

TU/e *Living Lab*

Motor van duurzame innovatie



Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	4
Inleiding	7
1 <i>Living Lab</i> als accelerator voor <i>Energy</i> , <i>Smart Mobility</i> en <i>Health</i>	9
1.1 <i>Energy</i>	13
1.2 <i>Smart Mobility</i>	21
1.3 <i>Health</i>	32
2 <i>Living Lab</i> voor synergie tussen onderwijs, onderzoek, beheer en communicatie	35
2.1 Onderzoek	36
2.2 Onderwijs	40
2.3 Beheer	42
2.4 Communicatie	44
3 Conclusies en aanbevelingen	46
3.1 Aanbevelingen voor 2011	47
3.2 Aanbevelingen voor 2012	49
3.3 2020: <i>City of Tomorrow</i>	51

Managementsamenvatting

Stichting Urgenda heeft dit rapport geschreven in opdracht van de TU/e-regiegroep duurzaamheid. Het beschrijft hoe de TU/e van haar campus een internationaal vermaarde broedplaats van duurzame innovaties kan maken die nog meer getalenteerde studenten en interessante bedrijven aantrekt. Voorgesteld wordt om de campus te gebruiken als een *Living Lab* dat door experimenten en toepassingen op eigen terrein bouwt aan de duurzame *City of Tomorrow*.

Hoofdstuk 1: *Living Lab* als accelerator voor *Energy*, *Smart Mobility* en *Health*

TU/e *Living Lab* houdt in dat de campus wordt ingezet als een laboratorium waarin onderzoekers en studenten in samenwerking met het bedrijfsleven de oplossingen van morgen vandaag al in de praktijk brengen. We constateren dat de *Strategic Areas Energy*, *Smart Mobility* en *Health* van essentieel belang zijn voor het verduurzamen van onze samenleving. We geven een reeks voorbeelden van manieren waarop de campus gebruikt kan worden om innovaties op deze gebieden in de praktijk vorm te geven, te testen en verder te ontwikkelen. De aansluiting met de *Strategic Areas* betekent dat het *Living Lab* geen nieuw initiatief is maar een logische invulling van Strategie 2020.

Hoofdstuk 2: *Living Lab* voor synergie tussen onderzoek, onderwijs, beheer en communicatie

De TU/e heeft met haar campus, *Strategic Areas*, innovatieve populatie en locatie in de slimste regio ter wereld een unieke combinatie in handen. De invoering van de brede bachelor en de investeringen in Campus 2020 zorgen voor een uitgelezen *window of opportunity*. Het *Living Lab* brengt al deze zaken bij elkaar. Het *Living Lab* zorgt voor synergie tussen onderzoek, onderwijs, beheer en communicatie waarbij elke groep unieke kennis en vaardigheden in kan brengen en iedereen van het gezamenlijke resultaat profiteert.

Als de TU/e snel start met de implementatie van het *Living Lab*, kan zij de campus binnen enkele jaren transformeren tot de *City of Tomorrow*: een wereldwijd inspirerend voorbeeld van de wijze waarop welvaart, verstedelijking en duurzaamheid kunnen samengaan door de slimme toepassing van innovaties. Dit is tegelijkertijd belangrijk voor de studenteninstroom omdat het concept niet alleen de zogeheten ‘concrete bèta’s’ maar ook de ‘mensgerichte generalisten’ en ‘carrièregerichte bèta’s’ aanspreekt. Daarmee versterkt de universiteit haar strategie achter de brede bachelor en wordt de groep potentiële studenten met interesse in de TU/e vier maal zo groot.

Hoofdstuk 3: Conclusies en aanbevelingen

Aanbevelingen voor 2011 Het College van Bestuur geeft opdracht om de implementatie van het *Living Lab* en de visie op de *City of Tomorrow* verder uit te werken conform de aanzetten in dit rapport. Schatgraven in eigen tuin levert daarbij een lijst op van al door de TU/e gerealiseerde successen en deze worden op de campus duidelijker zichtbaar gemaakt, zowel fysiek als online en via smartphone. Een werkgroep maakt concreet hoe het *Living Lab* binnen de brede bachelor vorm kan krijgen, ondermeer binnen het USE deel. Chief Innovators nemen een leidende rol bij de verdere realisatie van Project 1 en Project 2 van Campus 2020.

Aanbevelingen voor 2012 Stel een trekker aan die de implementatie van het *Living Lab* verder invult. Bouw innovatietoetsen in zodat nieuwe investeringen innovatief en toekomstvast ingevuld worden. Reken met Total Cost of Ownership (TCO) in plaats van aanschafkosten. Creëer een volledig zelfvoorzienend gebouw en start met het *smart grid* (een slim energienet). Introduceer elektrische auto's, bikedispensers en slimme navigatiesystemen op de campus. Ga gezondheidsinformatie op de campus monitoren.

In 2020 moet de campus niet alleen het kroonjuweel van de TU/e maar van de gehele Brainport zijn en wereldwijd bekend staan als de *City of Tomorrow*.

Een duurzame missie voor de TU/e

De bekendste definitie van duurzame ontwikkeling is afkomstig van de Brundtland Commissie in haar rapport 'Our Common Future' (1987). Zij stelt:

‘Duurzame ontwikkeling is ontwikkeling die aan de behoeften van het heden weet te voldoen zonder de behoeften van toekomstige generaties in gevaar te brengen.’

Vertaald naar de TU/e stellen wij de volgende missie met betrekking tot duurzaamheid voor:

De TU/e streeft ernaar om met haar activiteiten op het gebied van onderzoek, onderwijs, beheer en communicatie een bijdrage te leveren aan een duurzame wereld. Dit betekent dat de activiteiten van de TU/e ertoe leiden dat het voor toekomstige generaties makkelijker wordt om in hun levensbehoeften te voorzien.

De TU/e zou er verder naar kunnen streven om in onderzoek, onderwijs en beheer zoveel mogelijk cyclische complexe systemen te ontwerpen en implementeren.

Complexe systemen onderscheiden zich van de lineaire systemen die centraal stonden bij het ontwikkelen van onze industriële samenleving. Lineaire systemen hebben altijd een begin en een eind. Zij beginnen bijvoorbeeld met grondstof en eindigen met CO₂ of een product op een afvalberg. Om duurzaam te kunnen zijn, moet zo'n systeem cyclisch worden gemaakt.

De moderne systeemtheorie heeft oog voor de non-lineaire feedback loops die in de praktijk optreden. Zodra die aan een lineair systeem worden toegevoegd, ontstaat een complex adaptief systeem. Complexe systemen als conceptueel raamwerk zijn nodig om duurzame oplossingen te ontwerpen en de TU/e kent veel onderzoekers die deze nieuwe manier van denken beheersen.

Een goede beschrijving van wat mogelijk is, geeft het boek '2030: Technology that will change the World' dat voormalig rector magnificus Rutger van Santen schreef, samen met Djan Khoe, Bram Vermeer en andere wetenschappers van de TU/e.

Inleiding

Hoe zou het zijn als de TU/e in 2020 over de hele wereld wordt gezien als *de* plek waar de technologie van morgen vandaag al wordt toegepast zodat de campus getransformeerd is tot de *City of Tomorrow*? Waar medewerkers en studenten zelf onderdeel zijn van een groots experiment? Waar studenten willen studeren en innovatieve bedrijven zich willen vestigen omdat ze in dit experiment willen participeren? Waar er een krachtige synergie is tussen onderzoek, onderwijs, beheer en communicatie? Het concept van de TU/e campus als *Living Lab* kan helpen om die visie werkelijkheid te maken. Strategie 2020, Campus 2020 en de komst van de brede bachelor scheppen een unieke *window of opportunity* voor het realiseren van dit *Living Lab*.

Dit rapport werd geschreven door Stichting Urgenda, een stichting die onder het motto ‘samen sneller duurzaam’ tracht de verduurzaming in Nederland te versnellen. Zij doet dat ondermeer middels het organiseren van de dag van de duurzaamheid, het adopteren en stimuleren van zogenaamde iconprojecten en het uitbrengen van adviezen aan innovatieve organisatie.

Dit rapport komt voort uit een vraag van de Regiegroep Duurzaamheid van de TU/e (namens het College van Bestuur) aan Urgenda. Ons werd gevraagd aan te geven hoe duurzaamheid door de TU/e ingevuld kan worden op een manier die aansluit bij haar identiteit. Om daarachter te komen hebben we gesproken met het College van Bestuur en diverse belangrijke spelers op de campus en hebben we twee workshops opgezet. Daaruit werd duidelijk dat de TU/e veel onderzoek doet dat belangrijk is voor duurzaamheid maar dat dit vaak niet wordt benoemd en extern gecommuniceerd. Ook werd duidelijk dat duurzaamheid op de campus slechts beperkt in praktijk wordt gebracht en zichtbaar wordt gemaakt.

Dit rapport is onze poging om de TU/e te verduurzamen op een manier die nauw aansluit bij alle initiatieven die al in gang zijn gezet en bij alle uitdagingen waarvoor zij zich gesteld ziet. Het is een uitgebreide menukaart vol ideeën en suggesties met het *Living Lab* als integrerend concept en de *City of Tomorrow* als inspirerend doel.

Als het concept van het *Living Lab* u aanspreekt, dan is de volgende stap te kijken naar de implementatie, de bestuurlijke inbedding en de financiën.

Namens Stichting Urgenda,

Marjan Minnesma (directeur Urgenda)

Auke Hoekstra (programmamanager duurzame mobiliteit Urgenda)

Pieter van der Pol (Cube Architecten)

Aart Veller (Wij zijn koel)

Wij danken de volgende personen voor hun tijd en inzichten: Igo Besselink, Jan Blom, Nassim Cherifi, Hans van Duyn, Jo van Ham, Rick Harwig, Lucy Holl, Joep Huiskamp, Paul Jacobs, Trees Klaver, Geert Kloppenburg, Bram Koot, Tim Kreukniet, Jacco Lammers, Lex Lemmens, Harry Lintsen, Thijs Meulen, Anthonie Meijers, CeesJan Mol, Ruth Oldenziel, Jeroen van Oort, Arno Peels, Christian Rapp, Harry Roumen, Johan Schot, Maarten Steinbuch, Dimitri Tsolakidis, Geert Verbong en Renée Westenbrink.



Living Lab?

De TU/e heeft al een Concept Lab, DCT-Lab, Design|Lab, Innovation Lab, Virtual Reality Lab, Power Quality Lab, Game Experience Lab en Fluid Dynamics Lab. Een *Living Lab* is iets anders.

Volgens Wikipedia is een *Living Lab* een user-centric, open-innovatie ecosysteem dat vaak gebonden is aan een bepaald gebied (bijvoorbeeld aan een stad of in dit geval een universiteitscampus) en waarbinnen onderzoeks- en innovatieprocessen worden geïntegreerd in een publiek-private samenwerking.

Dat gebeurt door co-creëren, exploreren, experimenteren en evalueren. Innovatieve ideeën, scenario's, concepten en gerelateerde technologische artefacten krijgen de kans zich te bewijzen in use cases.

De gebruikersgemeenschap is niet alleen object (consument) maar ook subject (producent). De methode maakt het mogelijk dat alle betrokkenen samen en tegelijkertijd een innovatie (bijvoorbeeld een product of service) op haar merites beoordelen over de hele levenscyclus van die innovatie. De innovatie kenmerkt zich zo bijvoorbeeld door een kortere doorlooptijd en meer flexibiliteit.

Een *Living Lab* is een voorbeeld van parallel ontwikkelen (*concurrent engineering*).

1 *Living Lab* als accelerator voor Energy, Smart Mobility en Health

De TU/e focust in haar Strategie 2020 op drie *Strategic Areas* die een centrale rol spelen in de verduurzaming van onze samenleving: Energy, Smart Mobility en Health. Energie is misschien wel de kern van de uitdaging. Mobiliteit is in het kader van energie, vervuiling en leefbaarheid één van de issues. En geavanceerde maar betaalbare gezondheidszorg is een randvoorwaarde die ingevuld moet zijn voordat duurzaamheid überhaupt aan de orde is. De TU/e heeft inhoudelijk de strategische keuze voor duurzaamheid gemaakt. Om authentiek en helder over te komen, zou ze die keuze op de eigen campus sterker en duidelijker zichtbaar kunnen maken: *practice what you preach*.

‘De wereld staat voor grote uitdagingen op gebieden als energie, klimaat, gezondheid, veiligheid, duurzaamheid, mobiliteit en communicatie. Nieuwe technologische concepten zijn nodig om deze uitdagingen het hoofd te kunnen bieden.’

TU/e 2020, Strategisch Plan

De universiteit kan expertise inhuren die zorgt dat er meer energiebesparende innovaties in de gebouwde omgeving worden toegepast. Dit is een goede methode en een aantal innovaties levert bovendien geld op. In een aparte bijlage hebben we enkele mogelijkheden op een rij gezet.

De TU/e kan echter ook een veel grótere stap zetten met nog veel méér potentieel: de *Living Lab*-benadering. Die maakt het mogelijk om één van de grootste problemen van de transitie richting duurzaamheid bij de kop te pakken: de lange tijd tussen doorbraken in onderzoek en de daadwerkelijke toepassing ervan in de praktijk. De huidige campus is een treffende illustratie. Er is veel kennis, maar die wordt nog niet altijd op eigen terrein toegepast.

Als de TU/e haar campus en Brainport weet in te zetten als een gebied waarin de stap van idee naar toepassing sneller wordt gemaakt, kan ze daarmee internationaal een cruciale rol vervullen. Bovendien kunnen de zichtbare innovaties mooie primeurs in de media opleveren en de aandacht trekken van potentiële studenten en bedrijven.

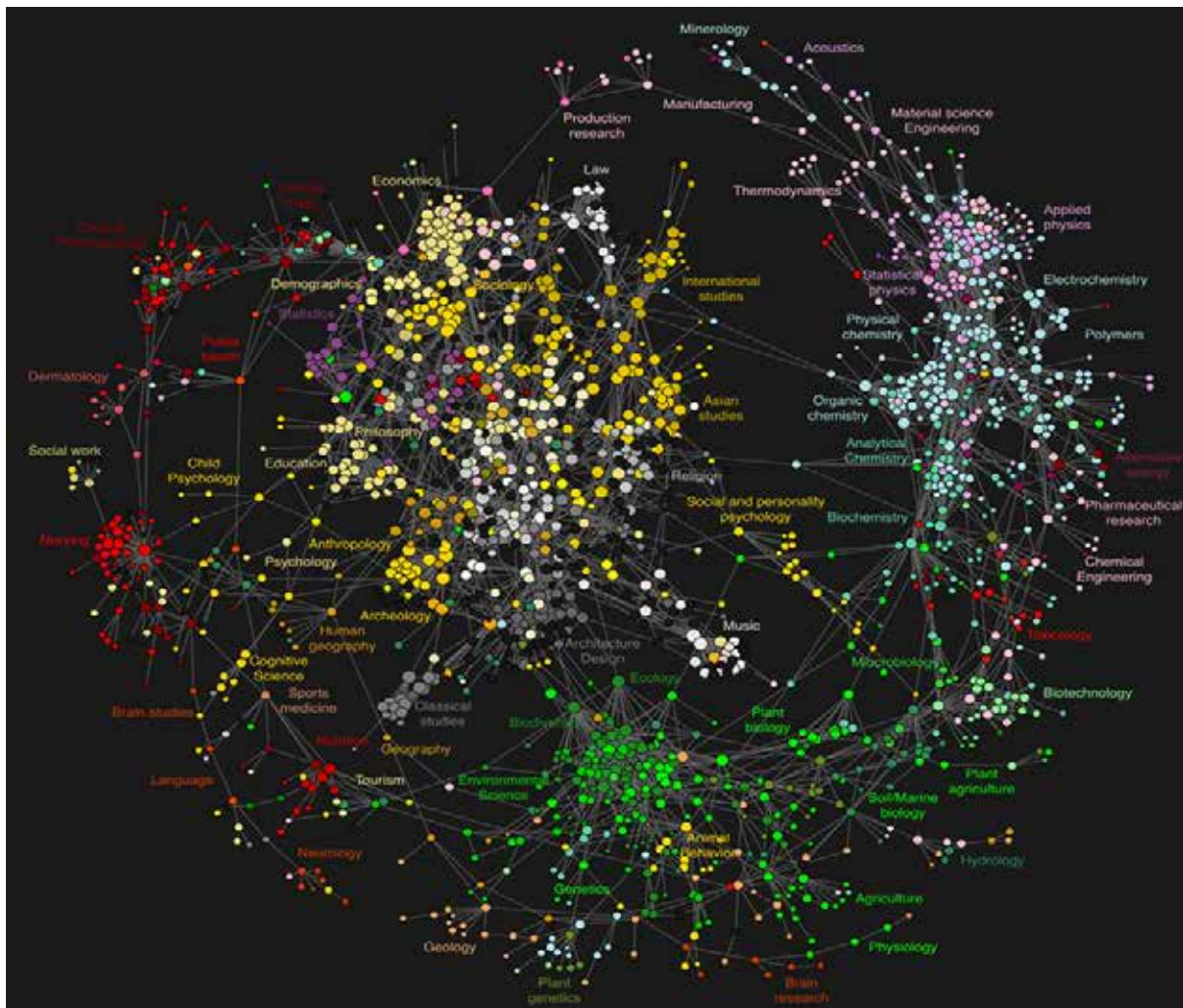
De tijdwinst in een *Living Lab* is te danken aan het paralleliseren van processtappen: alle *stakeholders* (van bedenkers tot gebruikers) leveren *tegelijk* hun input. Daarmee vervallen de overdrachtsmomenten die in een sequentieel ontwerpproces verantwoordelijk zijn voor 99% van de doorlooptijd. Zo worden de afbreukrisico's ook kleiner.

Een *Living Lab* adresseert de volgende situaties:

- Binnen een wetenschappelijke discipline, faculteit of beheersorganisatie (om enkele voorbeelden te noemen) moeten nieuwe zienswijzen eerst draagvlak ontwikkelen. Invloedrijke aanhangers van oude zienswijzen kunnen dit proces (bewust of onbewust) blokkeren. Een focus op praktische toepassingen met de betrokkenheid van andere disciplines minimaliseert de kans op succesvolle, dogmatische blokkades.
- Specialisatie leidt ertoe dat zienswijzen niet overgedragen worden tussen wetenschappelijke disciplines, faculteiten of organisatieonderdelen. Multidisciplinaire projecten met een praktische focus bevorderen en versnellen de kennisoverdracht.
- De kennisoverdracht naar het bedrijfsleven mislukt vaak omdat businessmodellen nog niet helder zijn. Door de campus en zijn omgeving als proeftuin te gebruiken, wordt een innovatie eerst onder de vleugels van de bedenkers getest. Het bedrijfsleven kan beter ontdekken conform welk businessmodel de innovatie kan worden ingevoerd.
- Marktleiders zien de innovatie als een bedreiging en voorkomen dat de innovatie voldoende massa ontwikkeld om succesvol te kunnen worden. TU/e *Living Lab* kan als een incubator fungeren: het biedt een veilige niche en proeftuin waarin de innovatie zich kan ontwikkelen totdat de confrontatie met de markt buiten het *Living Lab* niet langer een probleem is.

Het *Living Lab* is dus een proces om tot innovatieve producten of diensten te komen. Wij stellen voor om de TU/e en delen van de omliggende Brainport met behulp van dit proces te transformeren tot de *City of Tomorrow*: een plek waar innovaties van morgen vandaag de dag al in de praktijk worden toegepast en getest.

Deze doelstelling zorgt voor een empirische focus. Het moedigt automatisch een multidisciplinaire benadering aan omdat dit een vereiste is voor goed functionerende oplossingen buiten een wetenschappelijk laboratorium. Onderzoekers, docenten, studenten en het bedrijfsleven hebben verschillende belangen en andere uitgangspunten, maar de concrete producten en diensten die zij samen ontwikkelen binnen de *City of Tomorrow* zorgen voor een gemeenschappelijke focus.



De wetenschap is hier in kaart gebracht als ware het één groot brein. Deze kaart is gemaakt op basis van 'klikpaden' in de grootste online bibliotheken. Hoe groter de afstand, hoe lager de kans dat onderzoekers van het ene gebied kennis nemen van publicaties uit het andere gebied.

Het grote cluster in het midden bevat menswetenschappen als economie, sociologie, filosofie, talen en recht. Het cluster rechts bevat technische wetenschappen die op de TU/e goed vertegenwoordigd zijn. De afstand tussen beide clusters is fors en het aantal verbindingen klein.

Nieuwe manieren van kijken naar complexe systemen zijn vooral afkomstig uit het cluster middenonder met disciplines als ecologie, biologie, genetica en *environmental science*. Wederom is de afstand tot de TU/e groot.

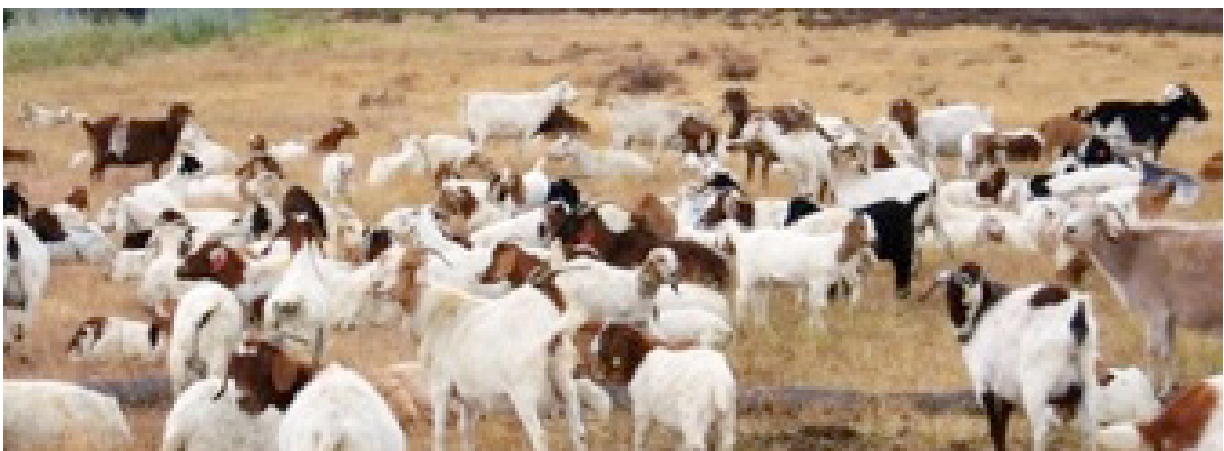
De disciplines die helpen om de gebruikers van producten en diensten beter te doorgronden, bevinden zich 'aan de andere kant van de wereld'. Bijvoorbeeld neurologie, breinstudies, cognitieve wetenschappen, psychologie en antropologie.

Studies als Innovation Sciences helpen de TU/e om bruggen te slaan. Ook het nog meer aantrekken van onderzoekers en afstudeerders uit 'ver gelegen gebieden' reduceert de mate waarin de TU/e 'blinde vlekken' heeft voor deze disciplines.



Google: de campus als icoon van duurzaamheid

Google heeft vrijwel alle daken van haar gebouwen op het 'Googleplex' in Mountain View, Californië, voorzien van zonnepanelen (in totaal zo'n 9200) waarmee het zo'n 30% van de piekbelasting aan elektriciteit dekt. Regelmatig graast een kudde geiten over de campus en 'maait' het gras. Shuttles van en naar de campus (op biodiesel) reduceren het autogebruik. 'We wilden de mythe wegnemen dat je niet zowel groen als rendabel zou kunnen zijn', aldus Google.



1.1 Energy

1.1.1 Analyse

De campus van de TU/e is niet opvallend energiezuinig maar bevat interessante toepassingen waarop meer aandacht gevestigd kan worden. De vrijwel onzichtbare Warmte Koude Opslag (WKO) is uniek: de TU/e heeft de grootste installatie van Europa en bespaart daarmee circa 290.000 m³ gas per jaar. Er is een GebouwBeheerSysteem (GBS) waarmee alle gebouwgebonden installaties verbonden zijn. Gebouw Spectrum heeft een speciaal dak en een - energetisch slim - op het noorden gerichte glasmafakade. Vertigo heeft een klimaatgevel. Cascade heeft naast veel duurzaam hout betonnen lamellen die uitzicht bieden maar overvloedig zonlicht weren. Het Helix-gebouw is optimaal gepositioneerd ten opzichte van de zon en had al een GBS-systeem in de tijd dat dit nog bijzonder was. De ovale Kennispoort ten slotte heeft een minimale zuidgevel en kan pronken met een dakvijver die bijdraagt aan de koeling van het gebouw. De TU/e werkt met de *Energy Man*-campagne aan de bewustwording van studenten, bijvoorbeeld door aandacht te besteden aan het verlies van warmte via de afzuiginstallaties wanneer studenten vergeten de zuurkappen te sluiten. De TU/e gaf in 2009 €7.9 miljoen euro uit aan energie en water.

De TU/e wil als eerste universiteit gecertificeerd worden voor haar energiemangement. Verder is de ambitie helaas nog beperkt. Er is met het ministerie van VROM een MeerJarenAfspraak (MJA-3) gemaakt en in het bijbehorende Energie Efficiency Plan staat hoe de TU/e 15% energie kan besparen maar dit is geen bijzonder opvallende of innovatieve prestatie. Het bij elkaar brengen van datacenters bespaart in de nabije toekomst circa 300.000 kWh per jaar. Energetisch blinkt dat nieuwe datacenter dan echter nog steeds niet uit. Dynamische intelligente straatverlichting is een opvallend innovatief detail maar de energetische impact is beperkt. Stedenbouwkundige verdichting leidt over het algemeen tot minder energieverbruik en de compacte campus rond een 'groene loper' biedt zeker mogelijkheden. Dat geldt ook voor de plannen voor een flexibeler en intensiever gebruik van de universiteitsgebouwen. De plannen lijken echter alleen ingegeven op basis van esthetische (meer groen), onderwijskundige (meer interactie) en kostentechnische (minder vierkante meters) argumenten. Op het gebied van duurzaamheid is er bij bepaalde groepen en personen veel ambitie maar de samenhang en verankering op het niveau van de universiteit ontbreekt.

Bij Project 1 uit Campus 2020 hoopt de TU/e 20% onder de wettelijke energieprestatiecoëfficiënt-eis te komen. Het gebouw krijgt een D-label (Greencalc score 184), terwijl echt innovatieve gebouwen op dit moment A+ of hoger scoren. Project 1 gaat slordig om met zonlicht (er komt een grote glasmafakade op het zuiden) en warmte omdat het huidige WKO-systeem uit balans is en een warmteoverschot heeft. Het zou eleganter en efficiënter zijn geweest om dat systeem weer in balans te brengen door alle gebouwen op de koude kant van de WKO aan te sluiten of desnoods door de koeltorens van het WKO-systeem beter te gebruiken. Qua verlichting is vreemd genoeg niet voor LED gekozen. Hoopgevend is de aanwezigheid van bijvoorbeeld contacten in de ramen die in verbinding staan met het GebouwBeheerSysteem. Die zijn nu onbenut, maar zouden in de toekomst gebruikt kunnen worden om de klimaatsystemen uit te schakelen als de ramen geopend worden. Het GBS kan ook zorgen voor door daglicht geschakelde en op agenda's afgestemde LED-verlichting. Hoe sneller het gebouw vanuit het *Living Lab*-perspectief wordt geëvalueerd en georganiseerd, hoe goedkoper de mogelijke aanpassingen.



Voor Project 2 is het technisch programma van eisen uitbesteed en het resultaat is dat er wordt gestreefd naar een ‘klimaatneutraal’ gebouw met A-label (in plaats van D-label). Geheel in lijn met de *Living Lab*-gedachte maakt het van de faculteiten Electrical Engineering en Technische Natuurkunde een testomgeving voor nieuwe duurzame technologieën. ‘Door het transparante karakter zal het gebouw een showcase zijn van het onderwijs en onderzoek dat in de faculteiten plaatsvindt. Daarnaast is het gebouw mogelijk zelf een platform voor onderzoek op het gebied van duurzame energie’, aldus collegelid Jo van Ham. Architectuurstudio Herman Hertzberger is inmiddels geselecteerd met een plan dat inzet op energie-efficiëntie. Daarmee ligt er een perfecte basis voor het optuigen van een *Living Lab* maar organisatorisch en inhoudelijk is er hiervoor nog niets geregeld.

Voor Project 3 en 4 is nog weinig vastgelegd. Dat betekent dat alles nog mogelijk is maar het illustreert ook dat de overall visie weinig uitgewerkt is.

Tot slot willen we benadrukken dat duurzaamheid meer is dan energie, slimme mobiliteit en gezondheid. Het gaat in het ruimtelijk domein ook om water, klimaatadaptatie, cultuurhistorie, transformatie van bestaande bebouwing, natuur en landschap. De manier waarop we onze gebouwde omgeving organiseren, heeft een grote invloed op het milieu, onze samenleving en de aantrekkelijkheid van de leefomgeving. Dat laatste is weer medebepalend voor het gemak waarmee de TU/e de investeringen in Campus 2020 veilig kan stellen.

Al met al is de *Strategic Area Energy* geen integraal of ambitieus onderdeel van de Campus 2020-visie. Dat is jammer omdat de TU/e op dit gebied de kennis en middelen in huis heeft om een belangrijke maatschappelijke bijdrage te leveren en omdat de mogelijke synergie tussen onderzoek, onderwijs, beheer en communicatie nu ongebruikt blijft.



MIT: verantwoordelijkheid nemen

‘Instituten die studenten moeten begeleiden naar een verantwoorde volwassenheid, zouden zelf verantwoordelijk moeten handelen naar de aarde en haar bewoners’, aldus het missiestatement van MIT.

Op het Massachusetts Institute of Technology (MIT) wordt de impact van de campus op het milieu nauwkeurig gemeten volgens de filosofie dat wat gemeten wordt ook beheerd wordt. Een speciale *Campus Energy Task Force* van MIT ziet de campus als proeftuin voor onderzoek en onderwijs en als middel om te bewijzen dat het de organisatie menens is met duurzaamheid. MIT communiceert er vervolgens duidelijk en doelgericht over om van MIT een aantrekkelijke leer- en investieromgeving te maken.



1.1.2 In 2020 is onze campus energieneutraal

De *Strategic Area Energy* is een sterke keuze, zeker als de TU/e ambitieuze studenten en investeringen van innovatieve bedrijven wil aantrekken. Vooral *Cleantech* is sterk in opkomst: tussen 2000 en 2010 namen de investeringen in zon en wind bijvoorbeeld wereldwijd toe van 5 naar 95 miljard euro. 'In 2020 is onze campus energieneutraal': dat is de doelstelling die wij de TU/e aanbevelen bij het vertalen van de *Strategic Area Energy* naar de campus. Het feit dat steeds meer woningen en gebouwen energieneutraal worden opgeleverd, geeft aan dat de doelstelling nu al haalbaar is, laat staan in 2020 en laat staan voor de TU/e. Als onderzoek en onderwijs de benodigde innovaties op slimme wijze inbrengen, dalen de ontwerpkosten en neemt de waarde van de campus als testbed toe. Verder wordt de campus de experimentele omgeving waarmee de TU/e (inter)nationaal nog meer maatschappelijk betrokken bèta's kan trekken. De geplande investeringen in Campus 2020 maken van de campus de ideale plek op het ideale moment.

Financieel betekent dit streven dat de bouwkosten stijgen maar de exploitatiekosten dalen. Mits slim aangepakt kan het per saldo misschien zelfs geld opleveren. Voorwaarde is wel dat de campus een financiële boekhouding krijgt die zich oriënteert op TCO (*total cost of ownership*) in plaats van alleen de aanschafkosten. Zo kan bijvoorbeeld een deel van de jaarlijkse kosten van acht miljoen euro voor energie vrijgemaakt worden voor investeringen. Als er gerekend wordt met TCO, worden ook nieuwe financieringsmodellen mogelijk. Denk bijvoorbeeld aan het leasen van energiebesparende constructies van ESCO's (*Energy Service Company's*) die aanleg, beheer en onderhoud van energie-installaties in gebouwen van hun klanten overnemen en die naast expertise een innovatieve cultuur meebrengen. Wij bevelen de TU/e aan om met een ESCO in zee te gaan of er zelf één op te richten,

geleid door jonge en innovatieve ondernemers die onafhankelijk zijn van de TU/e. Daarbij moet niet alleen naar de kosten worden gekeken maar ook naar de synergie met onderzoek, onderwijs, beheer en communicatie die door de samenwerking met een ESCO ontstaat.

De TU/e moet nieuwe projecten zo veel mogelijk *future ready* opleveren. Wat dit betekent, kan per gebouw en gebied in onderwijsprojecten onderzocht worden. Een simpel maar treffend voorbeeld is het aanbrengen van de venstercontacten in Project 1.



Om de gedachten te ordenen kan het helpen om gebruik te maken van de Trias Energetica. De Trias beschrijft de drie stappen naar een duurzame energievoorziening. De eerste stap is energiebesparing. Dit is vaak de goedkoopste stap: het gaat bijvoorbeeld om het isoleren van gebouwen, het aanbrengen van WKO-installaties, het terugwinnen van warmte bij ventilatie, het gebruik van natuurlijk daglicht, het hergebruiken van warm water en uiteraard het installeren van energiezuinige apparatuur als LED-verlichting. De tweede stap is duurzame energieopwekking, bijvoorbeeld met zonnepanelen, zonneboilers, windmolens, biogas, geothermie, *smart grids* en autobatterijen (voor de opslag). De derde stap is het efficiënte gebruik van fossiele energie. Wij raden de TU/e aan om met een krachtig gebaar deze derde stap overbodig te maken.



Toekomstvisioen van een energieneutrale en duurzame campus

De campus kost geen energie maar levert energie op. Een *smart grid* en intelligente energie-managementsystemen sturen en controleren de energie die lokaal wordt opgewekt door biomassa, zonne-, aard- en windenergie. Brandstofcellen complementeren het energiegrid en worden gevoed door biogas dat afkomstig is van het organisch afval uit het gebied en van de decentrale waterzuiveringsinstallatie. Deze centrale wint stoffen als fosfor uit het water terug en stemt kwaliteit en gebruik op elkaar af. Zo vereist drinkwater een andere kwaliteit dan water voor beplanting, toilet en blusinstallaties.

Gebouwen, de openbare ruimte en vervoersmiddelen maken gebruik van effectieve en efficiënte technologieën en zijn met de toekomst in gedachten gebouwd van materialen met een lage impact. De opbouw, indeling en ondergrondse infrastructuur zijn flexibel genoeg om aanpassingen naar aanleiding van nieuwe ideeën, technieken en gebruikers aan te kunnen. Het terrein kent een mix van functies en gebruikers en vormt een levendige *community* waar gebruikers actief eigenaarschap over voelen. De synergie tussen de gebruikers geeft het gebied een meerwaarde en vergroot de gebruikswaarde.



De campus autovrij door goede aansluitingen op P&R en NS-station

De TU/e beschikt over een braakliggend terrein aan de andere kant van de Berenkuil (zie fig.). TU/e-medewerker Thijs Meulen stelt voor hier een P&R van te maken. De TU/e kan vervolgens een bikedispenser en t.z.t. een uitgifte locatie voor kleine deelauto's op het terrein plaatsen. Het navigatiesysteem op de deelvoertuigen loodst gasten direct naar de juiste receptie op de campus en fungeert als *conversation starter* met betrekking tot *Living Lab* en *City of Tomorrow*.

Ook de verbinding tussen campus en NS-station zou verbeterd kunnen worden. Dat kan met een loopbrug vanaf het perron maar ook door een trap of lift van het perron omlaag naar het Dommeltunneltje. Nu is het vanaf het perron naar de Zwarte Doos circa 900 meter lopen maar met een trap naar het Dommeltunneltje zou slechts 400 meter overblijven. Dat scheelt 6 minuten lopen en de oversteek van de Dorgelolaan. Net als bij de P&R kan er een uitgiftepunt voor deelvoertuigen komen.

Een uitgiftepunt in het centrum van Eindhoven maakt het plaatje compleet. Er is dan een perfecte verbinding tussen centrum, NS-station, campus en P&R gerealiseerd.



1.2 *Smart Mobility*

‘Mobiliteit omvat oneindig veel.

Hoe kunnen we technologie inzetten om de mens prettiger te laten leven?

Daar draait het bij mij steeds weer om.’

Wisse Trooster, TU/e-student Industrial Design, TU/e 2020 Strategisch Plan

Smart Mobility als *Strategic Area* is een slimme keuze in het kader van studenteninstroom en valorisatie. In onze beleving spreekt mobiliteit zeker bij bèta's sterk tot de verbeelding. Daarnaast vertegenwoordigt de sector een aanzienlijke economische waarde: Nederlandse huishoudens geven bijvoorbeeld ruim 30 miljard euro per jaar uit aan mobiliteit. We vervoeren ons in Nederland vooral per auto: 24 kilometer per dag gemiddeld tegen 3 met de trein, 3 met de fiets, 1 met de bus/tram/metro en 1 lopend. De huidige auto is echter een weinig duurzame vorm van mobiliteit die bovendien niet te combineren is met toenemende verstedelijking.

In de toekomst verwacht men de massale opkomst van elektrische zelfrijdende deelauto's die de voordelen van auto en OV combineren. Er moet echter nog veel ervaring met dergelijke oplossingen worden opgedaan en die oplossingen moeten getest worden in levensechte omgevingen waarin gebruikers, automatisering, *smart grids* en de gebouwde omgeving tegelijk een rol spelen. Navolgend gaan we na hoe het *Living Lab* hiervoor als testbed gebruikt kan worden. Verder geven we voor een aantal trajecten rond de campus aan welke oplossingsrichting ons veelbelovend lijkt.



De campussen in Brainport verbonden met slimme shuttles

Goed vervoer tussen de TU/e-campus en de HTAC (High Tech Automotive Campus) integreert de kenniscentra op mobiliteitsgebied. Het gaat om dertien kilometer langs de Dorgelolaan, Eisenhowerweg en Europalaan met deels snelweg.

Een voor de hand liggende oplossing op dit traject lijkt ons de inzet van kleine goedkope elektrische deauto's. De TU/e zou bijvoorbeeld Renault Twizy's kunnen aanschaffen (zie boven) of zij zou een proeftuin kunnen worden voor de GM EN-V (zie onder). Reizigers kunnen deze voertuigen voor een bescheiden bedrag van de ene naar de andere campus rijden. Aan begin en eindpunt van de route zou een bikedispenser geplaatst kunnen worden om voor en natransport te faciliteren. Een smartphone app zorgt ervoor dat de reiziger de auto kan reserveren. Als de auto's zich aan één kant beginnen op te hopen, kan een reiziger die daar vertrekt één of twee auto's op sleeptouw nemen (de TU/e doet nu al snelwegtesten met 'treintje rijden'). Op termijn zou het systeem steeds slimmer kunnen worden totdat reizigers door zelfsturende auto's voor de deur worden opgepikt en afgezet.

Het traject tussen de TU/e-campus en de High Tech Campus kent iets andere uitdagingen maar leent zich voor eenzelfde benadering. Op termijn zou de shuttledienst steeds meer buslijnen in Brainport kunnen vervangen door een soort OV dat vertrekt wanneer jij wilt en dat je direct naar je eindbestemming brengt.



1.2.1 Automatisering: de *Smart* in *Smart Mobility*

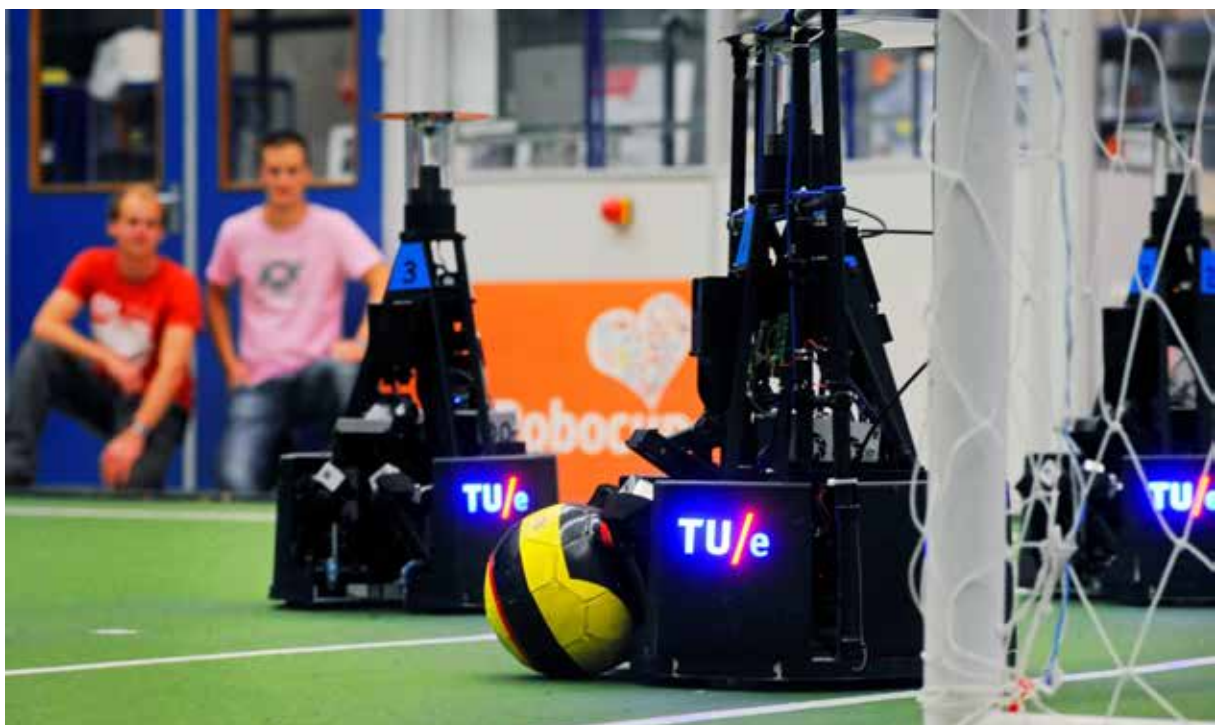
‘De auto van de toekomst is een iPad op wielen’

Prof.dr.ir. Maarten Steinbuch, hoogleraar aan de TU/e

De TU/e heeft terecht gekozen voor *Smart Mobility* in plaats van *Mobility*. De inzet van slimme informatiesystemen zal ons vervoer namelijk transformeren. Nu al kennen duurdere auto's de gebruikersvoorkeuren van de chauffeur die achter het stuur plaatsneemt, houden ze automatisch afstand tot de voorganger en sturen ze de auto naar het midden van de rijstrook. Auto's zullen in treintjes achter een voorganger aan kunnen rijden – iets waarnaar de TU/e onderzoek doet – en de Google car laat zien dat zelfs volledig zelfsturende auto's al mogelijk zijn.

Door zelfsturende auto's zullen wegen veiliger en smaller worden terwijl files worden voorkomen. Ouderen blijven langer mobiel en wie wil kan onderweg lezen, internetten of slapen. Zelfsturende deelauto's zullen ons oppikken en afzetten waar en wanneer we maar willen. Ze worden goedkoop want de prijs van de kleine voertuigen is laag, hun bezettingsgraad is hoog en de grootste kostenpost (de chauffeur) vervalt. Je betaalt alleen voor de zitplaatsen en minuten die je daadwerkelijk gebruikt. Met je smartphone kan je deelauto's 'oppiepen'.

Het verder ontwikkelen van technologie waarmee voertuigen zelfsturend worden, lijkt ons een geschikte en voor de hand liggende uitdaging voor de TU/e die in het verlengde ligt van de voetballende robots en de experimenten met 'treintje-rijden' op de snelweg. De campus lijkt ons een geschikte testomgeving mits de testvoertuigen licht zijn en niet te snel. Wellicht moet gestreefd worden naar een smal voertuig dat op het fietspad kan rijden zonder fietsers te hinderen.



Automatisering maakt nieuwe vervoersconcepten mogelijk die de sterkten van auto en OV combineren en die in het *Living Lab* op hun merites beoordeeld kunnen worden. Een belangrijk aspect is de ondersteuning van multi-modaal vervoer via een *smartphone* applicatie. Deze applicatie geeft de reiziger realtime locatiegebaseerde informatie over de vervoersopties die hij ter beschikking heeft. Het gidst de gebruiker naar overstappunten en helpt hem voertuigen te reserveren en betalen. Als de TU/e toegang krijgt tot de GPS-informatie die OV-bedrijven verzamelen, kunnen zij de reiziger zelfs doorgeven over hoeveel seconden een voertuig op het overstappunt zal arriveren. Uit onderzoek blijkt dat dit de reisbeleving sterk verbetert. Reizigers blijken zich hierdoor zelfs veiliger te voelen: reizigers die op Den Haag Centraal op de tram wachten, voelen zich bijvoorbeeld 40% veiliger sinds zij op borden kunnen zien over hoeveel minuten hun tram daadwerkelijk zal arriveren.

Door applicaties als Layar en Google maps te combineren ontstaat er voor de campus een *augmented reality layer* die de reiziger veel extra informatie kan verschaffen. Bijvoorbeeld in de vorm van een innovatieroute die de reiziger alle duurzame innovaties laat zien die de TU/e op de campus heeft toegepast. Of in de vorm van een routeplanner die de reiziger tot op kamernummer over de campus gidst. Doordat de campus een relatief beperkt gebied is, zou de tijdsinvestering beperkt zijn maar de TU/e zou in haar *Living Lab* lessen leren die wereldwijd relevant zijn.

De *return on investment* van een dergelijke applicatie is groot omdat relatief goedkope software ervoor zorgt dat de kostbare fysieke infrastructuur voor mobiliteit beter wordt benut. Op nationaal niveau zou een investering van enkele miljoenen een flinke impact hebben op een infrastructuur die honderden miljarden waard is. Sterker nog: het leidt ertoe dat de hele gebouwde omgeving aan waarde wint. Die winst begint wat ons betreft in de *City of Tomorrow* en Brainport eromheen.





Vervoer op de campus met bikedispensers

Voor het vervoer tussen gebouwen op de campus is de fiets een ideaal vervoermiddel. Ook het vervoer van en naar het NS-station, het stadscentrum en het mogelijke TU/e-parkeerterrein achter de Berenkuil zouden per fiets plaats kunnen vinden. Wij bevelen de TU/e aan op deze locaties zogenaamde bikedispensers te plaatsen. Dit zijn kleine fietsenstallingen waar mensen fietsen kunnen lenen door zich te identificeren met hun smartphone of OV-chipkaart. Op die manier hebben mensen die met auto of openbaar vervoer naar de campus komen altijd vervoer op en om de campus ter beschikking.

Het systeem is door zijn vele uitgiftelocaties en snelle uitgifte gebruikersvriendelijker dan de OV-fiets. Bovendien kan de fiets op elke uitgiftelocatie ook geautomatiseerd ingeleverd worden. De gebruiker betaalt alleen voor de daadwerkelijke reisminuten en de fietsen hebben een hogere bezettingsgraad. Smartphones vertellen gebruikers waar fietsen beschikbaar zijn en mensen die fietsen van locaties met weinig fietsen naar locaties met veel fietsen brengen, huren de fiets gratis. Het navigatiesysteem waarmee de fietsen worden uitgerust verhoogt de gebruikersvriendelijkheid en kan gebruikt worden om ook bezoekers zonder smartphone rondleidingen langs de bezienswaardigheden van de *City of Tomorrow* te geven.

Het is een goedkope *proof of concept* van het stadsvervoer van de toekomst. Doordat fietsen goedkoop zijn en het gebied beperkt, kunnen de kosten laag blijven. De *Living Lab*-populatie weet dat zij onderdeel is van een *state-of-the-art* experiment dat wellicht nog kinderziekten bevat. Dit experiment kan op vele vragen antwoord geven. Wat is er nodig om een dergelijk systeem bij gebruikers tot een succes te maken en hoeveel geld hebben zij ervoor over? Hoeveel overcapaciteit moet er worden ingebouwd? Wat zijn de beste uitgiftelocaties? Hoe wordt zo'n systeem geïntegreerd met P&R-locaties en OV? Et cetera. De resultaten zullen wereldwijd relevant en interessant zijn bij het invoeren van initiatieven met deelvervoer.

1.2.2 Smart grids en de duurzaamheid van Smart Mobility

Circa de helft van de olie die jaarlijks wordt geproduceerd wordt verbrand in automotoren. Elektrische mobiliteit is zeker niet het enige duurzame alternatief maar ligt wel voor de hand gezien de efficiency waarmee de omzetting van zonlicht naar voortstuwing plaatsvindt.

Biodiesel: 1 kilometer per jaar per m² zonlicht



Elektriciteit : 500 kilometer per jaar per m² zonlicht



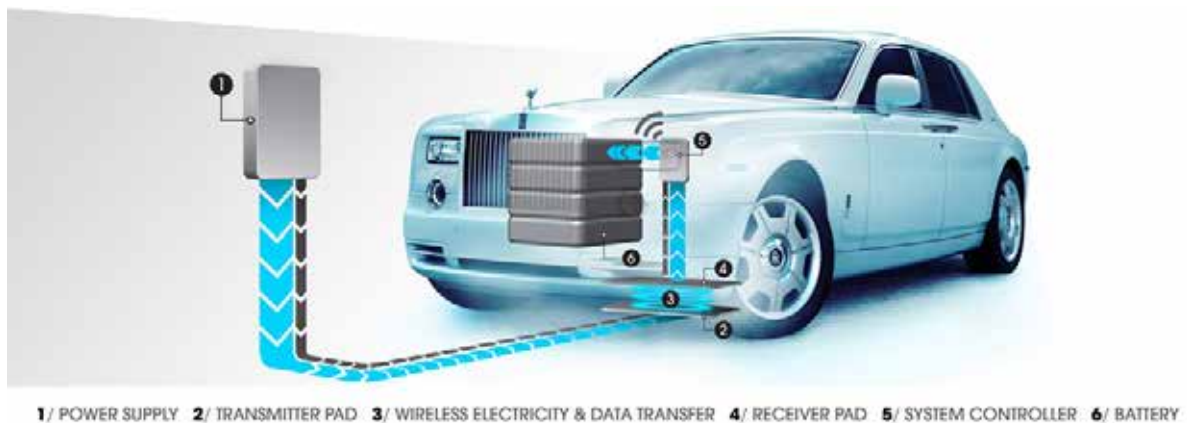
Batterijen zijn de belangrijkste kostenpost in elektrische auto's maar als er geen grote afstanden achter elkaar afgelegd hoeven te worden kan de omvang van de batterijen beperkt blijven. In die gevallen is een elektrische auto nu al betaalbaar en de Total Cost of Ownership zal in de nabije toekomst zelfs lager zijn dan van een vergelijkbare brandstofauto. Dit betekent dat de auto's waarmee personeel van de universiteit over de campus rijdt, vervangen kunnen worden door elektrische alternatieven. De postbezorging zou met elektrische vrachtwagens of met een Renault Kangoo gedaan kunnen worden. Beveiligers zouden in de gevallen dat zij de fiets niet kunnen nemen een Renault Twizy kunnen gebruiken: stil, wendbaar, droog, goedkoop en een opvallend statement. Voor representatieve doeleinden en langere afstanden zijn de Nissan Leaf en Opel Ampera nu goede opties. Om de meest innovatieve vervoermiddelen te selecteren zouden onderzoekers en studenten een stem moeten krijgen bij de selectie van voertuigen.





Elektrisch vervoer is verder een belangrijk element in het *smart grid* van de toekomst. Het energieverbruik van mobiliteit is aanzienlijk en moet gereguleerd worden om overbelasting van het elektriciteitsnetwerk te voorkomen. Door de laadmomenten te laten plaatsvinden in de tijd dat de elektriciteitsbehoefte beperkt is (midden overdag en 's nachts) kan vrijwel geheel in de extra elektriciteitsbehoefte worden voorzien zonder extra infrastructuur in de vorm van kolencentrales aan te leggen. De opslagcapaciteit in autobatterijen kan daarnaast gebruikt worden om het elektriciteitsnetwerk te stabiliseren. Dit alles veronderstelt wel dat het ouderwetse 'watervalmodel' van het elektriciteitsnetwerk vervangen wordt door een nieuw paradigma waarin de elektriciteit slim gemeten en gestuurd wordt: het *smart grid*. Het *Living Lab* kan een plaats worden waar in de praktijk ervaring wordt opgedaan met de interactie tussen elektrische auto's en de rest van het *smart grid*.

De TU/e zou ook (meer) onderzoek kunnen doen naar batterijtechnologie en naar de manier waarop de batterijen reageren op verschillende manieren van op- en ontladen. De ontwikkelingen gaan hier snel en wie bedenkt dat autobatterijen feitelijk een alternatief zijn voor olie begrijpt dat er grote economische belangen mee gemoeid zijn. Maar er is ook behoefte aan een testomgeving waarin bepaald kan worden welke batterijomvang de gebruiker in de praktijk nodig heeft en hoe hij omgaat met het op- en ontladen van de batterijen. Hoe gaan gebruikers om met *incentives* voor *timeshifting*: hoeveel prijsverschil is nodig om hen op een ander moment te laten laden? Hoe belangrijk is snelladen en wat hebben gebruikers daarvoor over?



Een nieuw gebied dat snel in opkomst is, is draadloos laden met behulp van inductie. Dit jaar zijn de eerste commerciële inductieve oplaadpunten voor auto's op de markt gekomen en het idee van opladen zonder een kabel in een oplaadpaal te hoeven stoppen spreekt velen aan. De efficiency ligt rond de 90% voor het overbruggen van 10 centimeter lucht en de afstand die efficiënt overbrugd kan worden neemt snel toe. Op termijn is de verwachting dat een inductief oplaadpunt goedkoper wordt dan een oplaadpaal. Bovendien is inductief laden onzichtbaar en vandalismebestendig.

Een volgende stap is inductief opladen onderweg. De weg wordt hierbij voorzien van elektriciteitskabels onder het asfalt die een magnetisch veld opwekken als er een auto overheen rijdt die inductief opgeladen kan worden. In fabrieken en pretparken (zie foto) gebeurt dit al mondjesmaat. Het systeem maakt grote batterijen overbodig en zou in één klap de business voor elektrische vrachtwagens positief maken. In stadscentra zou een inductiestrook die qua prijs vergelijkbaar is met de bovenleiding voor de trolleybus gebruikt kunnen worden door zowel de trams, als de bussen, de taxi's en de goederendistributie. De technologie is nog in de r&d-fase en de TU/e zou internationaal de aandacht op zich kunnen vestigen door op de campus een inductiestrook aan te leggen om mee te testen. Bovendien is het zaak om dit onderwerp te claimen voordat Delft dit doet. Daar heeft men al een inductief oplaadbare auto op schaal gebouwd en wil men volgend jaar de *Inductropy* gaan organiseren: een race voor inductief opgeladen schaalmodellen.



1.2.3 Travelling without moving

Uit films, muziek en games blijkt dat virtual reality bij jongeren bijzonder tot de verbeelding spreekt. Zij gaan massaal naar films als *The Matrix* en *Avatar* en zij werken online samen aan grote projecten in online werelden als *Half Life* en *World of Warcraft*. Hun representaties in deze werelden (hun *avatars*) worden steeds gedetailleerder en binnenkort zullen ze ook natuurgetrouw de non-verbale communicatie van de persoon die zij online vertegenwoordigen kunnen weergeven.

De titel van deze paragraaf is de titel van het succesvolle album van de Britse funkband Jamiroqai. Op dat album beklagen ze zich over *'Futures, made of, virtual insanity, governed by this love we have for useless new technology.'* Maar de afkeer is tegelijk fascinatie en jongeren zijn zich ervan bewust dat het vervoer van bits en bytes minder energie, tijd en grondstoffen kost dan het vervoer van mensen. Het zakenleven heeft die conclusie overigens ook getrokken en multinationals vervangen steeds vaker de reiskostenvergoeding door videoconferencing rooms.



Het *Living Lab* is een goede setting om in te onderzoeken onder welke condities fysiek vervoer vervangen kan worden door virtueel vervoer. Onderwijsprojecten zouden state-of-the-art videoconferencing ruimtes kunnen ontwikkelen die bijvoorbeeld de Zwarte Doos koppelen aan een ruimte op de High Tech Campus of HTAC. Wellicht slagen ze erin om het gevoel te creëren dat het om één ruimte gaat die bevolkt wordt door mensen op verschillende locaties. Collega's kunnen in die ruimte even bijpraten met een collega op de andere campus die toevallig ook een kopje koffie drinkt.

De film *Avatar* zorgde ervoor dat brede lagen van de bevolking (onder wie potentiële studenten) kennis maakten met het concept van een fysiek tweede lichaam dat op afstand wordt bediend. Hetzelfde concept wordt gebruikt bij onbemande ruimtemissies, robots die kerncentrales met hoge stralingsniveaus binnengaan en de *unmanned drones* die steeds vaker gevechtsvliegtuigen vervangen. Voor enkele duizenden euro's is een op afstand bestuurbare robot verkrijgbaar (de *AnyBot*) waarmee een gebruiker zich op afstand vrijelijk door een gebouw heen kan bewegen. De camera en microfoon stellen de gebruiker in staat om op afstand te horen en te zien. Het scherm en de luidspreker maken hem zichtbaar en stellen hem in staat om te praten. Als het aan IBM ligt zullen dergelijke robots in 2020 zelfs uitgerust zijn met hologrammen in plaats van schermen. Wij bevelen de TU/e aan om in het kader van een onderwijs- of onderzoeksproject een aantal van dergelijke robots te maken of te kopen en om te testen hoe de studenten en medewerkers hiermee omgaan. Als het concept aanslaat zou het de mobiliteitsbehoefte aanzienlijk kunnen reduceren.



De TU/e zou ook kunnen zorgen dat studenten en onderzoekers niet alleen e-mail en telefoon hebben, maar standaard ook over videoconferencing beschikken en van afstand op elkaars computerscherm kunnen kijken. Ook zou de TU/e mogelijk kunnen maken dat studenten vanaf verschillende locaties samen aan 3D-designs kunnen werken. En dat alles zonder zich te verplaatsen.



1.3 Health

1.3.1 De link met duurzaamheid

Veel activiteiten zijn niet duurzaam omdat ze de oorzaak zijn van kanker, astma, onvruchtbaarheid, overgewicht en infectieziekten. Mede daarom zijn steeds meer klinieken en praktijken bezig om zelf te verduurzamen: zij willen niet medeschuldig zijn aan het veroorzaken van deze ziekten. Op soortgelijke wijze kan de expertise van TU/e-onderzoekers op het gebied van *Health* wellicht bijdragen aan het gezonder maken van de campus en het voorkomen van zaken als het sickbuildingsyndroom.

Nog belangrijker is de rol van gezondheidszorg als voorwaarde voor duurzaamheid. Zo is goede gezondheidszorg nodig voordat in een samenleving draagvlak voor duurzaamheid ontstaat. Paradoxaal genoeg is goede gezondheidszorg ook nodig om de groei van de wereldbevolking in toom te houden. Als de TU/e wil bijdragen aan een duurzame wereld waarin toekomstige generaties net zo goed in hun levensonderhoud kunnen voorzien als de huidige, is het ontwikkelen van goede en betaalbare gezondheidszorg van cruciaal belang.

Technologische vooruitgang is noodzakelijk voor betaalbare gezondheidszorg. Bijvoorbeeld in de vorm van oplossingen waarmee patiënten meer zichzelf kunnen monitoren en waarmee 'handen aan het bed' worden uitgespaard. Technologische innovaties zullen het in de toekomst mogelijk maken dat senioren thuis even nauwkeurig kunnen worden gemonitord als op de intensive care. Fysieke hulp kan deels worden verleend door intelligente robots.

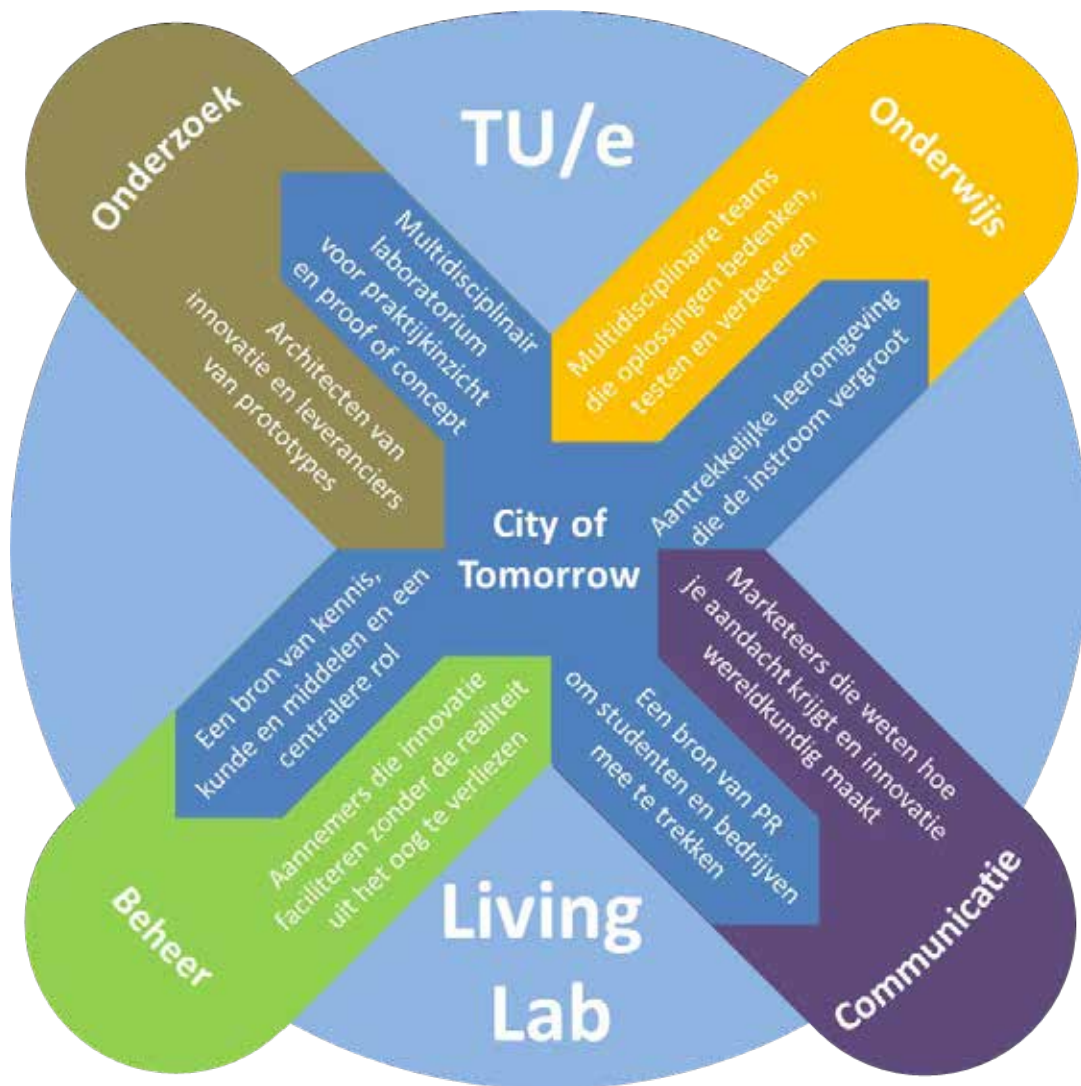
In ontwikkelingslanden kan de impact van technologische vooruitgang nog veel groter zijn. Goedkope geautomatiseerde expertsystemen zullen diagnoses kunnen stellen. In Nederland zullen dergelijke systemen gebruikt worden voor preventieve en gepersonaliseerde gezondheidszorg. Het *Living Lab* is bij uitstek de plaats om met deze ontwikkelingen ervaring op te doen.



1.3.2 *Health en het Living Lab*

Health is bij uitstek een gebied dat zich leent voor experimenten in het TU/e *Living Lab*. Het aantal denkbare experimenten is groot maar bij deze een korte opsomming om de inspiratie te prikkelen. TU/e-onderzoekers zijn er wellicht al mee bezig.

- 1) De TU/e kan spellen ontwerpen die de hersenen op de juiste wijze stimuleren. Dat is ondermeer interessant voor studenten die hun prestaties willen verbeteren. Zo wordt de TU/e-studentenpopulatie van het *Living Lab* spelenderwijs slimmer en socialer en het zal potentiële studenten zeker aanspreken.
- 2) De TU/e kan robots ontwikkelen die interacteren met de studenten en in de maatschappij bijvoorbeeld gebruikt kunnen worden om ouderen te verzorgen/vervoeren. Ze blijken zelfs gevoelens van vereenzaming tegen te gaan. Dit wordt door veel experts gezien als een belangrijke lange termijn oplossing voor het steeds nijpender tekort aan handen aan het bed.
- 3) Er komen steeds meer apparaten waarmee mensen zelf hun gezondheid monitoren. Bijvoorbeeld bioritme, rem-slaap, hartslag/hartritme/hartfilmpje, zuurgraad, insulinegehalte in het bloed, bloeddruk, zuurstofgebrek en hormoonspiegel. Dit maakt van patiënten *prosumers*. De TU/e zou dergelijke apparaten kunnen ontwikkelen en het gebruik ervan door de campuspopulatie aan kunnen moedigen. Vervolgens kan nagegaan worden of en wanneer dit de kwaliteit van gezondheidszorg verhoogt of de kosten verlaagt.
- 4) Het *Living Lab* zou gebruikt kunnen worden om medische apparatuur te testen. Bijvoorbeeld apparaten die insuline in het bloed stabiliseren, spieropbouw stimuleren, meditatieve hersenactiviteit stimuleren en exoskeletten die de gebruiker sterker maken.
- 5) In het *Living Lab* zouden medicijnen/supplementen getest kunnen worden. Bijvoorbeeld medicijnen die het concentratievermogen vergroten, sportprestaties verbeteren of de effecten van een kater neutraliseren. Universiteiten als Harvard doen aan de lopende band onderzoek met studenten als proefpopulatie dus waarom de TU/e niet?
- 6) De TU/e kan het eetgedrag van studenten en medewerkers die daarvoor open staan monitoren en (proberen te) sturen. Het *Living Lab* kan zorgdragen voor een infrastructuur die het verzamelen van gegevens beter of goedkoper maakt. Bijvoorbeeld door middel van online enquêtes en testen en doordat de gebruiker alles wat hij eet eenvoudig kan scannen.
- 7) De TU/e kan medische apparaten of procedures ontwikkelen die minder energie en grondstoffen kosten en minder vervuiling veroorzaken. Voorbeelden die nu vaak genoemd worden zijn het vaker steriliseren in plaats van weggooien van apparatuur en het recyclen van MRI-scanners. Medische apparaten werken verder steeds vaker op basis van duurzame energie in plaats van batterijen. Zo zijn er kleine insulinefabriekjes ontwikkeld die in het lichaam worden ingebracht en die de energie voor het monitoren van het insulineniveau en de fabricage van insuline uit het bloed kunnen halen.



Bovenstaande figuur illustreert hoe de synergie van de TU/e als *Living Lab* in haar werk gaat. Onderzoek, onderwijs, beheer en communicatie leveren elk hun eigen bijdrage aan de producten en diensten die samen de *City of Tomorrow* vormen. Het *Living Lab* levert meer op dan alleen de producten en diensten. Zij beslaat ook alle processen die de stad voortdurend verder vernieuwen. Medewerkers, studenten en bedrijfsleven profiteren allen van het resultaat.

2 *Living Lab* voor synergie tussen onderwijs, onderzoek, beheer en communicatie

Met de implementatie van de *Strategic Areas* uit Strategy 2020, de brede bachelor, Campus 2020 en de andere uitdagingen die op de TU/e afkomen, is het zaak om de schaarse tijd en middelen niet te versnipperen. Daarom hebben we gekozen voor het *Living Lab*-concept om duurzaamheid verder vorm te geven. Het *Living Lab* concurreert niet met de bestaande doelstellingen maar integreert deze.

In het vorige hoofdstuk schreven we al dat het *Living Lab* de *Strategic Areas* kan versterken. Hieronder geven we aan hoe het *Living Lab* de synergie kan vergroten tussen onderwijs, onderzoek, beheer en communicatie. Daarbij hebben we in het bijzonder oog voor het vormgeven van de brede bachelor, voor het aantrekken van meer (internationale) studenten en voor het versterken van de binding met Brainport.

2.1 Onderzoek

‘De hoge eisen die een duurzame maatschappij stelt aan wetenschap en technologie zal het uiterste vergen van de creativiteit van de huidige TU/e onderzoeker en de toekomstige TU/e ingenieur.’

Prof. dr. Bert Meijer, universiteitshoogleraar aan de TU/e

Het *Living Lab* vraagt om TU/e-onderzoekers die zich als het ware de architecten voelen van de *City of Tomorrow*. Ze zetten innovaties in gang waarbij ze de campus als testomgeving gebruiken. Zij moeten in staat zijn de investeringen rond Campus 2020 mede te sturen. Zo kunnen de campus en zijn omgeving een asset worden bij de kennisvalorisatie en bij de praktische en zichtbare invulling van de *Strategic Areas*. Omdat er al van alles gaande is op de campus, moet er snel een organisatie komen onder leiding van één of meerdere hoogleraren die de onderzoeksgemeenschap activeert en faciliteert bij het invullen van het *Living Lab*.

2.1.1 De waarde van het *Living Lab* voor onderzoek

De TU/e-campus en zijn omgeving kunnen veel meer zijn dan puur een aangename werk- en leefomgeving. De campus is een *asset* die zelf een actieve bijdrage kan leveren aan het TU/e-onderzoek en de kennisvalorisatie.

Het boek ‘2030’ illustreert dat moderne innovaties niet meer los gezien kunnen worden van de complexe systemen waarin ze gebruikt gaan worden. Zulke systemen kunnen tot op zekere hoogte wiskundig worden begrepen en gesimuleerd, maar zij zijn nooit helemaal te voorspellen. Door de campus te gebruiken als *Living Lab* kan technologie in een vroeg stadium in de praktijk worden getest. De campus wordt een bron van inzicht voor verder onderzoek. Het gaat erom technologie te ontwikkelen die zich kan aanpassen aan de mens en waaraan de mens zich op zijn beurt kan en wil aanpassen.

De *Living Lab*-campus faciliteert een korte ‘*feedback loop*’ tussen onderzoek en praktijk. Het zorgt voor een vruchtbare wisselwerking: de TU/e kan daarmee nog weer sneller en gericht doorbraken boeken dan universiteiten die ‘ouderwets’ vanuit de ivoren toren opereren.

De campus als *Living Lab* brengt bovendien onderzoekers bij elkaar. Strategie 2020 stelt dat er behoefte is aan multidisciplinair onderzoek. De TU/e wil de hele range beslaan van fundamenteel onderzoek tot *proof of principle* en *proof of concept*. Het gaat om onderzoek waarbij ingenieurs uit allerlei richtingen betrokken zijn: ze richten zich op concrete toepassingen en hebben vaardigheden als ondernemer en manager. Een praktisch project brengt verschillende disciplines bij elkaar en bestaat idealiter uit zowel abstracte denkers als industrieel ontwerpers.

Samenwerken aan concrete projecten brengt partijen bij elkaar en leidt tot resultaat, laten ook instituten als ICMS, ILI en EIRICT al langer zien. Het *Living Lab* trekt die trend verder door. De campus kent een slimme, technologisch vaardige en vernieuwingsgezinde populatie en zetelt middenin de slimste regio ter wereld. Dat maakt de campus een ideale testomgeving voor producten en diensten

van de toekomst. Voor Campus 2020 zijn miljoenen gereserveerd: die kunnen de komende jaren ingezet worden om de werk- en leefomgeving aantrekkelijker te maken maar tegelijkertijd de testomgeving vorm te geven. Bedrijven zullen de campus nog meer opzoeken om *proofs of concept* te testen.

2.1.2 De praktische invulling voor onderzoek

Bij het bouwen van de *City of Tomorrow* op de campus spelen de TU/e-onderzoekers de hoofdrol. Zij weten wat er gaande is op hun expertisegebieden. Zij vormen een uniek reservoir van 'innovatieve architecten', die hun stempel op de eigen stad kunnen drukken. Zij kunnen kijken welke toepassingen en experimenten mogelijk zijn op de campus en hoe daarvan geleerd kan worden. De campus en zijn omgeving wordt een 'openluchtlaboratorium', dat zij kunnen benutten voor innovaties op het gebied van *Energy, Smart Mobility* en *Health*. Ze kunnen kennis ontwikkelen, prototypes testen en proofs of concept verkrijgen. De bewoners (waaronder zichzelf) zijn daarbij zowel de subjecten die de nieuwe producten en diensten bedenken en testen als de objecten die onderdeel zijn van het experiment zelf.

Om optimaal gebruik te maken van het *Living Lab* is het zaak dat onderzoekers zich onder meer afvragen:

- Wat kan ik in mijn onderzoek hebben aan de *City of Tomorrow*? Hoe kan ik mijn werk vertalen naar de praktijk? Welke producten of diensten kunnen meerwaarde hebben? Wat kan ik hier op de campus uittesten?
- Welke andere disciplines op de TU/e kunnen mij wellicht helpen om die stap naar een product of dienst te zetten c.q. welke andere disciplines kunnen wellicht mijn hulp gebruiken?
- Als mensen innovatieve producten of diensten op de campus gebruiken, hoe kunnen we dat dan monitoren om lessen eruit te leren voor verder onderzoek?
- Waarop moeten we letten bij nieuwbouw en renovatie zodat we straks de juiste infrastructuur hebben voor onze *Living Lab*-experimenten?

De belangrijkste vraag aan het College van Bestuur is hoe het reservoir aan kennis, kunde en veranderpotentieel optimaal aangeboord kan worden. Wat vraagt dat voor organisatie en aansturing? Hoe kan een en ander zo opgezet worden dat de onderzoekers intrinsiek gemotiveerd raken om aan het *Living Lab* bij te dragen?

Wij stellen voor om met een aantal stakeholders enkele workshops te organiseren om over die organisatie en aansturing na te denken. We opperen hier vast wat mogelijkheden om de verbeelding te prikkelen:

- 1) Zorg dat het slagen van het *Living Lab* onderdeel wordt van de prestatiecriteria van één of meerdere personen met aanzien binnen de gemeenschap van onderzoekers. Maak hen onder meer verantwoordelijk voor het opstarten van de onderzoeksprojecten die nodig zijn om de *City of Tomorrow* en de *Living Lab*-processen eromheen vorm te geven.
- 2) Ondersteun onderzoekers die zich sterk maken voor het *Living Lab* vanuit het Communicatie Expertise Centrum, zodat boeiende ontwikkelingen ook goed aan de buitenwereld gecommuniceerd kunnen worden.
- 3) Stel bij de bouwprojecten van Campus 2020 een hoogleraar aan als inhoudelijk supervisor. Deze hoogleraar is geen bouwkundige maar iemand met affiniteit met de ontwikkelingen binnen de drie *Strategic Areas*. Zijn taak is om qua innovatie, functionaliteit en toekomstvastheid van de bouwprojecten het onderste uit de kan te halen (binnen de grenzen die tijd en geld stellen). Hij heeft een duidelijke visie op hoe de gebruikers in de toekomst met een gebouw gaan interacteren.
- 4) Zorg dat onderzoekers een aanspreekpunt hebben om hun voorstellen te ventileren. Een online systeem kan daar deel van uitmaken maar belangrijker is dat ze een gemotiveerde persoon met kennis van zaken kunnen aanspreken.
- 5) Zorg voor een systeem waarmee *realtime* transparant is wie welk idee heeft ingebracht en wat de status is. De *City of Tomorrow* vaart wel bij *crowdsourcing*.
- 6) Doe aan schatgraven in eigen tuin: welke innovaties worden er nu al op toegepast die beter belicht en gebruikt zouden kunnen worden? Het WKO-systeem en de VW Lupo zijn al genoemd, maar welke voorbeelden zijn er nog meer? Dit zou achterhaald kunnen worden met behulp van online enquêtes en/of workshops.
- 7) Vraag elke onderzoeker naar minimaal vijf ideeën die wellicht relevant kunnen zijn voor de *City of Tomorrow*. Dit kan gecombineerd worden met het vorige punt.
- 8) Stel strategisch-onderzoekbudget beschikbaar voor projecten die de potentie hebben om een zichtbare en maatschappelijk relevante bijdrage te leveren aan de *City of Tomorrow*.
- 9) Verlies onderzoekers die meer fundamenteel onderzoek verrichten niet uit het oog: zij zijn bij uitstek degenen die trends en ontwikkelingen zien die verder in de toekomst liggen. Met hun input kan de toekomstvisie robuuster worden. Daarnaast kunnen hun vaardigheden van groot belang zijn voor het oplossen van ingewikkelde problemen waarvoor *The City of Tomorrow* zich gesteld ziet.

De *City of Tomorrow* wordt uiteraard pas realiteit door de uitvoering van (nieuw) onderzoek met de bijbehorende testen en experimenten op de campus. In aanvulling op de voorstellen per *Strategic Area* uit het vorige hoofdstuk geven we enkele meer generieke mogelijkheden om de verbeelding te prikkelen:

- 1) Zorg dat de visie op de *City of Tomorrow* verder uitgewerkt wordt in woord en beeld. Op dit moment is er een landschappelijke visie op het ontwikkelen van een compacte en groene campus en een visie op de cultuurhistorisch verantwoorde ontwikkeling van de gebouwde omgeving. Wat ontbreekt, is een visie op de stad van morgen en op de TU/e als *Living Lab*. Maak hier bijvoorbeeld een multidisciplinair afstudeerproject van voor een team begaafde studenten onder leiding van een gecommitteerde hoogleraar met oog voor innovatie, veranderprocessen en praktijk. Het resultaat is een doorwrocht visiedocument waarin zo veel mogelijk stakeholders op de campus zich herkennen.
- 2) Ontwikkel een visie op de infrastructuur die nodig is om de *City of Tomorrow* toekomstvast te maken. Gebouwen en wegen kunnen bij de bouw voorzien worden van de bedrading waarmee bijvoorbeeld sensoren en sturingselementen alsnog zonder extra kosten kunnen worden aangebracht. Dat maakt later bijvoorbeeld een geavanceerd en gepersonaliseerd GebouwBeheerSysteem mogelijk.
- 3) Ontwikkel per gebouw een visie over de meest geavanceerde functionaliteit (onder meer qua energiegebruik) waarvan het gebouw voorzien kan worden. Zorg dat hierbij de meest innovatieve onderzoekers en studenten op de drie strategische gebieden het voortouw nemen. De medewerkers van bouwkunde en beheer kunnen een esthetische, beheersmatige en financiële *reality check* doen.
- 4) Breng de vervoersstromen van studenten en medewerkers beter in beeld en ontwikkel een strategie om die stromen te verbeteren (zie het vorige hoofdstuk).
- 5) Ontwerp een online systeem om crowdsourcing bij het *Living Lab* te ondersteunen. Technisch is dat niet ingewikkeld, het gaat erom relevante stakeholders te inspireren en faciliteren om hun bijdragen te leveren.
- 6) Kijk naar de inzet van *smartphones*, vooral ook voor *location based services* die gepersonaliseerde en gecontextualiseerde informatie verschaffen. Het ontwikkelen van een open systeem waarvan alle andere systemen op de campus gebruik kunnen maken zonder dat dit de privacy van de gebruiker aantast, is niet eenvoudig. Als de TU/e hiervoor in een vroeg stadium echter standaarden ontwikkeld, voegt zij krachtige en unieke functionaliteit toe aan het *Living Lab* die door talloze andere systemen benut kan worden.
- 7) Zorg dat overheid en bedrijfsleven participeren in de *City of Tomorrow*. Zoek partners voor wie de infrastructuur van het *Living Lab* zo interessant is, dat ze hun onderzoek op de TU/e willen doen. De TU/e-campus wordt bij uitstek nog meer de omgeving waarin nieuwe ontwikkelingen getest kunnen worden.

2.2 Onderwijs

2.2.1 De *City of Tomorrow* en de studenteninstroom

De TU/e wil haar studenteninstroom vergroten. Ook daarin spelen de *Strategic Areas* een belangrijke rol. Nu zijn de drie speerpunten nog slechts beperkt zichtbaar: onvoldoende scholieren weten dat de TU/e niet alleen een technische maar ook een duurzame en een maatschappelijk betrokken universiteit is. Voor jongeren is aandacht voor duurzaamheid vanzelfsprekend en zij verwachten dit ook terug te vinden op hun universiteit. Richtingen zoals *Sustainable Energy Technology* helpen om het beeld van de studenten-in-spe bij te stellen. We bevelen aan om meer van dergelijke richtingen te benoemen. Nog krachtiger is het als de TU/e haar maatschappelijke betrokkenheid demonstreert met concrete en aansprekende *Living Lab*-projecten waarin studenten (als subject en object) een belangrijke rol spelen. Als de TU/e-campus te boek komt te staan als de plek waar zich vele praktische, maatschappelijk relevante, multidisciplinaire projecten afspelen, kan dit een sterk aanzuigende werking hebben.

2.2.2 De synergie tussen het *Living Lab* en de brede bachelor

Eén van de manieren om de instroom te verhogen, is de introductie van de brede bachelor die de TU/e aantrekkelijker maakt voor mensgerichte generalisten. De brede bachelor en de keuze voor de *Strategic Areas* versterken elkaar.

Het *Living Lab*-concept zorgt voor een verdere versterking. De brede bachelor kan voor zijn multidisciplinaire projecten putten uit de inspiratie en focus die de *City of Tomorrow* verschaft. De rol van studenten in het *Living Lab* past uitstekend bij de maatschappelijk betrokken focus van de brede bachelor. De concrete doelstellingen inspireren de studenten. Ze kunnen een belangrijke rol spelen bij de realisatie van hun eigen innovatieve leef- en studieomgeving.

‘Als Technische Universiteit zouden we voorop moeten lopen om de problemen rondom fossiele brandstoffen, materiaalschaarste, waterverbruik en vervuiling op te lossen.

Niet alleen omdat de problemen opgelost zouden kunnen worden met technologische innovaties die hier ontwikkeld worden, maar ook omdat dit een maatschappelijk probleem is waarbij de universiteit kan laten zien dat met techniek en goed beleid oplossingen dichterbij komen. Dat is de ambitie van de sociale ingenieur die elke student wil worden en waarvan in de toekomst veel zal worden verwacht.

Door te investeren in duurzaamheid en aan de buitenwereld te laten zien dat de Technische Universiteit Eindhoven een duurzame instelling is en dat dit terug komt in het beleid, kan de universiteit zichzelf en haar studenten onmisbaar maken voor de samenleving van de toekomst.’

TU/e-studenten in het rapport ‘Case Study Duurzame Campus’

Met andere woorden: het *Living Lab* kan bijdragen aan het op aansprekende wijze invullen van onder meer het *User, Society and Entrepreneurship*-deel van de brede bachelor en de brede bachelor kan helpen bij het invullen van de onderwijsprojecten van de *City of Tomorrow*. Het tegelijk oppakken van beide ontwikkelingen biedt unieke kansen.

2.2.3 De praktische invulling voor onderwijs

Hoe het onderwijs het beste georganiseerd kan worden om de synergie met het *Living Lab* vorm te geven, moet nader bekeken worden. Wel kunnen we enkele mogelijkheden opperen om de verbeelding te prikkelen:

- 1) Geef aan de brede-bachelorcommissie onder leiding van Lex Lemmens de vraag mee in hoeverre het mogelijk en wenselijk is om het *Living Lab* en de *City of Tomorrow* te verweven in het curriculum, zodat de maatschappelijke betrokkenheid van de TU/e zichtbaarder wordt.
- 2) Gebruik studenten waar mogelijk als subject en object van experimenten van het *Living Lab*. Studenten werken waarschijnlijk graag mee als duidelijk is wat dat bijdraagt aan de *City of Tomorrow*.
- 3) Vul de *Strategic Areas* op een duidelijk herkenbare manier in binnen het curriculum van de brede bachelor.
- 4) Vul de USE-delen van de brede bachelor deels in met projecten die bijdragen aan de *City of Tomorrow*.
- 5) Zorg voor meer Master-opleidingen die herkenbaar zijn als duurzaam en maatschappelijk betrokken.
- 6) Creëer competitie tussen projecten van studenten, bijvoorbeeld door prijzen eraan te verbinden.
- 7) Bepaal welke mens- en maatschappijgerelateerde expertisegebieden kunnen bijdragen aan een effectieve implementatie van technologische innovaties van de TU/e. Denk aan expertise uit de psychologie, (computatieve) sociologie en economie, cognitieve wetenschappen en ecologie. Die expertisegebieden kunnen ook helpen om de *City of Tomorrow* vorm te geven. De TU/e kan daarbij kiezen voor een meer modelmatige en kwantitatieve benadering van de menswetenschappen.
- 8) Zet een duurzame aantekening op het diploma van studenten die een voldoende aantal 'duurzame' studiepunten hebben behaald.
- 9) Laat docenten zichzelf bij elk vak afvragen: hoe zou duurzaamheid c.q. het *Living Lab* of de *City of Tomorrow* aangestipt kunnen worden?
- 10) Definieer elk jaar meerdere integrale multidisciplinaire en mediawaardige projecten waarin studenten van de brede bachelor bijdragen aan de realisatie van de *City of Tomorrow*.

2.3 Beheer

‘De universiteitscampus heeft in 2020 als TU/e Science Park de statuur van een innovatiecampus van nationaal belang en internationale allure.’

TU/e 2020 Strategisch Plan

2.3.1 Grote veranderingen voor de beheersorganisatie

Onderzoek en onderwijs staan logischerwijze centraal bij het invullen van het *Living Lab*. Niettemin ligt de grootste uitdaging voor een succesvolle implementatie ons inziens bij de beheersorganisatie en in het bijzonder de Dienst Huisvesting.

Beheersorganisaties worden normaal gesproken afgerekend op voorspelbaarheid, betrouwbaarheid en kostenbeheersing: ze doen hun werk perfect als niemand er iets van merkt. Voor de beheersorganisatie van TU/e was dat tot nog toe niet anders. Dit leidt echter doorgaans tot een conservatieve benadering en een cultuur die haaks staat op de insteek van de campus als innovatief *Living Lab*. Onderzoek en onderwijs krijgen een prominente plaats in dat *Living Lab*, maar ook de beheersorganisatie gaat een centrale rol spelen.

Naast de trekker(s) vanuit onderzoek (die de innovatie waarborgen) en de trekker(s) vanuit onderwijs (die de onderwijsprojecten definiëren) is het noodzakelijk dat iemand van de beheersorganisatie een ambitieus uitvoeringsplan invult en realiseert. Deze persoon is een spin in het web en zorgt dat alle praktische ontwikkelingen op elkaar en op de visie aansluiten. In de praktijk is hij het belangrijkste gezicht van het *Living Lab*.

Vraag je bij elke nieuwe weg, elk nieuw gebouw, elke nieuwe hal en kamer, elke renovatie, elk nieuw voertuig, kortom elke mogelijke verandering af:

‘Wat kan dit bijdragen aan de campus als Living Lab?’

Urgenda

2.3.2 De praktische invulling voor beheer

Hoe de beheersorganisatie van de TU/e het beste georganiseerd kan worden is niet aan ons, maar we geven enkele aanbevelingen om tot een dynamisch *Living Lab* te komen:

- 1) *Zorg dat de meest innovatieve partijen binnen de TU/e een beslissende stem hebben.*
Bij de ontwikkeling van gebouwen neemt de beheersorganisatie nu het voortouw, met Bouwkunde in de tweede ring en SET, Innovation Sciences en Industrial Design in de derde ring. Wie innovatie wil, keert het om. Laat bijvoorbeeld een jonge, ambitieuze hoogleraar bij Innovation Sciences de leiding nemen. Deze geeft vervolgens een prominente rol aan SET en Industrial Design. De reguliere verantwoordelijken voor de bouw laten zich vervolgens wel

horen om de TU/e voor misstappen te behoeden en om te zorgen dat zaken als de architectonische uitstraling en integratie in het landschap niet uit het oog worden verloren.

2) *Geef prioriteit en gewicht aan de inbreng van studenten.*

De hoogleraar Innovation Sciences kan afstudeerders van IS, SET en Bouwkunde inzetten om zijn ideeën te onderbouwen. Studenten worden zo medeverantwoordelijk en een professioneel ontwerp bureau kan niet zomaar een geijkte, weinig innovatieve oplossing naar voren schuiven.

3) *Bouw bij ontwikkelingen ‘innovatietoetsen’ in.*

Bij de ontwikkeling van een gebouw moet een aantal malen in het proces getoetst worden of er werkelijk sprake is van de meest vooruitstrevende aanpak. Zijn er wellicht alternatieven qua innovatieve uitstraling, fundament voor andere innovaties, valorisatie of testomgeving. Het is een omkering van de reguliere situatie waarbij tussentijdse toetsmomenten eerder tot meer conservatieve oplossingen leiden.

4) *Reken altijd met total cost of ownership (TCO).*

In de meeste projecten spelen de aanschafkosten een onevenredig belangrijke rol. Duurzame innovaties kenmerken zich door hogere aanschafkosten die (geheel of gedeeltelijk) worden terugverdiend tijdens de looptijd. Vaak zijn het budget voor bouw en exploitatie gescheiden zodat aanvangsinvesteringen niet gedaan worden, zelfs niet als ze de totale exploitatiekosten (inclusief bouwkosten en rente) verlagen. Consequent rekenen met TCO kan deze valkuil vermijden.

5) *Bouw nieuwe prestatiecriteria in.*

De TU/e kan bijvoorbeeld ook kijken naar het innovatief gehalte van nieuwe gebouwen, de tevredenheid van bedrijven die de campus als *Living Lab* gebruiken of de innovatieve uitstraling volgens de studenten.

6) *Stel ‘captains of innovation’ aan.*

Medewerkers die weten hoe reilt en zeilt op de campus, kunnen als ‘Haarlemmer olie’ voor innovatieve ontwikkelingen fungeren. Zij faciliteren bijvoorbeeld bedrijven die de campus als testbed willen gebruiken bij het vinden van locaties en het verkrijgen van de noodzakelijke autorisaties. Zij signaleren welk innovatiepotentieel binnen de TU/e nog onbenut is. Zij hebben een goede relatie met zowel de beheersorganisatie als de ‘innovatieve zwaargewichten’ in het primaire proces van TU/e.

2.4 Communicatie

2.4.1 Doelen

De TU/e wil meer studenten trekken en dat is een belangrijke reden om expliciet te communiceren over het *Living Lab*. Het concept zal ook de interesse wekken van potentiële promovendi en docenten/hoogleraren. De TU/e is *'the place to be'* voor wie zoekt naar een uitdagende universiteit. Het motto *'Where innovation starts'* moet op de campus letterlijk ervaren worden.

De TU/e trekt gemotiveerde studenten uit binnen- en buitenland aan als de campus zichtbaar innovativiteit, authenticiteit en maatschappelijke relevantie uitstraalt. De campus is een opwindende plek waar ze state-of-the-art technieken kunnen ontwikkelen, testen en ervaren.

'To boldly go where no man has gone before'

Credo van de serie Star Trek

De TU/e wil veel meer vrouwelijke studenten trekken (streefcijfer: meer dan 35% van totaal in 2020). Ook daarvoor is het belangrijk dat de campus de maatschappelijke relevantie van het onderzoek demonstreert. Een grotere instroom van internationale studenten (meer dan 20% van de bachelor- en 35% van de masterstudenten in 2020) vraagt een campus met internationale allure. Praktisch demonstreerbare innovaties op de campus halen zonder twijfel de internationale media.

Projecten met een relatief beperkte directe impact binnen de universiteit, kunnen een enorme invloed hebben op de uitstraling en aantrekkingskracht van de TU/e. De robotwedstrijden en de bouw van een raceauto aan de TU/e zijn daar voorbeelden van. Aankomende studenten zien *'student driven, student designed en student implemented'*-projecten als een welkome aanvulling op de collegezalen en boeken.

2.4.2 Middelen

Het Communicatie Expertise Centrum dient haar goede mediarelaties (waaronder de persoonlijke contacten met de relevante journalisten bij de grote dagbladen, radio en TV) optimaal te gebruiken om alle innovaties die op het Living Lab plaatsvinden te communiceren. Daarnaast zijn het de ‘marketeers’ die de ‘branding’ van de TU/e voor hun rekening nemen en die weten hoe de prestaties van de TU/e het beste zichtbaar gemaakt en *geframed* kunnen worden. Zij kunnen de TU/e er bijvoorbeeld op wijzen dat het WKO-systeem en de elektrische auto die op de TU/e gemaakt zijn te weinig in het oog springen. Ook zouden wij de TU/e aanbevelen om aan persberichten een ‘gezicht’ te geven in de vorm van een hoogleraar of student die voor de pers goed benaderbaar is en actief ingezet wordt.

Onze indruk is dat de TU/e haar focus nog meer zou moeten verschuiven van de traditionele communicatiemiddelen als schriftelijk materiaal over studierichtingen en folders voor open dagen op middelbare scholen naar het bespelen van de nieuwe media. Wellicht kan het daarbij helpen om gebruik te maken van externe krachten die zich hierin hebben gespecialiseerd. Het creëren van *buzz* in de sociale media werkt in onze ervaring het beste wanneer de officiële campagne ondersteunt wordt door communicatie-uitingen van twintigers die de *scene* kennen en het jongerenjargon beheersen. Zij zijn beter in staat om andere jongeren het gevoel te geven dat de TU/e spannend, gaaf, hip, cool, vet of wat dan ook is.

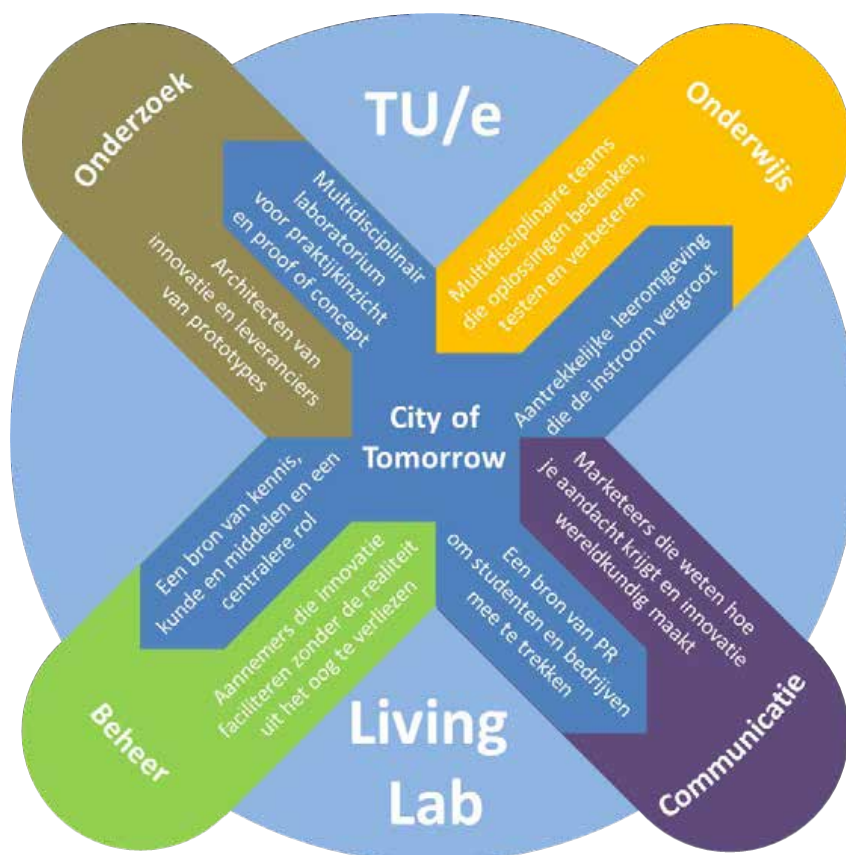
Naast het gebruiken van gezichten bij specifieke persberichten zou het helpen als de TU/e één of meerdere boegbeelden krijgt. Daarbij gaat het niet zozeer om het uitdragen van academische prestaties maar meer om de naamsbekendheid en het gemak waarmee die persoon de populaire pers weet te halen. Het is voor de TU/e wellicht wettelijk maar op andere universiteiten laten professoren als Wubbo Ockels en Herman Wijffels zien, dat ze het merk van die universiteiten versterken en zorgen voor veel gratis publiciteit. Of de TU/e een dergelijk boegbeeld moet aantrekken of dat zij beter iemand uit de eigen gelederen verder kan profileren, kunnen wij niet bepalen.

3 Conclusies en aanbevelingen

De TU/e kan verduurzamen op een manier die past bij Strategie 2020 met zijn *Strategic Areas*, bij de plannen voor Campus 2020 en bij de brede bachelor. Verduurzaming kan gebruikt worden om de studenteninstroom te vergroten en de synergie tussen onderzoek, onderwijs, beheer en communicatie te versterken. Er is sprake van een unieke *window of opportunity* maar om die te benutten, zijn snelle actie en daadkracht geboden.

Met de *Strategic Areas* heeft de TU/e inhoudelijk de keuze voor duurzaamheid gemaakt: *Energy* staat bij elke duurzaamheidsdiscussie centraal. *Smart Mobility* is een cruciaal issue. En *Health* geldt als randvoorwaarde bij het streven naar duurzaamheid. Van die focus op duurzaamheid is op de campus echter weinig concreets te zien. Er is behoefte aan zichtbare *practice what you preach*.

Daarom raden wij de TU/e aan om van haar campus een *Living Lab* te maken: een *real life* proeftuin waarin onderzoek, onderwijs, beheer en communicatie samenwerken aan praktische implementaties van duurzame innovaties. In het *Living Lab* kunnen innovaties op het gebied van de drie *Strategic Areas* versneld in de praktijk worden gebracht. Zo wordt de TU/e niet alleen consument maar vooral producent van duurzame innovatie en dit laatste heeft veel meer maatschappelijke meerwaarde. Het product van de activiteiten in dit *Living Lab* is de *City of Tomorrow*: een plek waar de oplossingen van morgen vandaag al in de praktijk worden getest.



Het vergroten van de studenteninstroom is de belangrijkste uitdaging van de TU/e de komende jaren. De Taskforce Redesign Ba-Curriculum stelt het heel duidelijk: als er geen doorbraak komt zal de TU/e niet overleven. Radicale veranderingen zijn nodig. De Taskforce benadrukt dat het zaak is om niet alleen zogeheten Concrete Bèta's aan te trekken: die maken nu 66% van de TU/e-studentenpopulatie uit, maar vormen slechts 17% van de potentiële bèta studenten. De TU/e moet ook Mensgerichte Generalisten (28%) en Carriere Bèta's (33%) aan zich weten te binden: die groepen zijn samen bijna vier maal zo groot.

De brede bachelor speelt daarop in en het *Living Lab* kan dit verder versterken. Het *Living Lab* vraagt van studenten dat zij participeren in praktische multidisciplinaire projecten waarmee innovaties in hun eigen leef- en studieomgeving worden gerealiseerd. Mensgerichte Generalisten zullen de maatschappelijke relevantie van deze projecten waarderen. Carriere Bèta's waarderen dat ze managementervaring opdoen en dat zij direct de verbinding tussen innovaties en businesscases kunnen leggen.

De nieuwe ingenieur moet volgens de Taskforce zes vaardigheden beheersen: wiskunde, natuurwetenschappen, systeemdenken, ontwerpen, USE (user, society, enterprise) en professionele vaardigheden. Met het *Living Lab* worden de laatste vier (van de zes) vaardigheden ontwikkeld.

3.1 Aanbevelingen voor 2011

Gebruik het *Living Lab* om de brede bachelor vorm te geven

Wij bevelen aan om Lex Lemmers een werkgroep te laten formeren die uitwerkt hoe de synergie tussen het *Living Lab* en de brede bachelor vorm kan krijgen. Het is goed om in de brede bachelor per *Strategic Area* minimaal één vak op te nemen dat voldoet aan de volgende criteria:

- Het omvat een jaarlijks terugkerend multidisciplinair project dat bijdraagt aan de *City of Tomorrow*.
- Het gaat uit van een belangrijke innovatie in de betreffende *Strategic Area*.
- Het analyseert de mogelijke plaats van deze innovatie in de *City of Tomorrow*.
- Het ontwikkelt een concreet product of een concrete dienst voor de *City of Tomorrow*.
- Het follow-up proces dat tot realisatie van het product of de dienst leidt, is expliciet onderdeel van het project (om te voorkomen dat ideeën in de bureaula verdwijnen).

Voor *Energy* kunnen studenten bijvoorbeeld een geavanceerde interface met het GebouwBeheerSysteem van Project 1 ontwikkelen zodat gebruikers met hun mobiele telefoon lichten kunnen dimmen en de temperatuur aan kunnen passen. Voor *Smart Mobility* kunnen studenten een systeem voor het ad hoc distribueren van fietsen uit zogenaamde bikedispensers ontwerpen. Voor *Health* kunnen ze werken aan een applicatie om realtime gegevens van sporters over hun hartslag aan te bieden aan de *tablet* van de trainer.

Het *Living Lab* en de *City of Tomorrow* met hun aansprekende projecten kunnen gebruikt worden in de studievoorlichting over de brede bachelor.

Maak al geboekte successen snel zichtbaar en creëer een innovatieroute

Nieuwe successen boeken kost meer tijd dan geboekte successen etaleren. De TU/e kan reeds geboekte successen op het gebied van duurzaamheid binnen de *Strategic Areas* daarom snel zichtbaarder maken op de campus. Identificeer per *Strategic Area* de meest aansprekende, reeds geboekte successen met een herkenbare link naar duurzaamheid. Geef deze successen een verhaal, een gezicht, een fysieke locatie en een herkenbaar fysiek object op de campus. Gebruik ook dit in het communicatieplan voor de brede bachelor.

Twee successen die in ieder geval in 2011 zichtbaar gemaakt kunnen worden, zijn het WKO-systeem en de elektrische Volkswagen Lupo. De Lupo dient op zijn minst zo bestickerd te worden dat vanaf flinke afstand zichtbaar is dat hij elektrisch is en omgebouwd werd door de TU/e. Voor het WKO-systeem stellen we voor om van de boven het maaiveld uitstekende putten bankjes te maken met een vorm die naar de functie verwijst en ze te voorzien van een interface die realtime de stand van zaken weergeeft. Wij stellen verder voor om de monumentale schoorsteen te voorzien van een blauwe en rode LED-strip die vanaf de hele campus zichtbaar is en aangeeft hoeveel warmte en koeling wordt geleverd. Iconen als het WKO-systeem en de Lupo zijn voor de media interessanter dan de *Strategic Areas* en er dient strategisch mee omgegaan te worden.

Wij bevelen aan om in een onderwijsproject en/of met behulp van een extern bureau een innovatieroute over de campus te ontwikkelen die behaalde successen in woord en beeld toelicht. Idealiter heeft de route net als een goed boek een chronologische volgorde en een spannend verhaal. Fysiek krijgt de route vorm met objecten en bordjes. Er komt ook een website met geografische markers en (historische) foto's. Maar bovenal raden we aan de innovatieroute vorm te geven als *location based service*: een applicatie voor de smartphone die gebruikers informeert afhankelijk van waar ze zich bevinden. Een interessante uitbreiding kan ook zijn om de smartphone te richten op een code onderweg waarna beelden uit het verleden of de toekomst verschijnen. De route is niet statisch maar wordt steeds verder uitgebreid naarmate er bij het 'schatgraven in eigen tuin' nieuwe successen op de campus zichtbaar gemaakt kunnen worden. Een innovatieroute is een relatief goedkope en krachtige manier om een start te maken met het etaleren van de innovatieve en duurzame identiteit van de TU/e.

Stel *Chief Innovators* aan voor Project 1 en 2

Stel bij de bouwprojecten van Campus 2020 een hoogleraar aan als inhoudelijke supervisor. Hij moet qua innovatie, functionaliteit en toekomstvastheid het onderste uit de kan halen. Zijn focus ligt niet bij bouwkunde maar bij innovatie langs de lijnen van de *Strategic Areas* en hij heeft een duidelijke visie op de manier waarop gebruikers in de toekomst met het gebouw gaan interacteren. Hoewel Project 1 vergevorderd is, zijn ook hier nog talloze mogelijkheden mits er snel gehandeld wordt. Dat geldt bijvoorbeeld voor de verlichting en de manier waarop gebruikers met het GebouwBeheerSysteem communiceren. Er zijn nog mogelijkheden om het gebouw te voorzien van intelligente sensoren en besturingselementen die vanuit intelligente algoritmen en smartphones worden aangestuurd. Ook zou een dak met zonnepanelen een mogelijkheid zijn. Voor Project 2 is recent een architect geselecteerd. Als de *Chief Innovator* voor dit project snel wordt aangesteld, kan hij hier de functionaliteit nog volledig mede vormen.

Communiceer een toekomstvisie op de campus als *City of Tomorrow*

Zorg dat de visie op de *City of Tomorrow* verder uitgewerkt wordt in woord en beeld. Op dit moment is er een landschappelijke visie op het ontwikkelen van een compacte en groene campus en een visie op de cultuurhistorisch verantwoorde ontwikkeling van de gebouwde omgeving, maar een visie op de campus als stad van morgen of *Living Lab* ontbreekt. Idealiter start de TU/e per omgaande een multidisciplinair afstudeerproject voor een team begaafde studenten onder leiding van een gecommitteerde hoogleraar met oog voor innovatie en veranderprocessen. Uiteraard dienen Innovation Sciences en SET in dit team vertegenwoordigd te zijn. Waar mogelijk zijn belangrijke stakeholders op elk van de drie *Strategic Areas* als promotor bij het project betrokken. Als dit gezien de tijd niet lukt, dient een extern bureau ingehuurd te worden. Het resultaat moet een inspirerend, beeldend en breed gedragen visiedocument worden dat gebruikt kan worden in de in- en externe communicatie.

Stel een taskforce in die aan het CvB advies uitbrengt over de implementatie van het *Living Lab*

Dit rapport doet een voorzet voor de organisatie van de implementatie. Kort samengevat: onderzoek levert de architecten van de innovaties; onderwijs levert multi-disciplinaire projectgroepen; beheer levert aannemers en communicatie de 'marketeers'. Een taskforce met vertegenwoordigers van deze partijen kan de ideeën verder uitwerken en zou bij voorkeur nog dit jaar een advies moeten uitbrengen.

3.2 Aanbevelingen voor 2012

Kies de *Mayor of Tomorrow*

Als nog dit jaar de aansluiting van het *Living Lab* op de brede bachelor helder is en er een toekomstvisie en implementatieplan liggen, kan in 2012 de organisatie van de implementatie van het *Living Lab* vorm krijgen. Dat vraagt om een trekker die aanzien heeft binnen de TU/e en die de campus goed kent. Geen architect of bouwkundige maar een innovator die affiniteit heeft met de *Strategic Areas* en dit op de campus tot uitdrukking wil brengen. Deze functie zou *Mayor of Tomorrow* gedoopt kunnen worden en misschien zouden er ooit zelfs verkiezingen kunnen plaatsvinden.

De *Mayor* legt zijn focus niet op de individuele gebouwen (dat is de taak van de *Chief Innovators*) maar op het totale systeem waarin veel plannen gebouwoverstijgend zijn. De *Mayor* wordt ondersteund door mensen binnen onderzoek en onderwijs die hem (als onderdeel van hun reguliere taak) helpen om concrete projecten te introduceren op de campus. Mensen vanuit beheer denken met hem mee over manieren om de projecten te realiseren. Communicatie levert expertise over de wijze waarop innovaties gepresenteerd kunnen worden. Ook software kan helpen. Ontwikkel bijvoorbeeld een ideeënbus+: mensen kunnen online duurzame en innovatieve ideeën inbrengen en de voortgang en uitwerking (of afwijzing) volgen. Denk ook aan vormen van crowdsourcing, waarbij mensen op elkaars inbreng voortbouwen. Het opzetten en monitoren van een applicatie waarmee innovatieprocessen kunnen worden gestuurd, is uiteraard een (onderwijs)project op zich dat in de loop der jaren kan worden vervolmaakt.

Bouw 'innovatietoetsen' in

In het rapport gaan we in op de kloof tussen onderzoek en beheer die zich in elke organisatie voordoet. We benadrukken nogmaals dat het belangrijk is om onderzoek meer bij beheer te betrekken wil innovatie een hogere vlucht nemen. Voor grote projecten is het aanstellen van *Chief Innovators* een idee, maar een goed instrument kan ook het invoeren van innovatietoetsen zijn: nieuwe investeringen als de aankoop van auto's of de aanleg van wegen worden duidelijk aangekondigd en de innovatieve experts binnen het *Living Lab* kunnen bedenken hoe de investering (binnen de limieten van tijd en geld) innovatiever en toekomstvaster kan worden ingevuld. De TU/e moet hier haar eigen proces voor vinden.

Reken met Total Cost of Ownership

Eén van de grootste problemen van duurzame innovaties is dat de kosten bij de aanvang gemaakt worden in plaats van tijdens de levensduur. Aangezien aanschaf en exploitatie vaak gescheiden budgetten zijn, zorgt dit er meestal voor dat niet de laagste totale kosten tijdens de levenscyclus maar de laagste aanschafkosten doorslaggevend zijn. *Total Cost of Ownership* (TCO) is een manier om dit probleem te adresseren. Als de TU/e serieus werk wil maken van de *City of Tomorrow* moet zij investeringen standaard uitdrukken in TCO. De aanschafkosten zijn hooguit van belang om de liquiditeitspositie te bewaken. In 2012 zou de TU/e hiermee kunnen beginnen door alle investeringen in Project 1 en 2 die nog open staan uit te drukken in TCO.

Creëer een zelfvoorzienend gebouw en sluit dit aan op een smart grid

Met de WKO spaart de TU/e het grootste deel van haar energieverbruik uit ten opzichte van conventionele gebouwen. Wat overblijft, is elektriciteit die met behulp van zonnepanelen op het dak zou kunnen worden opgewekt. Wij stellen voor om het dak van de W-hal (het dambord) om en om te voorzien van zonnepanelen en graszoden. Zo wordt het gebouw zelfvoorzienend en het is een eyecatcher op Google Earth. Het past ook in het advies van bureau Crimson: laat de TU/e bij deze hal een eigen verhaal ontwikkelen dat de monumentale waarde koppelt aan een nieuwe en eigen visie op vooruitgang.

Maak verder een begin met een smart grid op de campus dat alle gebruikers en bronnen van elektriciteit op een slimme manier aan elkaar koppelt. Sluit hier het zonnedak en de elektrische auto's op aan.

Introduceer elektrische auto's, bikedispensers en slimme OV-navigatiesystemen

Vervang de auto's van postkamer en beveiliging door elektrische auto's. Geef de beveiligers bijvoorbeeld een Renault Twizy en voorzie de post van elektrische vracht- of bestelwagens. Vergeet niet om dit op de buitenkant van de wagen duidelijk te laten zien.

Zorg dat op verschillende plekken op de campus bikedispensers worden geplaatst waaruit iemand met een OV-jaarkaart of *Google wallet* zo een fiets kan meenemen om hem bij een andere bikedispenser weer in te leveren. Ze zijn bedoeld voor mensen die met OV of auto op de campus aankomen maar op de campus zelf geen vervoer hebben. Begin desnoods met vier fietsen, als de ontwikkeling van het systeem maar in gang wordt gezet. Voorzie de fietsen van een slim

navigatiesysteem waarmee de weg gewezen wordt op de campus en waarop desgewenst ook de innovatieroute (zie 2011) getoond kan worden.

Een radicale optie zou zijn als de TU/e voor automobilisten een parkeergarage zou realiseren aan de andere kant van de Berenkuil. Dit TU/e-terrein ligt nu braak. Met de bikedispenser (en te zijner tijd zelfsturende overdekte voertuigen) kunnen automobilisten zichzelf snel verder naar de juiste plek op de campus transporteren.

De aansluiting met het NS-station zou sterk verbeterd worden als meer gebruik gemaakt wordt van het Dommeltunneltje onder het spoor en de Dorgelolaan. Als de gemeente vanaf de perrons een trap omlaag wil maken naar het Dommeltunneltje, verkort dat de verbinding met het station sterk. Het zou ook een perfecte plek zijn voor een bikedispenser.

Probeer toegang te krijgen tot de *realtime* GPS-coördinaten van bussen en treinen. OV-bedrijven verzamelen deze informatie al. Met die gegevens kan een applicatie worden ontwikkeld die precies aangeeft waar elke bus of trein zich bevindt. Zo kan een campusbewoner precies zien waar het voertuig dat hem verder kan brengen nu is en over hoeveel seconden het de halte zal bereiken. Uit onderzoek blijkt dat dit voor de meeste mensen de reisbeleving sterk verbetert en openbaar vervoer aantrekkelijker maakt.

Ga fijnstof monitoren/reduceren en verzamel medische informatie

Implementeer een systeem waarmee fijnstofniveaus op de campus nauwkeurig kunnen worden gemonitord. Gebruik bijvoorbeeld een zelfrijdende robot (à la de *Anybot* en met de intelligente navigatie à la de *Google car*) met een groot aantal sensoren die continu stapvoets over de campus rijdt om informatie te verzamelen. Plant een aantal nieuwe rijen bomen verspreid over de campus en ga na in hoeverre dit helpt om het fijnstofniveau te reduceren. Probeer in de loop der jaren het fijnstofniveau steeds verder te reduceren, onder meer met beplanting en grasdaken.

Implementeer een systeem waarmee het mogelijk wordt om medische gegevens van bewoners op de campus anoniem te verzamelen. Daarmee zou de TU/e iets bijzonder waardevols in handen hebben. In de toekomst zullen mensen steeds meer omgeven worden met sensoren die hun gezondheidstoestand continu monitoren en online bijwerken. Dit is bijvoorbeeld belangrijk voor ouderen maar als de gegevens veilig verzameld kunnen worden, zou het *Living Lab* de meest gedetailleerde medische studie uit de geschiedenis kunnen worden. Eén van de zaken waar we zo meer over te weten kunnen komen, is de invloed van fijnstof op de gezondheid.

3.3 2020: *City of Tomorrow*

Brainport is de slimste regio ter wereld en de TU/e-campus kan van die regio het kroonjuweel zijn. De TU/e beseft nog onvoldoende hoeveel potentie zij in handen heeft: zij heeft een unieke campus met een unieke campuspopulatie middenin een unieke regio. De campus heeft de potentie om een internationaal vermaarde baken van duurzame innovatie te worden. Het *Living Lab* is een zeer geschikte methode om deze potentie te ontketen en om het kroonjuweel sterker te laten schitteren. Hoe de campus er in 2020 uit ziet, weet niemand. Maar als de TU/e verder gaat langs de lijnen in dit rapport, zijn wij ervan overtuigd dat de campus in 2020 wereldwijd bekend zal staan als de duurzame *City of Tomorrow*.