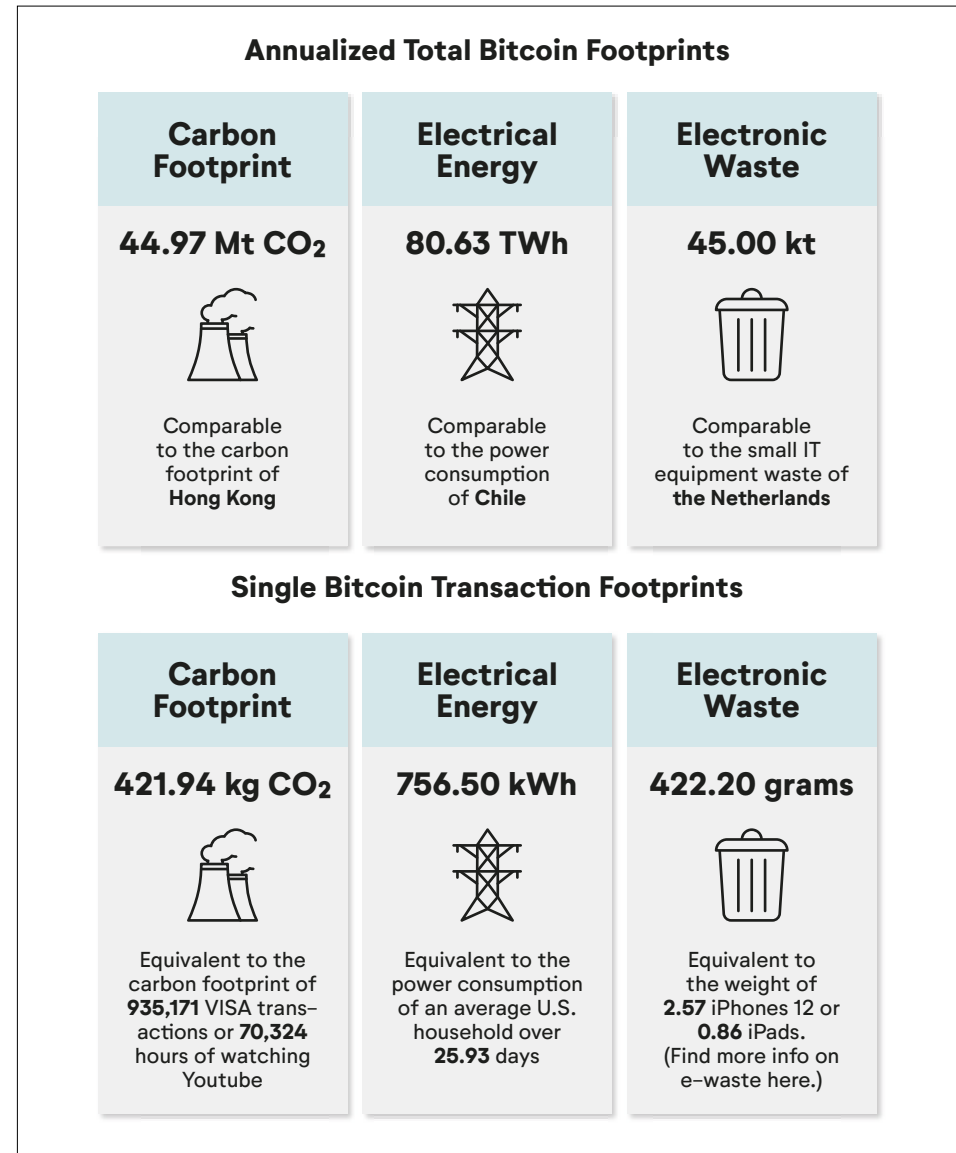
Op het moment van raadplegen van de website verbruikte de cryptomunt Bitcoin wereldwijd 80,63 TWh per jaar aan elektriciteit (dagconsumptie geëxtrapoleerd naar jaarlijkse consumptie). Ter vergelijking: in heel Nederland gebruiken we 113 TWh per jaar. De door Bitcoin veroorzaakte hoeveelheid E-waste is ook aanzienlijk.

Het is van belang dat een EBBE kennis heeft van energiezuinige data opslag/archivering, van de effecten van programmeertaal op de energietransitie en inzicht heeft in kansen die datascience biedt met betrekking tot vermindering energieverbruik.

Een EBBE heeft inzicht in smart grid technologie. Een EBBE weet wat een bijna energieneutraal (BENG), een energieneutraal (ENG), nul op de meter (NOM) en een passief (PHPP) huis is en kan de verschillen uitleggen.

Een engineer (bv bouwkunde, civiele techniek, werktuigbouwkunde, industrieel product ontwerpen) dient kennis te hebben of materialen wel of niet CO₂-intensief zijn. De bouwkundige EBBE weet dat de vorm, de oriëntatie, de isolatiewaarde en detaillering van groot belang zijn om te zorgen dat de energiebehoefte van een gebouw tot een minimum wordt beperkt. De EBBE heeft kennis hoe er kan worden ontworpen voor de toekomst. Materialen zijn biobased of kunnen op een eenvoudige manier worden gedemonteerd en opnieuw worden toegepast. De EBBE is zich bewust van de impact van alleen al het bouwen of fabriceren en van de hoeveelheid energie die wordt gevraagd door enkel de transporten van, naar en op de bouwplaats. Hierbij worden bewuste keuzes gemaakt.

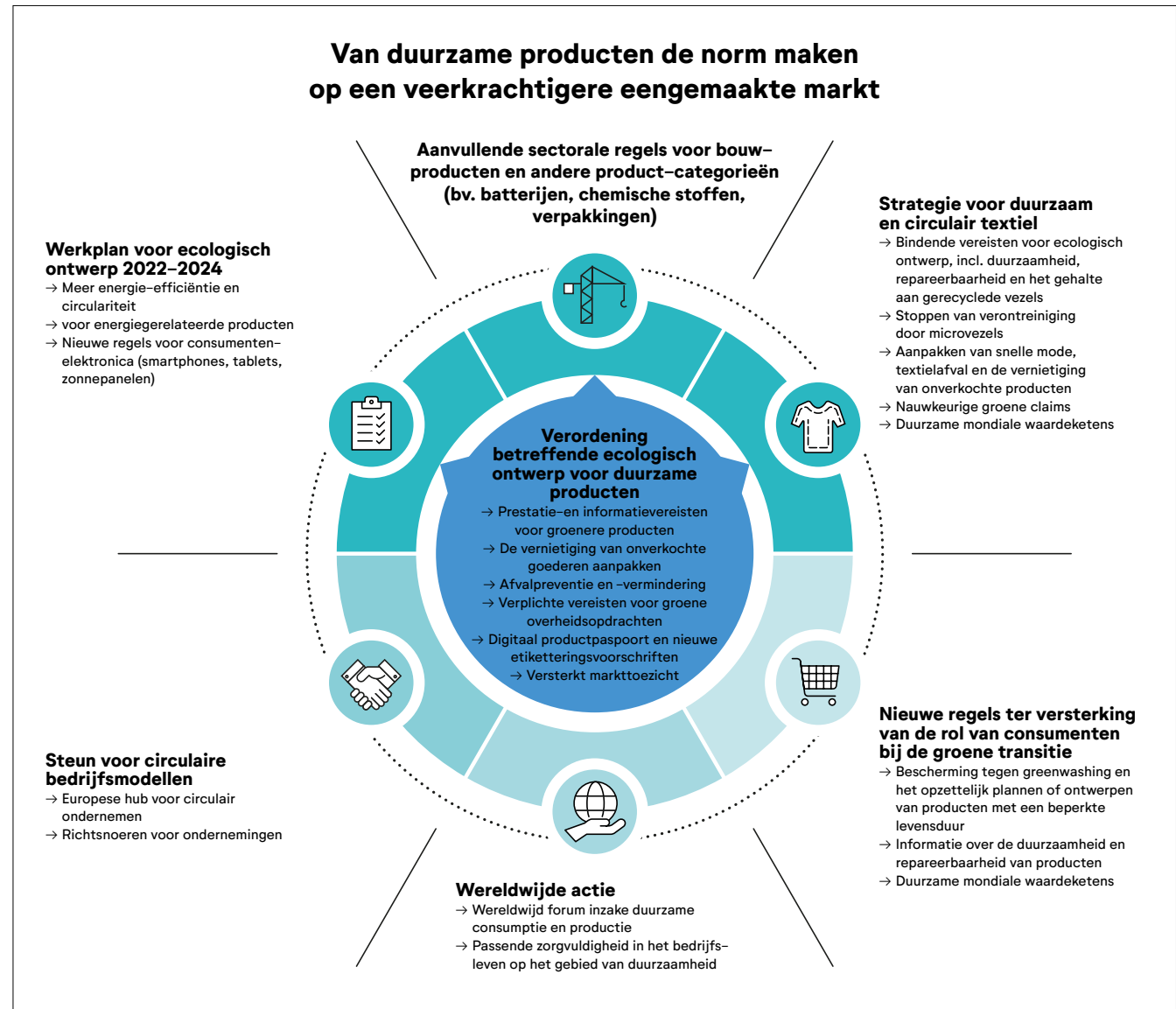
Op veel gebieden van de energietransitie gaan ontwikkelingen op dit moment snel. Zo worden bijvoorbeeld zonnepanelen steeds efficiënter en er wordt ook meer nagedacht over recyclebaarheid van zonnepanelen en windmolens. Het kan helpen om voor het vakgebied van de opleiding een lijst te maken van activiteiten, processen, producten en materialen die de energietransitie bewezen positief beïnvloeden en deze regelmatig te herzien. Dit kan ook een terugkerende activiteit zijn om samen met studenten op te pakken.



Figuur 10 De impact van Bitcoin¹⁵

Naast technische ontwikkelingen verandert er ook veel in wet- & regelgeving. Er gelden steeds strengere eisen voor producten en gebouwen wat betreft efficiency, zo er is EU-wetgeving in de maak die bepaalt dat consumenten recht op reparatie hebben (zie Figuur 11), onlangs is CO₂-heffing¹⁷ ingevoerd, etc.

De energietransitie is nog maar net begonnen en oplossingen zijn nog niet allemaal uitontwikkeld. Dat vraagt van ons als docent dat we zelf ook een open onderzoekende houding aannemen en samen met studenten op zoek gaan naar de laatste stand van zaken. Om de nieuwe ontwikkelingen in het vakgebied te kunnen beoordelen, blijft een stevige technische basis nodig. Deze technische basis is niet per se nieuw, maar kan wel aan de hand van voorbeelden uit de energietransitie worden ondersteund. Streef ernaar om bij elk voorbeeld of elke casus die genoemd wordt in een vak/module een toekomstgericht voorbeeld te implementeren. Het vak zelf hoeft niets te maken te hebben met energie, bijvoorbeeld Nederlands, Engels, wiskunde, om toch voorbeelden te gebruiken uit de energietransitie.



Figuur 11 EU voorstel Ecodesign maart 2022¹⁶

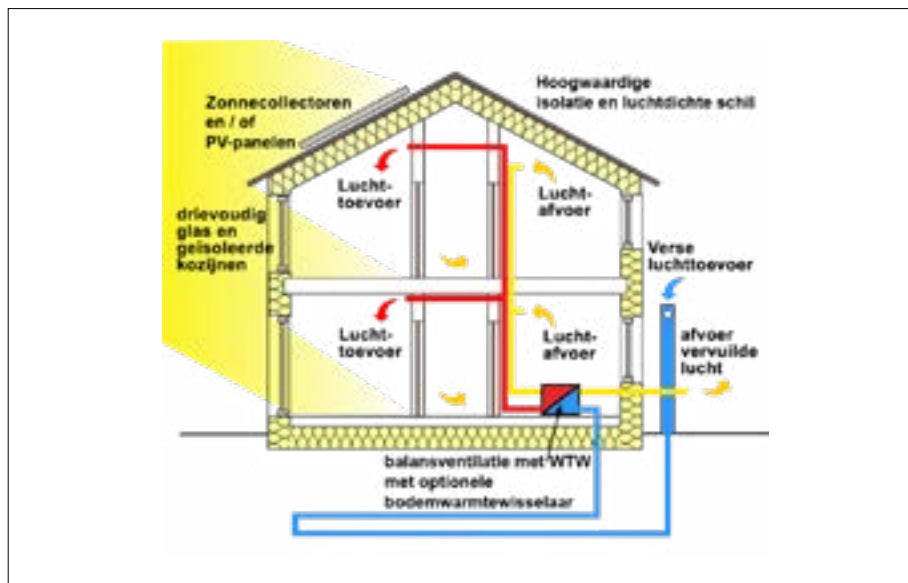
Vaardigheden

Vaardigheden die nodig zijn in de energietransitie zijn bijvoorbeeld het kunnen rekenen aan energieconversies, ontwerpen en programmeren voor energie-efficiëntie, opstellen van carbon-, energy- en businesscase, interpreteren en uitvoeren van (Quick-scan) Life Cycle Assessment (LCA), True Pricing en MilieuPrestatie Gebouwen (MPG), berekenen van Life Cycle Costing (LCC) en Total Cost of Ownership (TCO) en integreren van meervoudige waardecreatie (people-planet-profit) principes in de ontwerpcyclus.

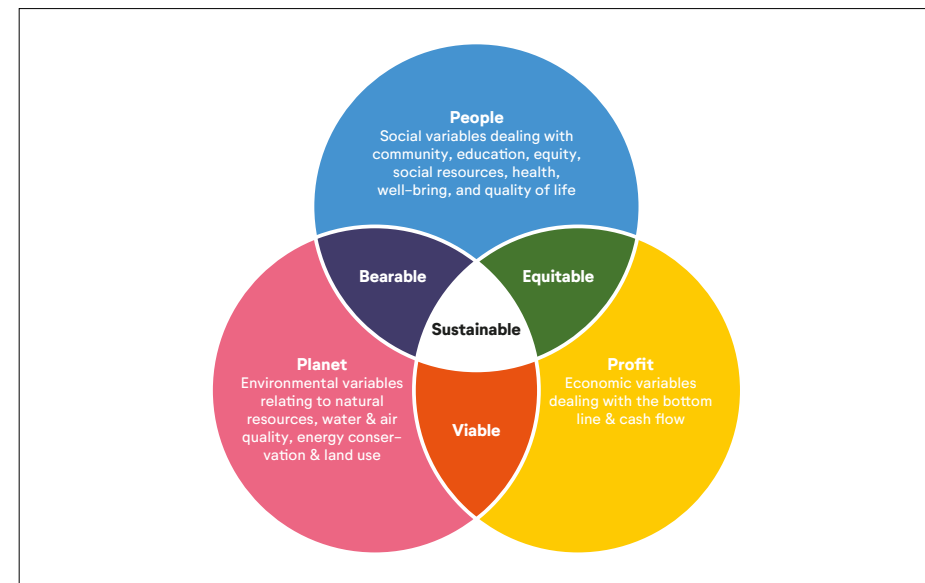
Een EBBE kan tools hanteren voor het ontwerpen voor energiebesparing. Een EBBE kan betekenisvolle duurzame producten ontwerpen, kan mens-aangedreven producten ontwerpen en doorrekenen. Een EBBE kan energie-efficiëntie evalueren, data analyseren en interpreteren en simulatietools hanteren om prestaties van energiesystemen te simuleren, kan rekenen aan

energieconversies. Een bouwkundige EBBE kan integraal ontwerpen voor energie-efficiëntie door het hanteren van de passiefhuis principes (PHPP), zie Figuur 12. Een EBBE kan energiebewust programmeren, kan geheugen en rekenkracht beperken. Een EBBE kan niet alleen een businesscase opstellen, maar ook een carboncase en een energycase.

Een EBBE gebruikt strategieën waarmee een organisatie niet uitsluitend financieel-economische waarde creëert, maar ook expliciet aanstuurt op realiseren van sociaal-maatschappelijke en ecologische waarde, zogenaamde meervoudige waardecreatie. Veelgebruikte indelingen van deze waarden zijn het zes kapitalen model¹⁹ (Figuur 14) of het people, planet, profit model (Figuur 13).



Figuur 12 Schematische weergave Passief Bouwen¹⁸



Figuur 13 People, Planet, Profit model

Een slimme manier om te innoveren is door af te kijken van de natuur, 3.8 miljard jaar aan evolutionaire kennis en weet inmiddels wat werkt, wat passend is en wat blijvend is. Biomimicry is leren van, en vervolgens nabootsen (emulate) van natuurlijke vormen, processen en ecosystemen, om duurzamere ontwerpen te creëren.

Biomimicry is interessant voor alle opleidingen in het Domein Techniek. Van slimme drone zwerm technologieën, afgekeken van vogelzwermen of vissenscholen²⁰; of klimaatbeheersing, afgekeken van termietenheuvels²¹; tot flexibele batterijen, geïnspireerd op elektrische palingen²². Er zijn enorm veel voorbeelden van nuttige toepassingen van Biomimicry, ook op het gebied van energie en energie-efficiency.

Biomimicry is een methodologie waarbij je vanuit de natuur kan starten of vanuit een ontwerp-probleem.

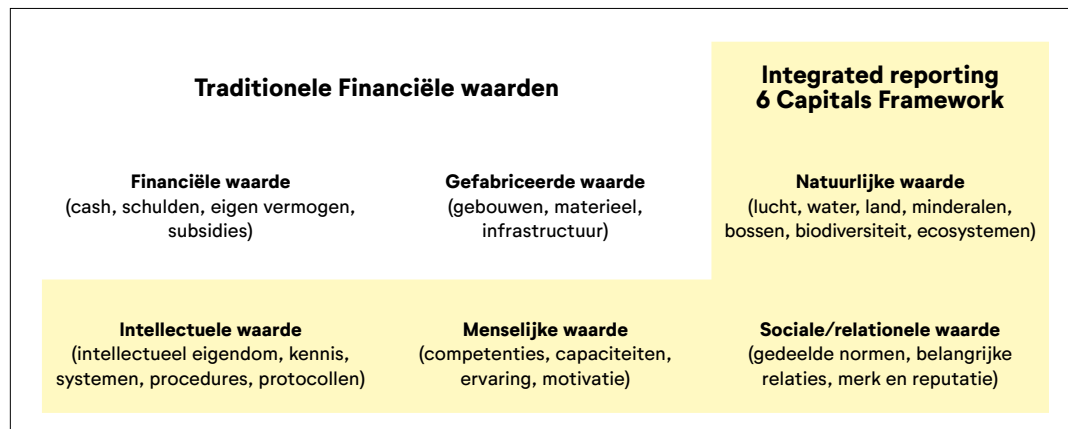
Bij het starten vanuit een ontwerpprobleem doorloop je een ‘normaal’ ontwerpproces waarbij in de ideefase op zoek gaat naar voorbeelden in de natuur die dezelfde functies vervullen als benodigd zijn in je ontwerp. Bij het starten vanuit de natuur onderzoek je hoe een interessant voorbeeld in de natuur een bepaalde functie vervult, en ga je op zoek naar nuttige toepassingen voor de mens.

PAX Water Technologies ontwikkelde zo een mixer die het spiraalvormige stromingspatroon van de natuur repliceert – waargenomen in draaikolken en tornado’s – om de prestaties en het energieverbruik (30% minder energie) van mengwateropslagtanks aanzienlijk te verbeteren, zie Figuur 15.

Geïnspireerd op de bobbel aan de vinnen van bultrugwalvissen zijn windmolenbladen gemaakt met een 40% hogere efficiëntie dan traditionele bladen, zie Figuur 16. Dit principe werkt ook op bijvoorbeeld vliegtuigvleugels en een surfboard.



Figuur 15 PAX mixer



Figuur 14 IIR 6 kapitalen model

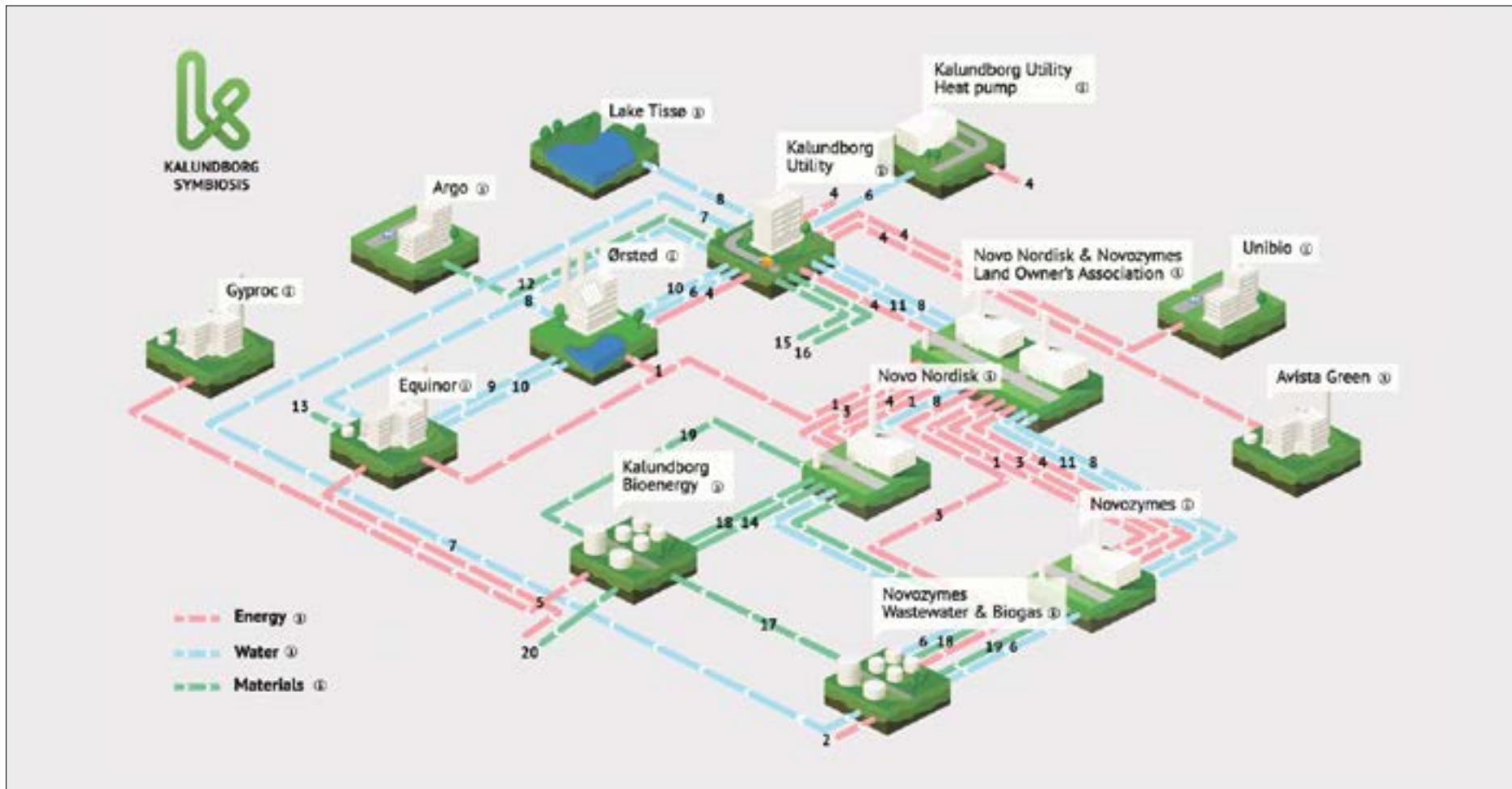


Figuur 16 Windmolenbladen met bobbel van bultrugwalvis²³

Een ander bekend voorbeeld is industriegebied in Kalundborg, zie Figuur 17, waarin een symbiotisch ecosysteem wordt nagebootst en slim wordt omgegaan met energie, materialen en water tussen bedrijven.

Een EBBE kan een Levenscyclus Analyse (LCA) begrijpen en interpreteren en een LCA Quick-scan uitvoeren (Let op dat LCA's verschillende aspecten kunnen weergeven, zoals CO₂-emissies of equivalenten, milieupunten of

ecocosts). Een EBBE is in staat hieruit conclusies trekken en op basis hiervan ontwerpkeuzes maken en onderbouwen.



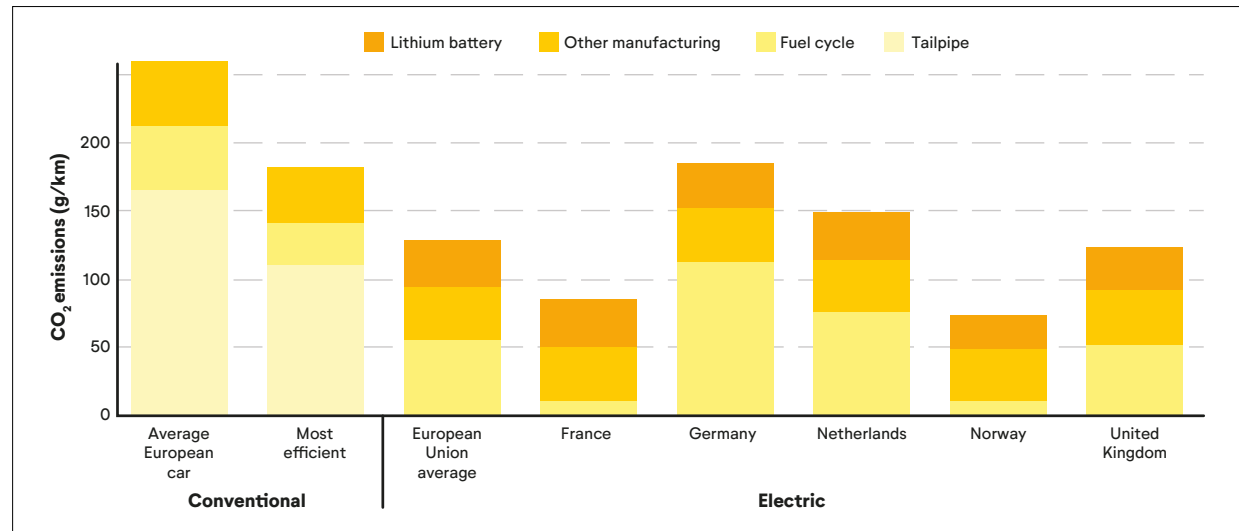
Figuur 17 Kalundborg ecosysteem²⁴

Als voorbeeld is in Figuur 18 de uitkomst te zien van een LCA, waarbij een vergelijking gemaakt is tussen een elektrische auto versus een brandstofauto in verschillende Europese landen. Hier is alleen naar CO₂-emissie gekeken.

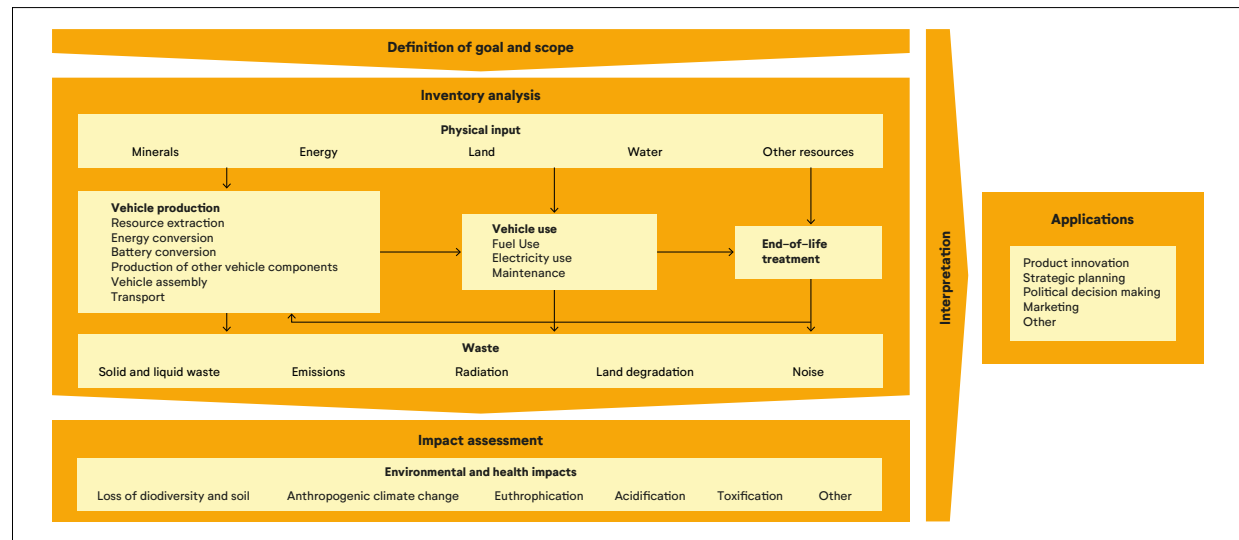
In Figuur 19 is een korte uitleg te zien van de opzet van soortgelijk onderzoek (in dit geval wordt naar meer gekeken dan alleen CO₂-emissie). Daarin staat ook interpretatie en applicatie (productinnovatie, strategisch planning, besluitvorming en marketing) als onderdeel van een LCA.

Voor gebouwen is het gebruikelijk te werken met MilieuPrestatie Gebouwen (MPG) in plaats van een LCA. De bouwkundig engineer streeft naar een zo laag mogelijke MilieuPrestatie Gebouwen (MPG) score in combinatie met een minimale energie-behoefte van een gebouw.

Bij het maken van ontwerpkeuze wordt door de EBBE niet alleen naar de investeringskosten voor de realisatie van het gebouw gekeken, maar neemt hierbij ook de exploitatiekosten mee. Bij het ontwerpen wordt er geredeneerd van uit Total Cost of Ownership (TCO) of Life Cycle Costing (LCC).



Figuur 18 LCA (alleen CO₂-emissie) elektrische versus conventionele auto, 150.000km in 2015²⁵



Figuur 19 Voorbeeld LCA opzet elektrische auto²⁶

Leiderschap & Waarden

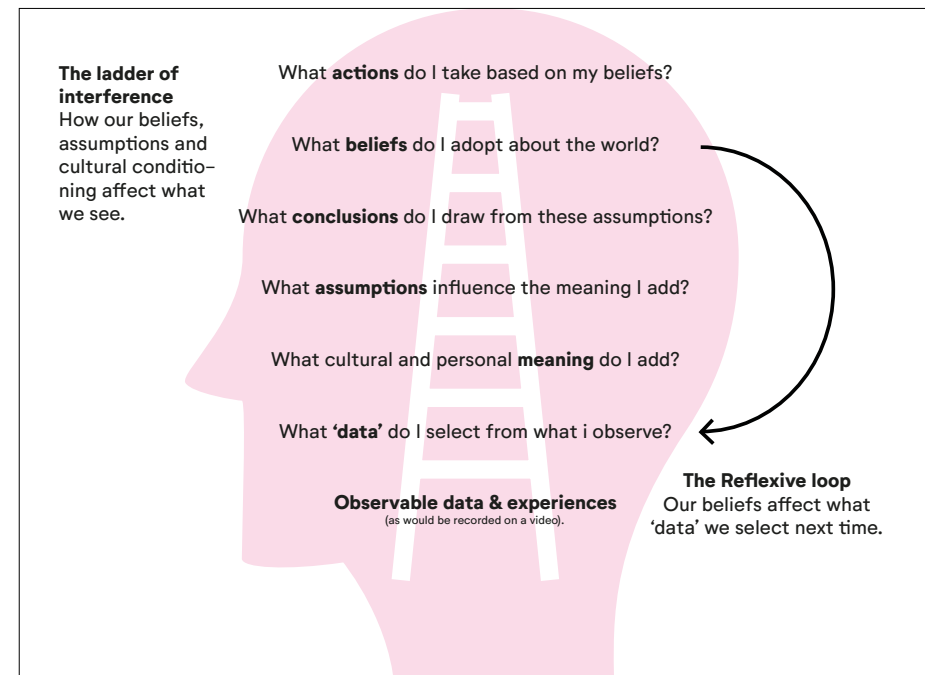
Bij de eigenschap ‘Leiderschap & Waarden’ gaat het erom dat studenten waarden ontwikkelen zodat ze intrinsiek gemotiveerd zijn om aan de energietransitie te willen werken. Het gaat hier om het ontwikkelen van urgentiebesef en verantwoordelijkheidsgevoel, gevolgd door werken aan veranderbereidheid, persoonlijke inzet, intrinsieke motivatie, initiatief nemen en leiderschap tonen.

De maatschappij heeft behoefte aan waardenvolle professionals die actief aan maatschappelijke uitdagingen werken.

Maar hoe ontwikkelen waarden zich? Wat je tegenkomt in je leven vormt je overtuigingen en andersom: je overtuigingen beïnvloeden welke informatie je opneemt en hoe je die verwerkt, zie Figuur 20. Alles wat je doet in onderwijs doet iets in de ontwikkeling van overtuigingen van je studenten. Door studenten veel in aanraking te laten komen met belangrijke maatschappelijke vraagstukken, geef je vorm aan overtuigingen en waarden.

Als het goed is draagt een onderwijsinstelling bij aan het innerlijke kompas van studenten, zodat ze de motivatie hebben om bij te dragen aan het welzijn van iets dat veel groter is dan wijzelf. Zoals klimaatverandering, milieuproblemen, volksgezondheid, mensenrechten, enz. Het innerlijk kompas bepaalt hoe mensen prioriteiten stellen bij het nemen van beslissingen en in hun handelen. Een stabiel innerlijk kompas verankerd in waarden met betrekking tot een groter geheel betekent dat zorgen voor het welzijn van het grotere geheel in verschillende situaties worden meegenomen²⁹. Het innerlijke kompas is ook nodig om leiderschap te kunnen tonen in duurzaamheids-transities.

Uit onderzoek in samenwerking met de opleidingen in het Domein Techniek kwamen de volgende benodigde kenmerken voor een EBBE naar voren.



Figuur 20 Ladder of inference²⁷

Een EBBE:

- is zich bewust van de noodzaak en urgentie van de energietransitie,
- heeft een voorbeeldfunctie met betrekking tot het vormgeven van de energietransitie,
- kan het urgentiebesef bij stakeholders vergroten, daagt opdrachtgevers uit tot energietransitiebewust ontwerp en uitvoering en zet in op gedragsverandering,
- kan de eigen missie wat betreft de energietransitie verwoorden en is zich bewust van de eigen persoonlijke en professionele rol.

“

In het onderwijs gaat het naast kwalificatie en socialisatie altijd ook om de vorming van de persoon, gericht op het volwassen in de wereld willen zijn.²⁸

”

Systeemdenken

Het gaat hierbij om het kunnen systeemdenken, multi (/inter-/trans-)disciplinair kunnen samenwerken, kritisch denken, strategisch denken, kunnen schakelen tussen helicopterview en detailniveau en het kunnen bepalen van de complexiteit van een vraagstuk.

Systeemdenken is een kerncompetentie voor het realiseren van een duurzame toekomst. Systeemdenken helpt om de complexiteit van de energietransitie te begrijpen en op te lossen, door te kijken naar onderlinge afhankelijkheden en interactie van de verschillende onderdelen van het energiesysteem. Systeemdenken helpt ook om de impact van de energietransitie op verschillende stakeholders te begrijpen en geeft inzicht in de mondiale en regionale dynamiek. Zo kunnen effectieve oplossingen worden bedacht om de energietransitie te versnellen. Systeemdenken vraagt van professionals het heen en weer bewegen tussen multiperspectiviteit (het innemen van meerdere perspectieven) enerzijds en een specialistisch perspectief anderzijds. Simpel gezegd: systeemdenken is een spel van voortdurend in- en uitzoomen.

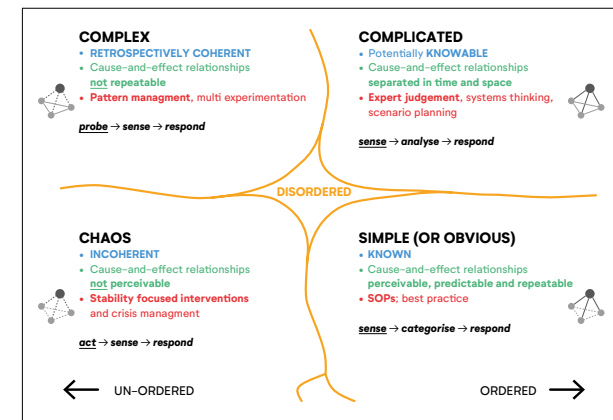
Het vermogen tot systeemdenken is niet intuïtief of aangeboren. Professionals hebben weliswaar het vermogen om patronen te zien, maar dat vermogen is vaak begrensd³⁰. Systeemdenken is een vaardigheid die aangeleerd moet worden³¹. Diep en duurzaam begrip van 'sets van elementen die in onderling verband staan' ontwikkelt zich namelijk niet vanzelfsprekend.

Algemene systeemdenkstappen³⁴:

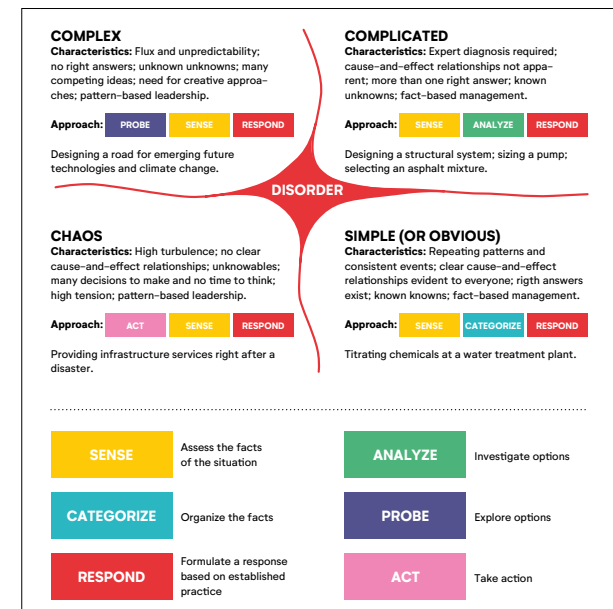
1. Ontwikkel en articuleer probleemstelling
2. Identificeer en bak het systeem af
3. Identificeer de elementen en patronen
4. Ontdek de structuren
5. Ontdek de mentale modellen
6. Identificeer en pak archetypen aan
7. Modelleer (indien van toepassing)
8. Bepaal de systemische grondoorzaken
9. Doe aanbevelingen
10. Beoordeel verbeteringen

Voor de aanpak van een vraagstuk is het van belang te weten om welk soort vraagstuk het gaat in termen van complexiteit.

In Figuur 21 is het Cynefin framework weergegeven, met uitleg wat een vraagstuk simpel, gecompliceerd, complex of chaotisch maakt, met bijbehorende aanpak. In Figuur 22 voorbeelden van infrastructurele vraagstukken.



Figuur 21 Cynefin framework³²



Figuur 22 Cynefin toegepast op infrastructuur³³

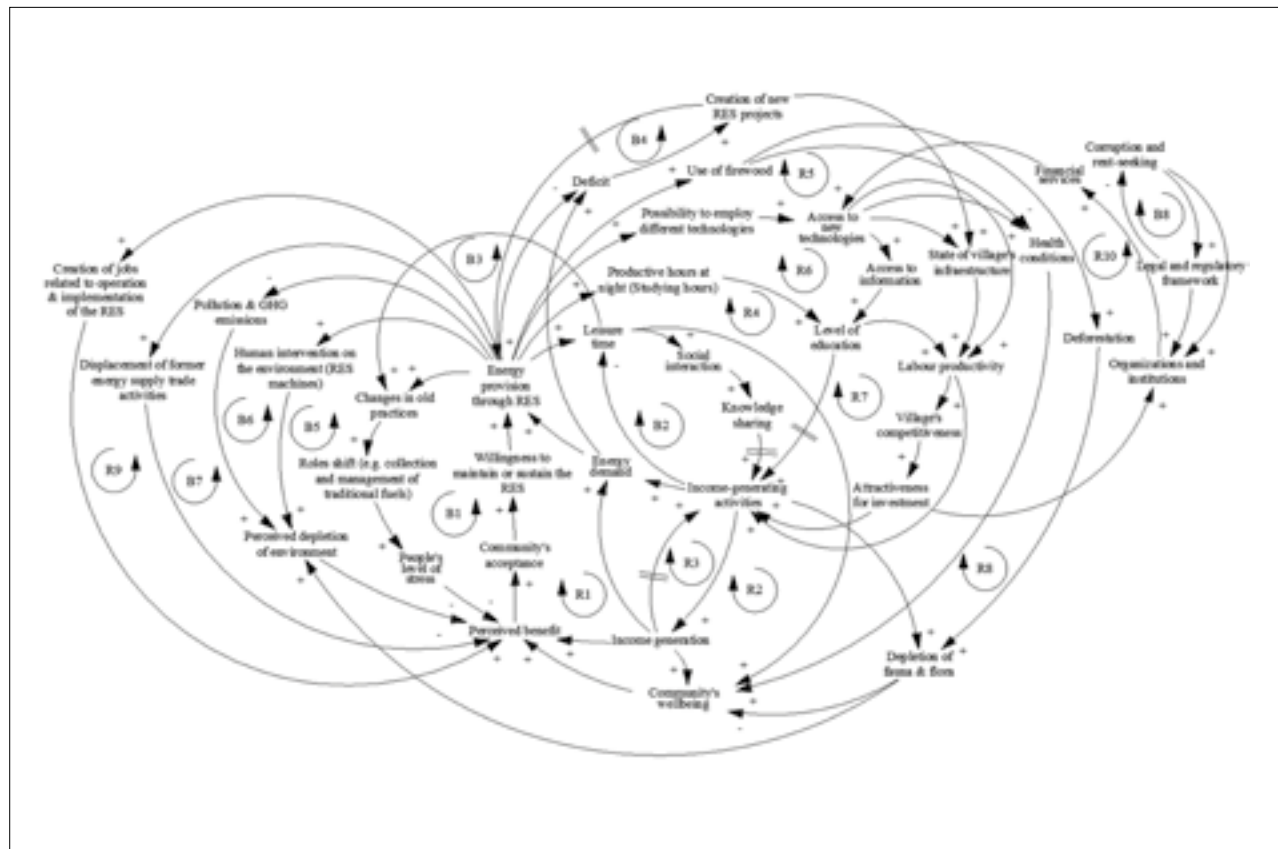
Een causaalrelatiediagram (causal loop diagram) is een conceptueel model waarin inzichtelijk kan worden gemaakt welke factoren van invloed kunnen zijn op een probleem. Het kan helpen om te gaan met complexe vraagstukken. Door een causaalrelatiediagram te maken krijg je inzicht in de impact en effecten van interventies: bereik je wel het juiste of moet je aan andere knoppen draaien. In Figuur 23 staat causaalrelatiediagram van de acceptatie van hernieuwbare energiesystemen (RES: Renewable Energy Systems).

Werken aan energietransitievraagstukken vraagt om voortdurend in- en uitzoomen, van detailniveau naar totaaloverzicht en terug.

Complexe vraagstukken zijn meestal niet mono-disciplinair aan te pakken, dat vraagt van een EBBE om multidisciplinair en/of interdisciplinair en/of transdisciplinair samen te kunnen werken.

Een EBBE:

- werkt samen met andere experts vanuit gezamenlijk belang, weet welke expertise nodig is in het oplossen van energietransitievraagstukken, kan eigen expertise toevoegen en kan aansluiten op de expertise van anderen,
- initieert slimme verbindingen tussen diverse expertises,
- draagt creatieve oplossingen aan, neemt integraliteit mee als uitgangspunt, kan de hele levenscyclus meenemen in het ontwerpen
- blijft daarbij kritisch denken en waakt voor greenwashing, zodat er uiteindelijk een duurzaam resultaat ligt en niet alleen een mooie marketingkreet.



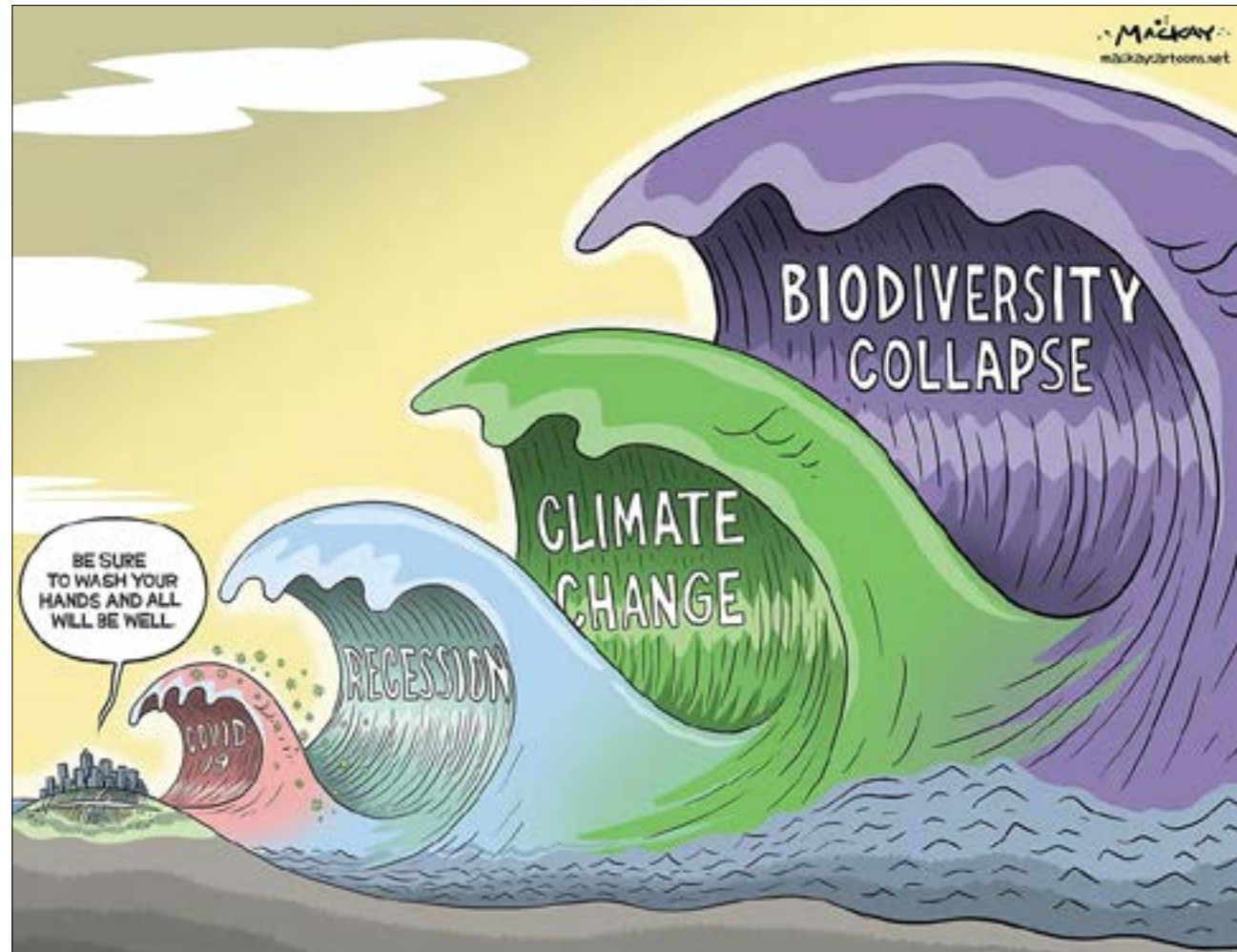
Figuur 23 causaalrelatiediagram³⁵

Duurzaamheid

Om te snappen dat er iets moet gebeuren, is het nodig om kennis en besef te hebben van de uitdagingen waar we op dit moment als mensheid voor staan. De energietransitie is een maatschappelijke uitdaging en transitie die samenhangt met andere uitdagingen.

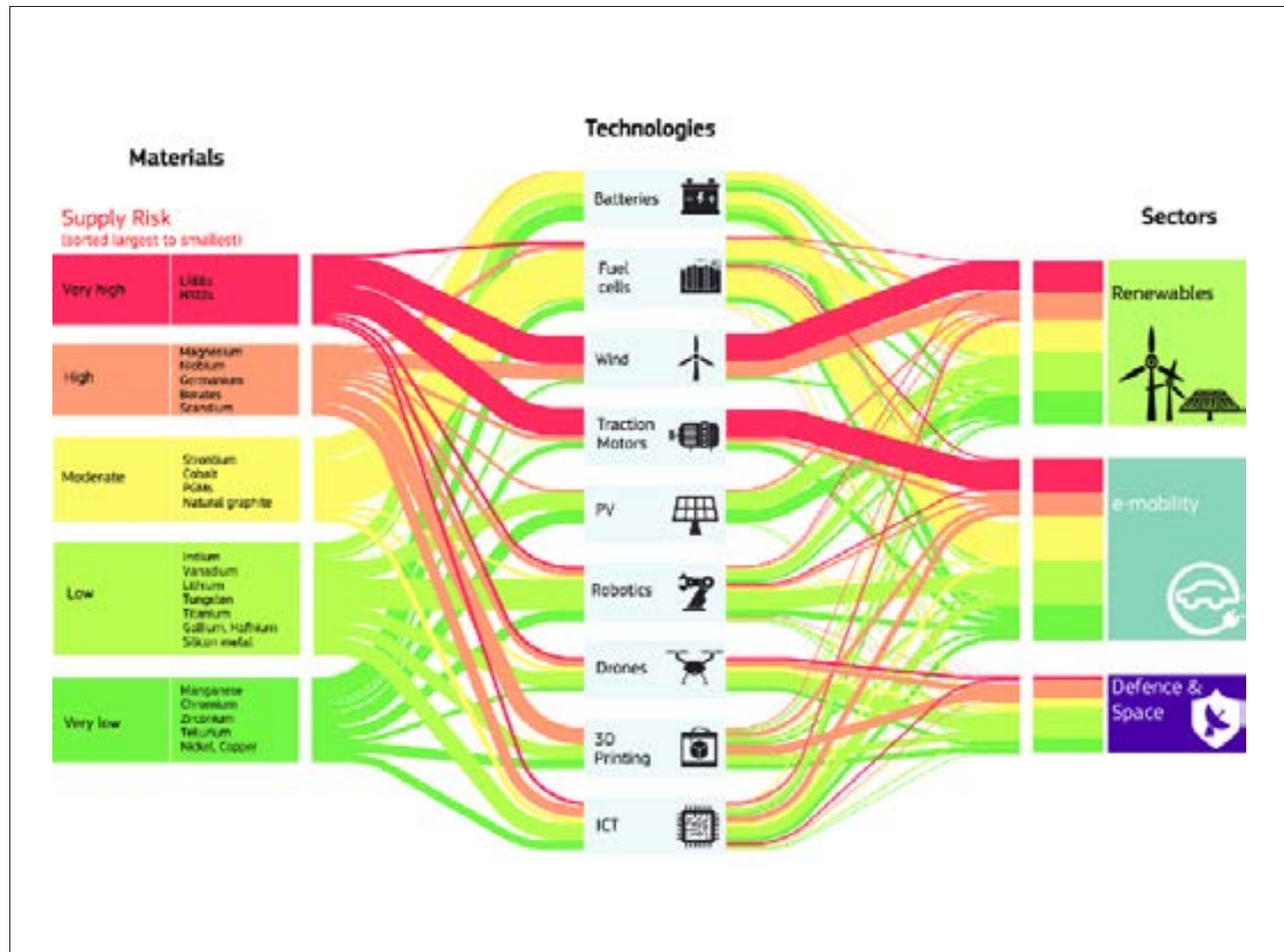
De energietransitie is nodig om de klimaatverandering een halt toe te roepen. Klimaatverandering is één van de belangrijke veroorzakers van biodiversiteitsverlies en dat is voor ons als mensheid een nog grotere bedreiging dan klimaatverandering, zie Figuur 24.

De energietransitie en de transitie naar circulariteit hangen samen. De energietransitie nodig voor de transitie naar circulariteit, vanwege de hoge energievraag van veel circulaire strategieën. Het is noodzakelijk om efficiënt om te gaan met energie en te zorgen voor beschikbaarheid van duurzame energievormen. Voor de energietransitie is de transitie naar circulariteit nodig, omdat veel materialen nodig die niet altijd makkelijk te verkrijgen zijn.



Figuur 24 De 4e golf⁶⁶

Sommige materialen zijn voldoende aanwezig. Er zijn ook materialen die een cruciale rol spelen in de energietransitie, maar waar de leveringsbetrouwbaarheid op het spel staat, zie Figuur 25. Dit kunnen schaarse materialen zijn of bijvoorbeeld materialen uit conflictgebieden. De Europese Commissie heeft sinds 2011 een lijst met kritische grondstoffen (Critical Raw Materials) en herzielt deze elke drie jaar. Voor de invoer van metalen is de EU 75% tot 100% afhankelijk van landen buiten de EU. In 2020 heeft de Europese Commissie een actieplan voor grondstoffen gemaakt om toekomstige toelevering zeker te stellen³⁸.



Figuur 25 Flow van materialen voor drie sectoren³⁷

Ook stellen we leveringszekerheid boven een ‘fair’ aandeel, waarmee we ver boven onze stand leven.

Zo hangen veel uitdagingen en transitie met elkaar samen. Op basis van de 17 duurzame ontwikkeldoelen (SDG's), doelen voor 2030, heeft een modiale groep wetenschappers zes transformaties geformuleerd die de 17 SDG's ondersteunen, zie Figuur 26.

Andere onderzoekers zien de SDG's als een brug om naar 'Regenerative Development' te komen, zie Figuur 27.

Regenerative Development gaat verder dan traditionele duurzaamheidspraktijken die negatieve effecten op het milieu proberen te minimaliseren en richt zich in plaats daarvan op het herstellen en regenereren van natuurlijke systemen, waarbij wordt erkend dat menselijke en natuurlijke systemen onderling afhankelijk en onderling verbonden zijn.

Kate Raworth ontwikkelde in 2012 de 'Doughnut economy'⁴¹, ze bouwde daarmee voort op de 'Planetary Boundaries'⁴². Wanneer ecologische plafonds niet worden overschreden (naar buiten toe) en het sociaal fundament wordt bereikt (naar binnen toe) bevindt de economie zich in "de veilige en rechtvaardige sociale ruimte".

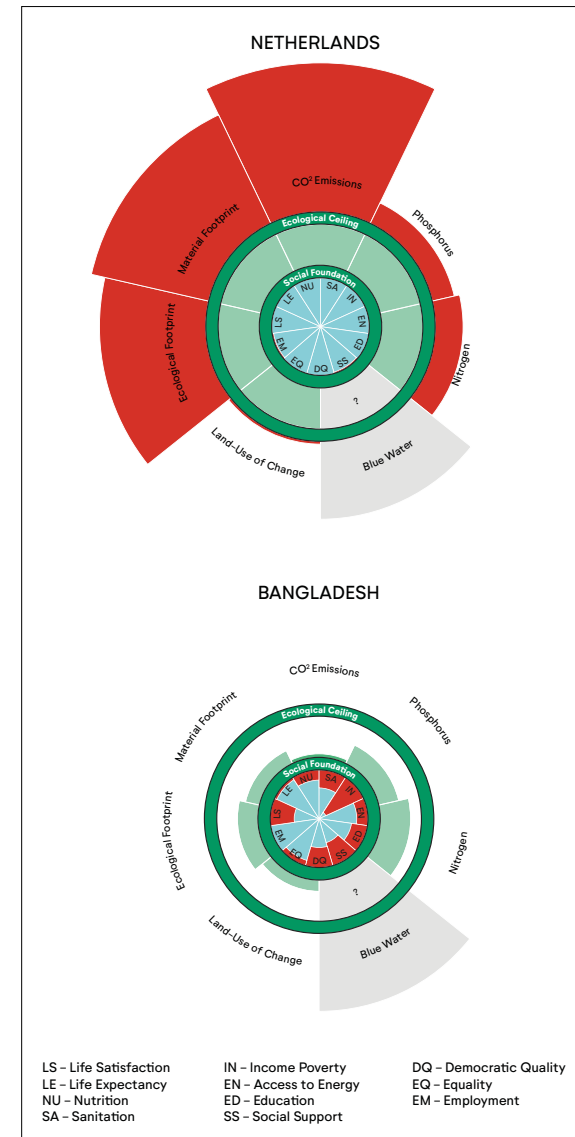
De samenhang tussen sociale aspecten en ecologische aspecten van menselijke activiteiten wordt duidelijk als bijvoorbeeld de landen Nederland en Bangladesh naast elkaar worden gezet, zie Figuur 28.



Figuur 26 Zes transformaties³⁹



Figuur 27 Beyond sustainability⁴⁰



Figuur 28 Doughnut economy Nederland en Bangladesh in 2015⁴³

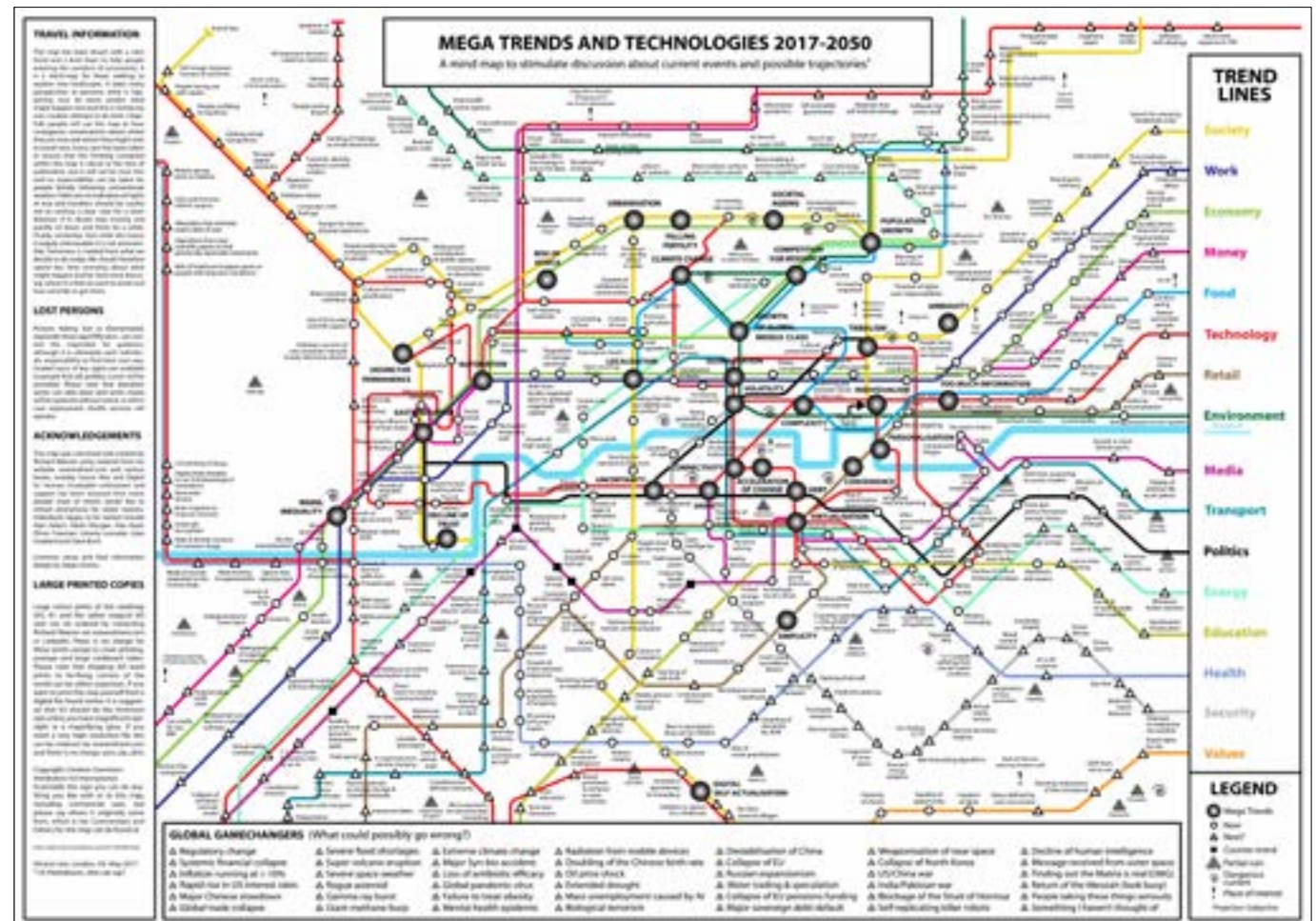
LS – Life Satisfaction
LE – Life Expectancy
NU – Nutrition
SA – Sanitation
IN – Income Poverty
EN – Access to Energy
ED – Education
SS – Social Support
DQ – Democratic Quality
EQ – Equality
EM – Employment

Adaptief vermogen

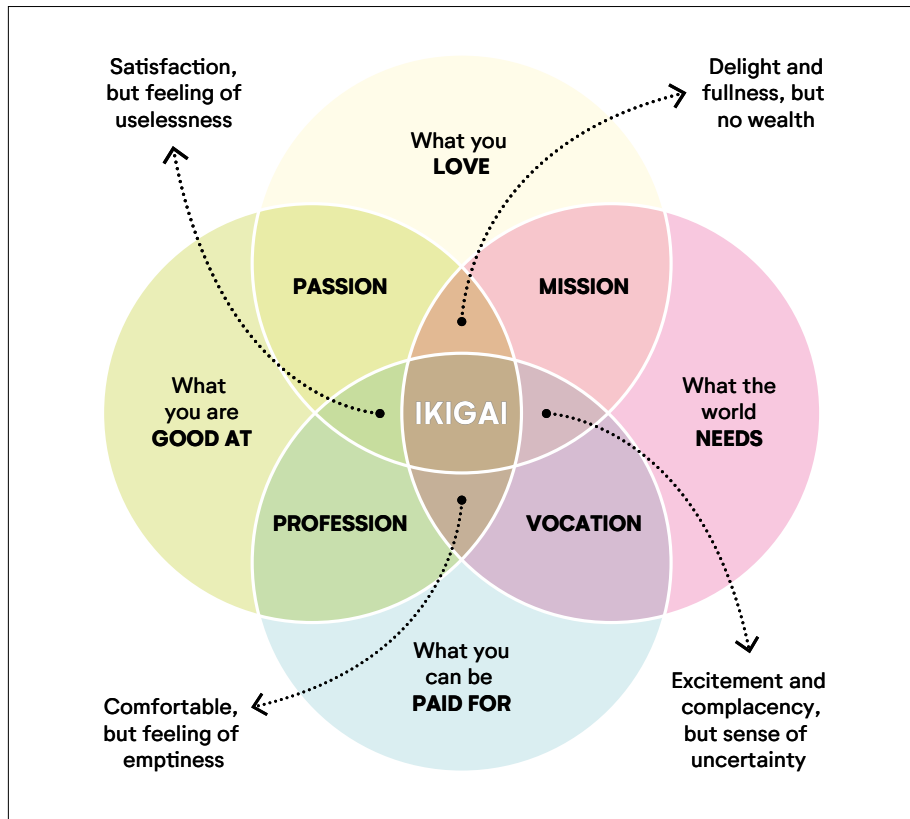
Bij eigenschap Adaptief vermogen gaat het om leven lang ontwikkelen, kunnen omgaan met onzekerheden, flexibiliteit en aanpassingsvermogen, blijvend nieuwsgierig zijn naar ontwikkelingen, hulp durven vragen en de eigen rol bepalen in de energietransitie.

De wereld om ons heen verandert voortdurend, zie ook Figuur 29. De energietransitie is een snel evoluerend veld dat van professionals vereist om zich aan te passen aan nieuwe technologieën, beleid en marktomstandigheden. Ingenieurs moeten in staat zijn om nieuwe concepten te begrijpen en toe te passen, zoals hernieuwbare energiebronnen, energieopslagsystemen, slimme netwerken en energie-efficiënte gebouwen, producten en software.

Bovendien moeten ze kunnen werken in interdisciplinaire teams, waaronder belanghebbenden afkomstig van de overheid, het bedrijfsleven en de academische wereld. Dit vereist sterke communicatie- en samenwerkingsvaardigheden, evenals het vermogen om meerdere perspectieven te begrijpen en te integreren. Naarmate de energietransitie vordert, moeten ingenieurs zich kunnen aanpassen aan veranderende contexten, regelgeving en normen, evenals aan nieuwe samenwerkingsvormen en bedrijfsmodellen.



Figuur 29 Megatrends⁴⁴



Figuur 30 Ikigai⁴⁵

De opkomst van gedecentraliseerde energiesystemen en de integratie van hernieuwbare energiebronnen in het net vereist bijvoorbeeld dat ingenieurs een goed begrip hebben van elektrische systemen en energiemarkten. Flexibiliteit en continu leren zijn de sleutel tot succes voor de energietransitie, omdat ingenieurs op de hoogte moeten blijven van de nieuwste ontwikkelingen en bereid moeten zijn zich aan te passen aan nieuwe uitdagingen wanneer deze zich voordoen.

Een manier om inzicht te krijgen in welke rol een EBBE in de wereld kan spelen is Ikigai, zie Figuur 30. Ikigai (iki=leven en gai=waarde/resultaat) is een van oorsprong Japans concept waarmee je op zoek kunt naar 'je reden van bestaan'. De wereld heeft behoefte aan professionals die de energietransitie kunnen versnellen, daar is ook genoeg werk in te vinden. Wij kunnen ervoor zorgen dat er professionals opgeleid worden die hier goed in zijn. Wat de wereld precies nodig heeft en waar de kost mee te verdienen is, is nu anders dan over vier jaar, na afronden van een opleiding. Dit betekent dus dat een Ikigai geen tool is die eenmalig in te zetten is, maar meegroeit met de veranderingen om ons heen en in onszelf.

Hoe te integreren in hbo-onderwijs

De energietransitie heeft de EBBE hard nodig, dat vraagt om een integrale en structurele aanpak in de curricula. Samenhang in het curriculum en systematische verankering in de hele opleiding is nodig.

Kijk bijvoorbeeld naar het ‘Sustainability in Higher Education’(SHE)-kader⁴⁶ en doe een nulmeting. Binnen Windesheim is een aantal medewerkers opgeleid om opleidingen te begeleiden bij een nulmeting en zo inzichten te krijgen in hoe verder te komen in duurzaamheid. Er wordt beoordeeld op vier hoofdonderwerpen: Doelen (visie, strategie en leerdoelen), Organisatie (personeel, partnerships, cultuur, communicatie en kennisdeling), Onderwijs & onderzoek (didactiek, inhoud onderwijsprogramma en onderzoek) en Impact (afgestudeerden en innovaties en impact).

Expliciteer EBBE-eigenschappen in visie, strategie en leeruitkomsten van de opleiding en actualiseer deze systematisch met werkveldpartners en kennisinstellingen.

Zorg voor docentprofessionalisering, ontwikkel een netwerk met cruciale werkveldpartners en kennisinstellingen, zorg voor een veilige cultuur met open communicatie en kennisdeling. Geef het goede voorbeeld: ingenieurs die gepassioneerd zijn over de energietransitie kunnen dienen als rolmodellen en leiders in hun organisaties en gemeenschappen, en helpen een cultuur van duurzaamheid te bevorderen.

Zorg ervoor dat het werken aan EBBE-eigenschappen systematisch verankerd is in de hele opleiding voor iedere student en dat didactiek en inhoud regelmatig worden geëvalueerd en bijgesteld samen met partners.

Stimuleer hands-on, ervaringsgericht leren: studenten kunnen leren over de energietransitie door middel van hands-on projecten en stages waarmee ze aan echte problemen kunnen werken en de impact van hun werk kunnen zien. Stimuleer interdisciplinaire samenwerking: studenten kunnen profiteren van samenwerking met studenten en/of professionals uit andere vakgebieden, zoals beleidsdeskundigen en sociale wetenschappers, om de uitdagingen en kansen van de energietransitie aan te pakken.

Meet de impact van afgestudeerden en innovaties die studenten, docenten en onderzoekers ontwikkelen. Zijn afgestudeerden in staat om een actieve rol te spelen in de energietransitie?



Een mooi voorbeeld van een samenhangende onderwijsactiviteit binnen Domein Techniek is DriveXchange. Dit is een project van een semester, waarin multidisciplinair wordt samengewerkt door studenten werktuigbouwkunde, elektrotechniek en technische bedrijfskunde (blijft dus wel beperkt tot Engineering & Design studenten). Het is verplicht voor iedere student werktuigbouwkunde, elektrotechniek en technische bedrijfskunde en energie-aspecten zijn een integraal onderdeel van de beoordeling.

Een bron om naar te kijken voor inspiratie is een rapport van UNESCO: ‘Education for sustainable development goals, learning objectives⁴⁷’.

EBBE Onderwijsscan

Op basis van eerdergenoemde SHE-kader van Hobeon is een scan gemaakt, waarmee opleidingen hun eigen huidige curriculum kunnen scannen, zie Tabel 1 EBBE onderwijsscan. In de eerste kolom staat ter verge-

lijking de schaalverdeling van de niveau's zoals deze door Hobeon wordt gehanteerd in het SHE-kader. In de tweede kolom een omschrijving van hoe de EBBE eigenschappen (die in deze publicatie zijn omschreven)

in het onderwijs zijn verankerd. In de derde, vierde en vijfde kolom: in hoeverre de inhoud aangeboden wordt aan elke student.

Niveau in Hobeon SHE-kader	Check zelf in welk vak de voorgenoemde EBBE-eigenschappen passen	Verplicht voor iedere student	Student kan kiezen	(Nog) niet in de opleiding
1: Ad hoc	In eenmalige onderwijsactiviteiten gethematiseerd, ad hoc.	Mag wel wat meer	Jammer dat niet elke student voor de toekomst wordt opgeleid	Jammer, de energietransitie hapert hier
2: Samenhangend	In samenhangende onderwijsactiviteiten in een onderwijsperiode (periode, semester, jaar)	Goed begin		
3: Systematisch	Systematisch verankerd in de hele opleiding (doorlopende leerlijn(en), inclusief beoordeling en structureel gereviewd)	Goed!		
4,5: Partnergericht en impact op de samenleving	Systematisch verankerd en werkveldpartners en kennisinstellingen zijn actief betrokken bij de inhoud, de opleiding heeft een voorbeeldfunctie wat betreft positieve impact op de energietransitie.	Top!		

Tabel 1 EBBE onderwijsscan

Bronnen

1. Hawkins, E. (2021). showyourstripes. (University of Reading) Opgehaald van <https://showyourstripes.info>
2. Einstein, A. (z.d.). Opgehaald van <https://www.quotespedia.org/authors/a/albert-einstein/we-cannot-solve-our-problems-with-the-same-thinking-we-used-when-we-created-them-albert-einstein/>
3. NRO. (2022). Comeniusprogramma. Opgehaald van <https://www.nro.nl/onderzoeks-programmas/comeniusprogramma>
4. Windesheim. (2022). Energietransitie. Opgehaald van [Windesheim.nl](https://www.windesheim.nl):
5. Selhorst, M., Tempels, C., Van Vulpen, J., & Wallinga, J. (2023). Het profiel van een Energietransitie Bewuste en Bekwame Engineer (EBBE) ondersteunt het ontwerpen van een energietransitie-inclusief curriculum.
6. World resources institute. (2022, juni). 4 Charts Explain Greenhouse Gas Emissions by Countries and Sectors. Opgehaald van <https://www.wri.org/insights/4-charts-explain-greenhouse-gas-emissions-countries-and-sectors>
7. Ritchie, H. (2020, september 18). GHG emissions by sector. Opgehaald van <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>
8. Grin, J., Rotmans, J., Schot, J. W., Geels, F. W., & Loorbach, D. (2010). Transitions to sustainable development: new directions in the study of long-term transformative change. Routledge.
9. Lodder, M., Roorda, C., Loorbach, D., & Spork, C. (2017). Staat van Transitie: patronen van opbouw en afbraak in vijf domeinen. The Netherlands: Erasmus Universiteit Rotterdam: Drift. Opgehaald van <https://drift.eur.nl/app/uploads/2017/09/DRIFT-Rapport-Staat-van-Transitie.pdf>
10. Wahl, D. C. (2016). Designing regenerative cultures. Triarchy Press.
11. Rijksoverheid. (sd). Overheid stimuleert milieuvriendelijker rijden. Opgeroepen op 2023, van: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/auto/overheid-stimuleert-milieuvriendelijker-rijden>
12. Global Footprint Network. (2022). Fact Sheet Nederland. Opgehaald van <https://www.footprintnetwork.org/nederland/>
13. Earth Overshoot Day. (2022). Country Overshoot Day. Opgehaald van: <https://www.overshootday.org/newsroom/country-overshoot-days/>
14. Schurink, P. (2021, januari). hernieuwbare-trias-energetica. Opgehaald van: <https://www.greenevents.nl/energie/hernieuwbare-trias-energetica/>
15. Digiconomist. (2023, januari 30). Bitcoin Energy Consumption Index. Opgehaald van: <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>
16. Europese Commissie. (2022). COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS: On making sustainable products the norm. EUR-lex. Opgehaald van: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022DC0140&qid=1649112555090>
17. Rijksoverheid. (2021). co₂ heffing voor industrie. Opgehaald van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/milieubelastingen/co2-heffing-voor-industrie>
18. De Groot, J. (sd). Passief bouwen. Opgeroepen op 2023, van [jwdegroot.nl: https://www.jwdegroot.nl/bouwen-verbouwen/duurzaamheid/passief-bouwen/](https://www.jwdegroot.nl/bouwen-verbouwen/duurzaamheid/passief-bouwen/)
19. Marsh, D. (2022). What are the 6 capitals of value creation. Opgehaald van <https://www.sweco.co.uk/wp-content/uploads/sites/19/2022/10/The-6-capitals-of-value-creation-1022-v1.pdf>
20. Tanaka, S., Asignacion, A., Nakata, T., Suzuki, S., & Liu, H. (2022). Review of Biomimetic Approaches for Drones. Drones, pp. 6(11), 320. <https://doi.org/10.3390/drones6110320>
21. AskNature. (1996). Asknature.org. Opgehaald van <https://asknature.org/innovation/passively-cooled-building-inspired-by-termite-mounds/>
22. AskNature. (2017). Asknature.org. Opgehaald van <https://asknature.org/innovation/flexible-batteries-inspired-by-electric-eels/>
23. Learn Biomimicry. (2022). 50 of the World's Best Biomimicry Examples (so far). Opgehaald van <https://www.learnbiomimicry.com/blog/best-biomimicry-examples>
24. AskNature. (sd). Asknature.org. Opgehaald van <https://asknature.org/innovation/resource-management-inspired-by-symbiosis/>
25. Hall, D., & Lutsey, N. (2018). Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions. Washington, DC United States: International Council on Clean Transportation (ICCT). Opgehaald van https://theicct.org/sites/default/files/publications/EV-life-cycle-GHG_ICCT-Briefing_09022018_vF.pdf
26. Helmers, E., & Weiss, M. (2017). Advances and critical aspects in the life-cycle assessment of battery electric cars. Energy Emiss. Control Technol, p. 5(1). <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2147/ECT.S60408>

27. Wahl, D. C. (2016). Designing regenerative cultures. Triarchy Press.
28. Biesta, G. J. (2015). Het prachtige risico van onderwijs. Phronese.
29. Jordan, T. (2021). Inner development goals – Background, method and the IDG framework. Growth that Matters AB. Opgehaald van https://static1.squarespace.com/static/600d80b3387b98582a60354a/t/61aa2f96dfd3fb-39c4fc4283/1638543258249/211201_IDG_Report_Full.pdf
30. Feriver, Ş., Olgan, R., Teksöz, G., & Barth, M. (2022). Impact of early childhood education settings on the systems thinking skills of preschool children through the lens of Bronfenbrenner's theory. *Systems Research and Behavioral Science*, pp. 39(1), 85–103. doi:10.1002/sres.2749
31. Hung, W. (2008). Enhancing systems-thinking skills with modelling. *British Journal of Educational Technology*, pp. 39(6), 1099–1120. doi:10.1111/j.1467-8535.2007.00791.x
32. Chester, M. V., & Allenby, B. (2019). Infrastructure as a wicked complex process. *Elementa: Science of the Anthropocene*, 7:21. <https://doi.org/10.1525/elementa.360>
33. Cynefin.io. (2021, februari). Cynefin. Opgehaald van <https://cynefin.io/wiki/Cynefin>
34. Dano, E. B. (2022). Introducing Systems Thinking Techniques into an Undergraduate Engineering Education. In *INCOSE International Symposium*, pp. Vol. 32, No. 1, pp. 199–209.
35. González, A. M., Sandoval, H., Acosta, P., & Henao, F. (2016). On the acceptance and sustainability of renewable energy projects – A systems thinking perspective. *Sustainability*, pp. 8(11), 1171.
36. Mackaycartoons.net. (2020). The 4th wave. Opgehaald van: <https://i0.wp.com/mackaycartoons.net/wp-content/uploads/2020/03/2020-03-11revised3.jpg?resize=700%2C542&ssl=1>
37. Europese Commissie. (2020). Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU – a foresight study.
38. Europese Commissie. (2020). COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS: Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards greater Security and. Brussel: EUR-Lex. Opgehaald van <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>
39. TWI2050. (2020). Innovations for Sustainability. Pathways to an efficient and post-pandemic future. Laxenburg, Austria.: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). DOI: 10.22022/TNT/07-2020.16533
40. Wahl, D. C. (2019, november 25). A systems approach to the SDGs & the need to reframe SDG8. Opgehaald van: <https://medium.com/age-of-awareness/a-systems-approach-to-the-sdgs-the-need-to-re-frame-sdg8-6c4853118f82>
41. Raworth, K. (2012). A safe and just space for humanity: can we live within the doughnut? Oxfam.
42. Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F., Lambin, E., . . . Foley, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Eco-logy and society*, pp. 14, 1–33.
43. University of Leeds. (2021). Country Trends. Opgehaald van <https://goodlife.leeds.ac.uk/national-trends/country-trends/#NLD>
44. Dawson, R. (2017). Visual network map of MegaTrends to 2050. Opgehaald van <https://rossdawson.com/visual-network-map-megatrends-2050/>
45. Boom Management. (2018, januari 31). Wat leren we in 7 stappen van Google's high performance teams? Opgehaald van: <https://boommanagement.nl/artikel/wat-leren-7-stappen-van-googles-high-performance-teams/>
46. Hobeon. (2021). Beoordelingskader duurzame ontwikkeling in het hoger onderwijs. Opgehaald van Hobeon: <https://www.hobeon.nl/system/files/inline/Beoordelingskader%20SHE%202023.pdf>
47. Rieckmann, M. (2017). Education for sustainable development goals: Learning objectives. Unesco Publishing. Opgehaald van <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247444>

Colofon

Titel: EBBE-profiel in het onderwijs

Ondertitel: Energietransitie Bewuste en Bekwame Engineers: willen, weten en kunnen

Auteur(s): Anne van Vulpen, Claudia Tempels, Jeike Wallinga, Mirjam Selhorst, Guus Gerrits, Derk-Jan Winkel, Melanie de Vries

Uitgever: hogeschool Windesheim Zwolle

Publicatiedatum: 20 juni 2023



Deze publicatie valt onder een Creative Commons Naamsvermelding 4.0 – Internationaal- licentie.

Dit betekent dat de kennis uit deze publicatie hergebruikt mag worden als basis voor de ontwikkeling van nieuwe kennis mits de naam van de auteur hierbij vermeld wordt. Wij zouden graag van je horen waar je de publicatie voor hergebruikt. Dit helpt ons om inzichtelijk te krijgen wat de impact van ons onderzoek is. Je kunt contact opnemen met de auteur via (energietransitie@windesheim.nl).

hogeschool 
Windesheim

Campus 2 // 8017 CA Zwolle

T: 0900 – 8899

E: energietansitie@windesheim.nl