

BOUWEN AAN DE UGENT

HOE DUURZAAM IS HET EN WAT KAN ER BETER?

Aantal woorden: 23 839

Sara Helsen

Studentennummer: 01600091

Promotoren: Prof. Dr. Ir. Joris Van Acker, Prof. Dr. Ir.-Arch. Marijke Steeman

Tutors: Ir. Liselotte De Ligne, Lisa Van Gulck

Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad master in de
Bio-ingenieurswetenschappen.

Academiejaar: 2020 - 2021

De auteur en promotor geven de toelating deze scriptie voor consultatie beschikbaar te stellen en delen ervan te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de beperkingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting uitdrukkelijk de bron te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze scriptie.

The author and promoter give the permission to use this thesis for consultation and to copy parts of it for personal use. Every other use is subject to the copyright laws, more specifically the source must be extensively specified when using results from this thesis.

Gent, 23 augustus 2021

The promoters,

The author,

Prof. Dr. Ir. Joris Van Acker, Prof. Dr.
Ir.-Arch. Marijke Steeman

Sara Helsen

VOORWOORD

Je opleiding geeft je een bril waarmee je naar de wereld kijkt.

Ik ben ongelooflijk blij dat ik vijf jaar geleden gekozen heb voor de opleiding bio-ingenieur aan de Universiteit Gent en twee jaar geleden voor de afstudeerrichting bos- en natuurbeheer. Het gaf me een brede wetenschappelijke basis en ik heb leren nadenken, verbanden leggen, logisch redeneren en 'boerenverstand' gebruiken. We leren visualiseren, concretiseren, versimpelen en comprimeren tot de essentie. We leren kwantificeren en evalueren, problemen zien en oplossingen vinden. We leren het bredere plaatje te bekijken, ecosysteemdenken en langetermijndenken en we krijgen inzicht in de koolstofcyclus en klimaatverandering en in de chemische, de biologische en de fysische wereld.

Het UGent motto 'Durf Denken' zit volop geïntegreerd in onze opleiding. 'Durf vragen' zit zéker in de opleiding bos- en natuurbeheer, en 'Durf zijn', dat is helemaal de sfeer van onze faculteit.

Ik hou bijzonder veel van de UGent, maar ben ook zó blij op erasmus geweest te kunnen zijn, naar SLU Alnarp (Zweden), om de vakken te kunnen hebben opgenomen die ik heb opgenomen, de mensen te kunnen hebben ontmoet die ik heb ontmoet, de ervaring te kunnen hebben gehad die ik heb gehad. De lesgevers, de opdrachten, de aanpak ... e-norm inspirerend.

Stuverschap en thesis als een synergie, elkaar versterkend.

Ik heb een hart voor de UGent en mijn studentenvertegenwoordigerschap (stuverschap) in de Raad van Bestuur heeft dat dit jaar alleen maar versterkt. Mijn thesis was nooit geworden kunnen zijn wat het is geworden als ik geen stuver was geweest. Centrale stuver zijn zet je in een bevoorrechte positie. Het geeft je toegang tot héél veel informatie, geeft je inzicht in de uitdagingen van de universiteit en een overzicht van wat er gaande is. Die troeven wilde ik heel graag inzetten in deze thesis.

Bedankt.

Ongelofelijk bedankt aan mijn begeleiders en promotoren voor jullie feedback, steun, inspiratie, hulp, tips, inzichten, motivatie, voor jullie tijd, de vele gesprekken en contactmomenten, het nalezen ... Super bedankt voor alles.

Super bedankt aan alle proffen en docenten van de opleiding bio-ingenieur en in het bijzonder bos- en natuurbeheer. Dankuwel voor de vele excursies, de interactieve lessen, de interessante inhoud en de toffe opleidingscommissie. Super bedankt.

Ongelofelijk bedankt aan mijn klasgenoten bos- en natuurbeheer. Wat een bijzonder toffe sfeer, wat een zálige klas, wat een fantastische mensen, wat een stimulerende leeromgeving. Super bedankt.

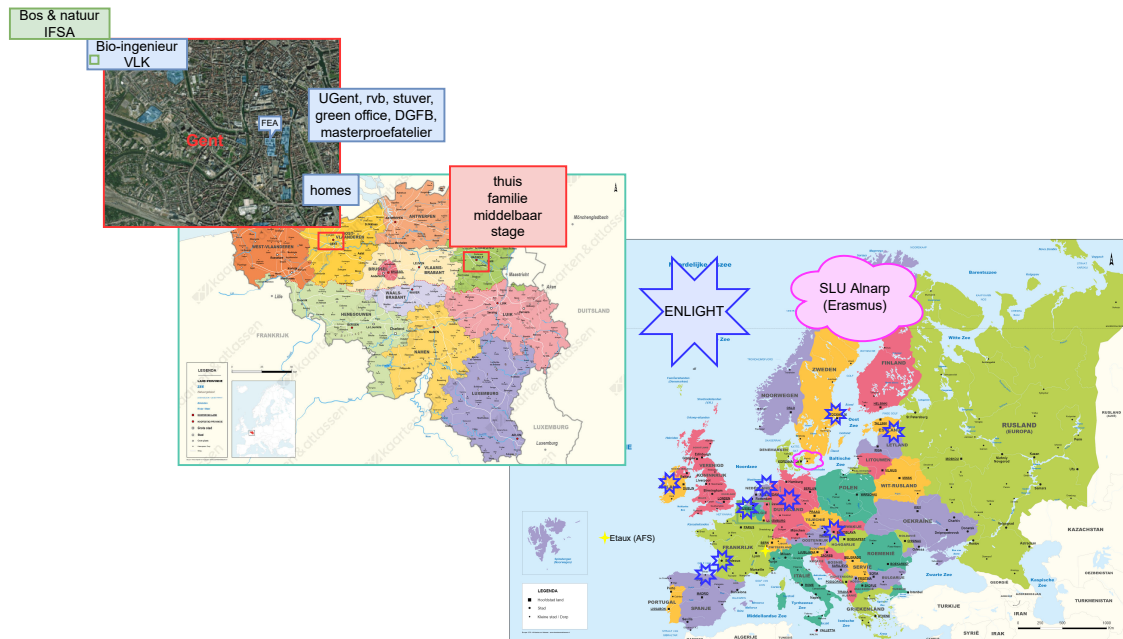
Super bedankt aan mijn ouders om me de financiële middelen te geven zodat ik kon doen wat ik heb gedaan. Ik had nooit kunnen doen wat ik gedaan heb als dat niet het geval was geweest. Danku ook om me te hebben grootgebracht en voor de waarden die jullie hebben meegegeven. Danku om een sfeer te creëren waarin we aangezet werden om te denken, dingen in vraag te laten stellen, trade-offs te zien, het volledige plaatje te bekijken. "ja, maar ...". Danku danku danku.

Dankuwel aan mijn broer en zussen om samen op te groeien en constante feedback te geven. Danku aan mijn familie voor het grotere kader, het samenzijn, om een idee te geven 'hoe ik misschien zal zijn later'. Danku aan opa, die een grote inspiratiebron blijft, ook jaren na zijn dood. Ik zie nog heel vaak zijn heerlijke glimlach voor mijn ogen, zijn schittering in zijn ogen, zijn oprechte genieten. Zijn engagement, zijn doorzetting, zijn moed, zijn mopjes, zijn lach ... mijn bakermat. Danku aan Ben, mijn achterneef, om me een actieve burger te houden.

Danku aan mijn ganggenoten op home Vermeylen, mijn medepresidium, medestuffers, klasgenoten (in Gent en in Zweden). Danku aan de VLK en aan IFSA.

Danku aan DGFB, danku aan het masterproefatelier (Femke en Charlotte). Danku aan ENLIGHT, de Europese universiteit waarvan de UGent deel uitmaakt. ENLIGHT was wat me het meeste rechthield dit jaar. Danku aan de RvB'ers voor jullie talloze inzichten, kritische bedenkingen, input ... Jullie hebben me oprecht een rijker mens gemaakt afgelopen jaar. Danku aan de Green Office om me al vroeg op te pikken en me mee te nemen in jullie activiteiten, evenementen, samenbrengen van mensen.

Danku aan het monitoraat om me efficiënt studeren bij te brengen. Danku aan de taalbegeleiders om de doorschrijfweek te organiseren. Danku aan de decaan om 300 euro te sponsoren voor onze laatstejaarsBBQ ...



Figuur 1: Bedankt aan iedereen.

Danku aan Lore, mijn stagebegeleider bij Bosgroep Limburg, voor je blijvende steun, motivatie, geruststelling en om me duidelijk te maken dat een thesis altijd op een manier 'onaf' zal zijn.

Danku aan mijn leerkrachten in het middelbaar en in het bijzonder aan meneer Brams en mevrouw Awouters (Grieks), mevrouw Neven en meneer Claes (geschiedenis) en meneer Appeltans en mevrouw Achten (wiskunde).

Danku aan iedereen.

Ik heb een hard jaar achter de rug, corona woog me zwaar, maar ik voel me bijzonder dankbaar voor wat de afgelopen vijf jaar me hebben gegeven. Deze thesis is het sluitstuk van mijn opleiding bio-ingenieur. Ik ga met een open kijk mijn verder leven in. Geschoold in de vier elementen, beducht voor en op uitkijk naar de kracht van de natuur, en met een groot geloof in een betere wereld.

P.S.: Nog 1 laatste ding: ik heb veel met kleuren gewerkt, wat niet zo toegankelijk is voor kleurenblinden. Ben je kleurenblind en wil je dit onderzoek lezen? Laat het me weten. Dan zorg ik voor een oplossing.

P.P.S.: In de digitale versie kun je op verschillende plaatsen klikken naar internetpagina's die meer informatie geven.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	i
Inhoudsopgave	vi
Lijst van afkortingen	vii
Abstract	ix
1 Inleiding	1
1.1 Context	1
1.2 Onderzoeksvraag en doelstelling	1
1.3 Masterproefatelier Circulair bouwen	2
1.4 Leeswijzer	2
2 Relevante literatuur en achtergrond	3
2.1 Duurzaam bouwen	3
2.2 Materiaalkeuze	5
2.2.1 Levenscyclusanalyse	6
2.2.2 Biogebaseerde bouwmaterialen	8
2.2.2.1 Biogene koolstofopslag	13
2.2.2.2 Landgebruiksveranderingen	14
2.2.2.3 Verticale integratie en cascadegebruik	16
2.2.2.4 Verduurzaming en innovatieve producten	17
2.2.3 Multi-criteria beslissingsmethodes	18
2.3 Circulair en veranderingsgericht bouwen	21
2.4 Energie	27
2.5 Groen, biodiversiteit en waterberging	30
3 Materiaal en methoden	37
3.1 UGent kader	37
3.2 Case study: Nieuwbouw op campus Proeftuin	38
3.3 GRO	39

4 Resultaten	45
4.1 UGent kader	45
4.1.1 UGent Ontwerprichtlijn 2020	50
4.1.2 Energiebeleidsplan 2020-2030	52
4.1.3 Biodiversiteitsplan 2020-2030	54
4.1.4 Transitieplan circulair waterbeheer 2020-2030	55
4.1.5 UGent Masterplan 2050	56
4.1.6 Workflow van investeringsprojecten aan de UGent	58
4.2 Casestudy: Nieuwbouw FBW op campus Proeftuin (GRO)	60
4.2.1 Beslissingsproces	62
4.2.1.1 Aanleiding: ruimtetekort	62
4.2.1.2 Campus Proeftuin	62
4.2.1.3 Ontwerp Nieuwbouw	65
4.2.2 Materiaalkeuze	69
4.2.3 Circulair en veranderingsgericht bouwen	74
4.2.4 Energie	78
4.2.5 Groen, biodiversiteit en waterberging	85
4.3 De case study, UGent beleidskaders en de GRO	91
5 Discussie	95
5.1 Duurzaamheidsmeter	97
5.2 Hoe ambitieus is de UGent?	99
5.3 Beslissingsproces	104
5.4 Limitaties van dit onderzoek en aanbevelingen voor vervolgonderzoek . .	110
6 Conclusie	113
Nawoord	115
Bibliografie	116

LIJST VAN AFKORTINGEN

afkorting	betekenis
AHP	Analytical Hierarchy Process
AP	Acidification Potential
BD	biodiversiteit
BIM	Building Information Modelling
BW	bio-ingenieurswetenschappen
C2C	cradle to cradle (wieg tot wieg)
CBA	Choosing by advantages
CCS	Carbon Capture and Storage
CLT	Cross Laminated Timber
CO2	koolstofdioxide
CS	case study
CSP	Concentrated Solar Power
DGFB	Directie Gebouwen en Facilitair Beheer
EGW	elektriciteit, gas en water
EU	Europese Unie
FBW	faculteit bio-ingenieurswetenschappen
GP & MOOMs	Goal-Programming and Multi-Objective Optimization Methods
GRB	Grootschalig Referentie Bestand
GWP	Global Warming Potential
HVAC	Heating, Ventilation, and Air-Conditioning
INW	Instituut voor Nucleaire Wetenschappen
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
iplan	investeringsplan
IVAGO	Intergemeentelijke Vereniging voor Afvalbeheer in Gent en Omstreken
KB	koninklijk besluit
LCA	Levenscyclusanalyse
LCEA	Life Cycle Energy Assessment
LCI	Life Cycle Inventory

(Zie verder volgende pagina)

afkorting	betekenis
LCIA	Life Cycle Impact Assessment
Im	lopende meters
LUE	Land Use Efficiency
MAP	masterplan
MOBER	mobiliteitseffectenrapport
N16	het beschouwde case study gebouw
NCP	Nature's Contribution(s) to People
ODP	Ozone Depletion Potential
OV	openbaar vervoer
OVAM	Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij
OWRL	ontwerprichtlijn
ppm	parts per million
QGIS	Quantum GIS (Geographic Information System)
SfB	Samarbetskommittén för Byggnadsfrågor
UGent	Universiteit Gent
VOS	Vluchtige Organische Stoffen
VTE	voltijdse equivalent
WKK	warmtekrachtkoppeling
WRC	Weighting Rating Calculating

ABSTRACT

Bouwen en gebouwen hebben een grote impact op de omgeving. Niet alleen visueel, maar ook de uitstoot van broeikasgassen, de inname van ruimte die bijgevolg niet als groene ruimte kan dienen en materiaalontginning maken van gebouwen een interessante case om het verbeteringspotentieel te bekijken. Duurzaam bouwen is een zeer breed concept waarbij de gehele levenscyclus moet bekeken worden. In dit onderzoek wordt nagegaan hoe duurzaam de UGent bouwt en waar de grootste verbeterpunten liggen. Hierbij wordt gefocust op de materiaalkeuze, circulair bouwen, energiegebruik en het behoud van groene ruimte. In een eerste stap worden verschillende beleidsplannen van de UGent onder de loep genomen. Vervolgens wordt als case study het nieuwe onderzoeksgebouw van de faculteit bio-ingenieurswetenschappen op campus Proeftuin geanalyseerd met behulp van de GRO. De GRO is een duurzaamheidsmeter ontwikkeld door de Vlaamse overheid om een holistisch ambitieniveau na te streven bij hun patrimonium. Deze tool behandelt zowel milieu-, sociale als economische aspecten en kwantificeert duurzaamheid op basis van verschillende criteria. De case study illustreert de complexiteit van gebouwo ontwerp en het grote aantal aspecten dat in rekening moet worden gebracht. Hoewel de UGent ambitieus is en sterk inzet op een compacte universiteit, wordt er groene ruimte aangesneden voor bouwwerken, kan er sterker ingezet worden op circulair bouwen en materiaalpaspoorten, en moet er meer rekening gehouden worden met ingebedde energie. Ook verstrijken er verschillende jaren tussen het definiëren van de behoeften en het realiseren van een gebouw en is het budget een belangrijke limitatie om duurzame keuzes te maken.

HOOFDSTUK 1

INLEIDING

1.1 Context

De bouwsector is verantwoordelijk voor meer dan 30% van de extractie van natuurlijke grondstoffen en 25% van het vaste afval (Benachio et al., 2020). Bij duurzaam bouwen denkt men gemakkelijk aan gebouwen met een zo klein mogelijk operationeel energiegebruik. Een laag operationeel energiegebruik impliceert echter vaak een verhoging van het materiaalgebruik (voor isolatie bijvoorbeeld) en zo een verhoging van de ingebedde energie (*embedded - embodied energy*). De ingebedde energie is alle energie die nodig is om tot een product te komen: de energie nodig bij de ontginning, het transport, productieprocessen ... Om de bouwsector te verduurzamen, biedt het de moeite om gebouwen te zien als tijdelijke configuraties van componenten en materialen, kortweg als materialendepots. Dit is de basis van circulair bouwen. Circulair bouwen schept een kader dat twee cycli onderscheidt. De biologische cyclus omvat biogebaseerde materialen zoals stro, kalk, hennep en leem die rechtstreeks van de natuur komen en na de ontmanteling van het gebouw gecomposteerd worden om zo terug in de natuurlijke cyclus te komen. De tweede cyclus is de technologische cyclus waarin materialen zo lang mogelijk in de kringloop gehouden worden en waarbij de waarde zo weinig mogelijk daalt. Beide cyclussen zijn van belang en worden in deze thesis behandeld.

“De Universiteit Gent wil een toonaangevende kennisinstelling zijn voor een toekomst die ecologisch, sociaal en economisch duurzaam is, binnen een lokale en mondiale context” (Duurzaamheidsvisie UGent).

1.2 Onderzoeksvraag en doelstelling

In deze masterproef wordt volgende onderzoeksvraag onderzocht: "Hoe duurzaam bouwt de UGent en in welke mate kan de UGent duurzamer bouwen?". Wie spreekt over duurzaamheid, komt automatisch terecht in een zeer complex verhaal. Als eer-

ste stap worden de UGent beleidskaders betreffende duurzaam bouwen bekeken. Vervolgens wordt geanalyseerd in welke mate de UGent beleidskaders reeds worden toegepast in de praktijk. Dit gebeurt door middel van een casestudy, namelijk de nieuwbouw van de faculteit bio-ingenieurswetenschappen op campus Proeftuin. Naast het vergelijken van de voornaamste aspecten in de UGent beleidskaders en de casestudy, wordt de nieuwbouw geanalyseerd met behulp van de GRO (*uitgesproken als "gro"*). De GRO is een duurzaamheidsmeter voor gebouwen ontwikkeld door de Vlaamse overheid.

Uit de casestudy worden een aantal eerste lessen in verband met duurzaam bouwen aan de UGent getrokken. Vanuit deze lessen worden vervolgens aanbevelingen geformuleerd voor de algemene bouwpraktijken aan de UGent.

1.3 Masterproefatelier Circulair bouwen

Deze masterproef maakt deel uit van het masterproefatelier rond circulair bouwen. Een masterproefatelier is een collectief leerplatform waarin de universiteit dient als *living lab*. Studenten uit verschillende studierichtingen en specialisaties werken er rond een gemeenschappelijke onderzoeksvraag: "Hoe kunnen we duurzaam en circulair materiaalgebruik in gebouwen ontwikkelen, stimuleren, implementeren?" Binnen het masterproefatelier wordt meegewerkt aan de nota *Material Matters: nieuwe mogelijkheden voor circulair bouwen en renoveren*.

1.4 Leeswijzer

Deze masterproef bestaat na deze inleiding uit vijf hoofdstukken. Hoofdstuk 2 gaat in op bestaande literatuur rond verschillende aspecten van duurzaam bouwen. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de methodologie waarmee aan de slag is gegaan waarna in hoofdstuk 4 de resultaten worden gepresenteerd. Hoofdstuk 5 zet vervolgens de resultaten in een breder perspectief om dan af te sluiten met een conclusie en aanbevelingen voor de UGent in hoofdstuk 6.

Doorheen de tekst komen grijze kaders voor met afgesloten stukjes extra informatie.

Trefwoorden: duurzaam bouwen, circulaire economie, biogebaseerd, case study, universiteitsgebouw, GRO

HOOFDSTUK 2

RELEVANTE LITERATUUR EN

ACHTERGROND

"If you don't change direction, you will end up where you are heading"

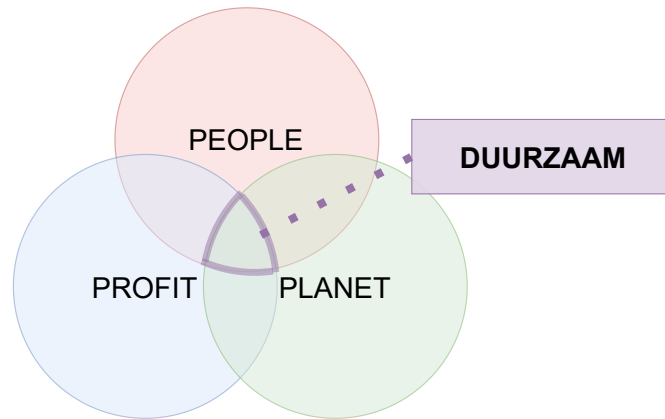
(Lao Tzu, vader van het taoïsme).

2.1 Duurzaam bouwen

"Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (Brundtland et al., 1987).

Zo luidt de definitie van duurzame ontwikkeling in het zogenoemde Brundtland rapport uit 1987. Die definitie wordt vaak vertaald naar de 'triple bottom line': *People, Planet, Profit* (maatschappij, milieu en economie) als de drie pijlers van duurzaamheid. Om duurzaam te zijn, moet aan alle drie de pijlers voldaan worden (Figuur 2.1). Algemeen wordt aangenomen dat de duurzaamheid van bouwmaterialen bepaald wordt door een complex van verschillende factoren gedurende de totale levenscyclus van het product (Asif, 2009). Met welke factoren precies wordt rekening gehouden, hangt af van de methodiek. Deze literatuurstudie focust op de aspecten materiaalkeuze, circulair bouwen, duurzame energie en het belang van groene ruimte.

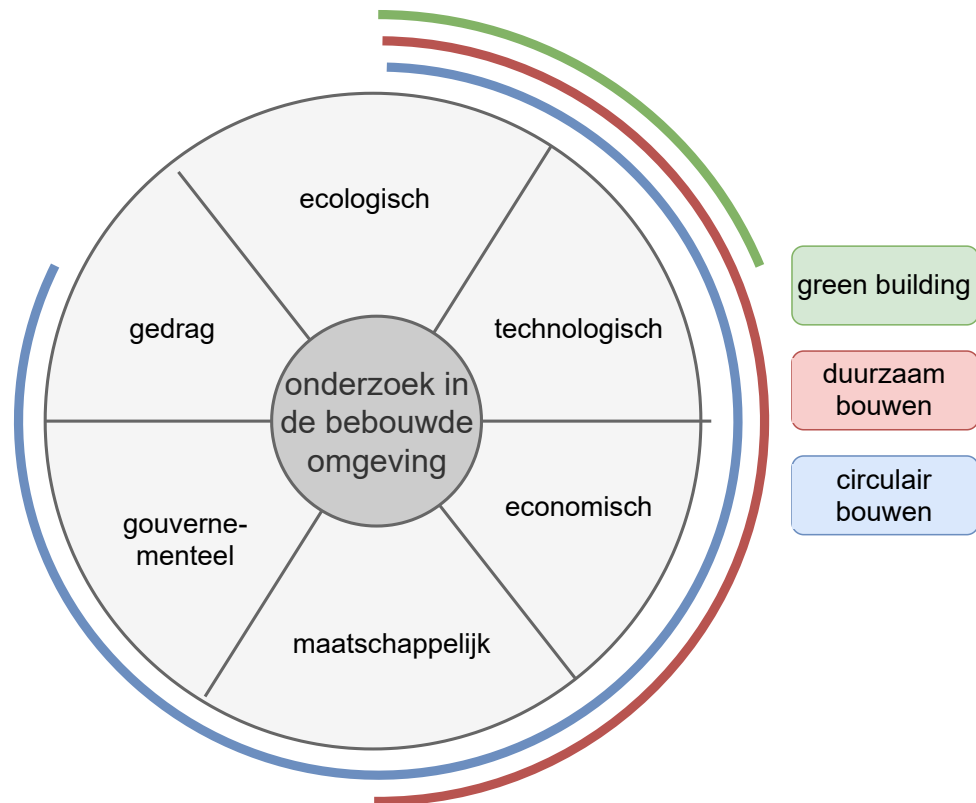
De bebouwde omgeving (*built environment*) zet grote druk op de natuurlijke omgeving (Pomponi and Moncaster, 2017). De bouwsector is verantwoordelijk voor meer dan 30% van de extractie van natuurlijke grondstoffen, 25% van het vaste afval (Benachio et al., 2020), 40% van het materiaalgebruik (Rees, 1999), 40% van het totale energieverbruik (Cao et al., 2016) en bijna 19% van de broeikasgasemissies (Figuur 2.2). Een verdere toename van de globale antropogene broeikasgasemissies zoals in de huidige patronen leidt hoogstwaarschijnlijk tot een onomkeerbare milieupact (Field et al., 2014).



Figuur 2.1: Duurzaamheid als punt waar People, Planet en Profit samenkomen. (Een eigen versie van een gekende figuur.)



Figuur 2.2: Milieu-impact van de bebouwde omgeving. (Eigen figuur.)



Figuur 2.3: Zes fundamentele dimensies voor onderzoek rond de bebouwde omgeving. (Eigen figuur, naar Pomponi and Moncaster (2017)).

Het feit dat onze gebouwen een zodanige milieu-impact hebben, maakt van gebouwen een interessante opportuniteit om energiegebruik, broeikasgasemissies en afvalproductie significant te reduceren (Peñaloza, 2015; Pomponi and Moncaster, 2017). Hiervoor is een systeemgeoriënteerde aanpak noodzakelijk die sociale, economische en ecologische fenomenen integreert. Dat kan volgens Pomponi and Moncaster enkel door middel van interdisciplinair onderzoek. Interdisciplinair onderzoek zal toelaten om de reductie-uitdagingen aan te gaan en om te schakelen vanuit een nauwe technische focus naar een bredere onderzoeksbasis, zonder in te boeten in diepgang. Ze stellen zes fundamentele dimensies voor omtrent onderzoek rond de bebouwde omgeving: ecologisch, technologisch, economisch, maatschappelijk, gouvernementeel en gedrag. Daarbij onderscheiden ze ook de evolutie van *green building* naar duurzaam bouwen en circulair bouwen (Figuur 2.3) (zie verder paragraaf 2.3).

2.2 Materiaalkeuze

Een belangrijke stap die gemaakt wordt in het ontwerpproces is de selectie van materialen. Er zijn verschillende manieren om gepaste materialen te selecteren. Deze

paragraaf gaat dieper in op de levenscyclusanalyse, het gebruik van biogebaseerde materialen en beslissingsmethodes.

2.2.1 Levenscyclusanalyse

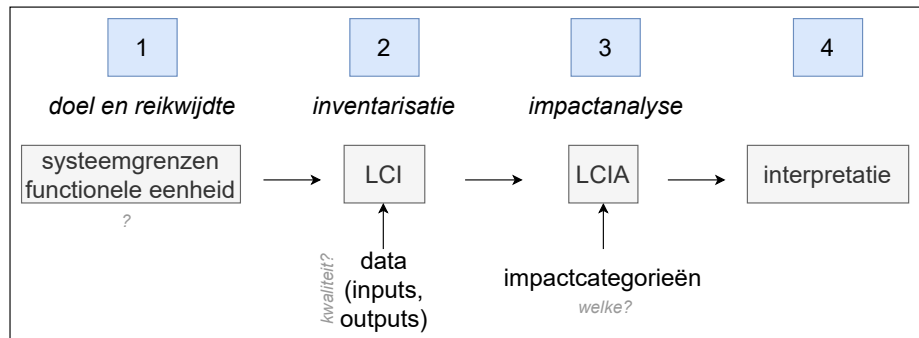
“Focusing on energy efficiency has blinded us to other unintended consequences of building materials but a revolution is afoot” (Kelly Alvarez Doran, Canadese architect).

Levenscyclusanalyse (LCA) is een veelgebruikte tool om de milieu-impact van materialen, productieprocessen en producten, zoals gebouwen, te kwantificeren (Peñaloza, 2015). Een LCA bestaat algemeen uit vier stappen: doel en reikwijdte, inventarisatie, impactanalyse, en interpretatie (Figuur 2.4). In de eerste stap worden de systeemgrenzen en de functionele eenheid vastgelegd. Typisch worden er drie niveaus van systeemgrenzen beschouwd: *cradle to gate*, *cradle to grave* en *cradle to cradle* (Figuur 2.5). Bij *cradle to gate* (wieg tot poort) wordt de impact in rekening gebracht van de ontginning van de grondstoffen, transport naar de fabriek en de verwerking van de materialen tot op het punt dat ze de fabriek verlaten. Bij *cradle to grave* (wieg tot graf) worden ook de constructie, het gebruik en de eindelevensduur zoals sloop en afvalverwerking in rekening gebracht (Vieira et al., 2016). Het derde niveau, *cradle to cradle* (C2C) (wieg tot wieg) is de basis van de circulaire economie die verder wordt besproken in paragraaf 2.3.

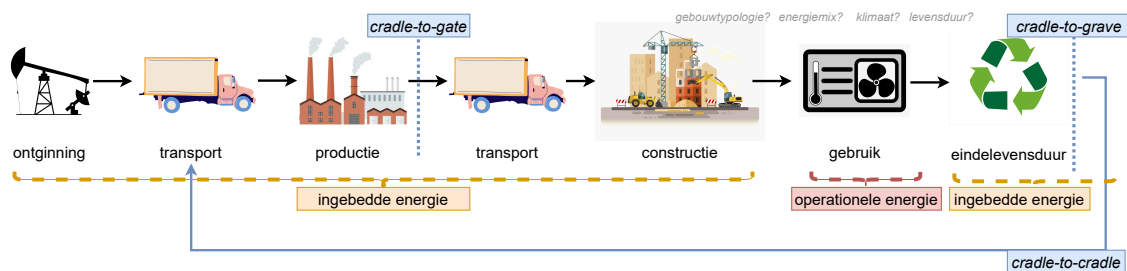
De functionele eenheid van een gebouw, die ook wordt vastgelegd in de eerste stap van een LCA, is de beschouwde referentie-oppervlakte en levensduur, bijvoorbeeld 1m² leefruimte voor 50 jaar. De tweede stap in een LCA is de inventarisatie van in- en outputs (*Life Cycle Inventory*, LCI). De derde stap is de impactanalyse (*Life Cycle Impact Assessment*, LCIA) waarbij de data omgezet worden in milieu-impactcategorieën en -indicatoren. Milieu-impactcategorieën zijn bijvoorbeeld klimaatverandering, aantasting van de ozonlaag en verzuring, met respectievelijke milieu-impact-indicatoren *Global Warming Potential* (GWP), *Ozone Depletion Potential* (ODP), en *Acidification Potential* (AP). De vierde stap is de interpretatie waarbij het besluit wordt gevormd (ISO14040, 2006).

Een LCA van een gebouw is een van de meest complexe LCA-toepassingen (Anand and Amor, 2017). Een gebouw kan immers meer dan 60 basismaterialen en 2000 afzonderlijke producten bevatten (Haapio and Viitaniemi, 2008). Bovendien hebben ze een lange levensduur en is er veel variatie in gebouwtypologie, systeemgrenzen, functionele eenheid, klimaat, energiemix (eerder fossiele of eerder hernieuwbare energie), regionale eigenschappen van materialen, productieprocessen, eindelevens-

duurscenario's, allocatie van milieu-impact tussen verschillende eindproducten, de kwaliteit van LCI data en de gebruikte milieu-impactcategorieën (ISO14040, 2006; Chastas et al., 2016, 2018; Peñaloza et al., 2018). Die variatie zorgt voor grote verschillen tussen de resultaten van verschillende LCA case studies en maakt de vergelijking tussen LCA case studies een moeilijke taak (Buyle et al., 2013; Chastas et al., 2016, 2018).



Figuur 2.4: De werkwijze van een LCA in vier stappen (eigen figuur).



Figuur 2.5: De verschillende stappen in een levenscyclus van een gebouw, met aanduiding van de verschillende niveaus van systeemgrenzen in een LCA en de betekenis van ingebede en operationele energie. In de gebruiksfase bekijkt een LCA aspecten van onderhoud, vervanging en operationele energie. De eindelevensduurfase van een product omvat de ontmanteling, afvaltransport, verwerking en eventuele storing (eigen figuur).

Bij de berekening en analyse van LCA's worden voortdurend keuzes, veronderstellingen en inschattingen gemaakt. Een gedetailleerde LCA is enkel van toepassing voor dat bepaald product op die bepaalde plaats, van die bepaalde afkomst en in die bepaalde context. Vaak worden LCA's echter gebruikt om materialen en producten te vergelijken, waarbij allerlei veronderstellingen en inschattingen worden gemaakt. Het is daarom cruciaal om alle gemaakte keuzes, veronderstellingen en randvoorwaarden, alsook de systeemafbakening zeer transparant weer te geven in de omschrijving van de LCA (ISO14040, 2006).

Een specifieke vorm van levenscyclusanalyse (LCA) is de *Life Cycle Energy Assessment* (LCEA). Hierbij worden specifiek de gebruikte energie en de daarbij gepaard gaande CO₂-emissies in rekening gebracht.

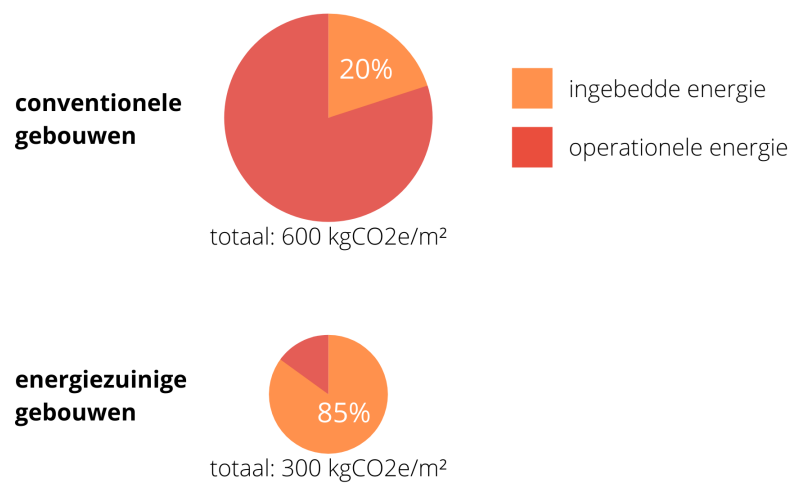
In de voorbije decennia lag de focus voornamelijk op het verlagen van de operationele energie (Azari and Abbasabadi, 2018). Dit is de energie voor verwarming, ventilatie, air-conditioning (*Heating, Ventilation, and Air-Conditioning*, HVAC), lichten en andere elektrische toepassingen (Sartori and Hestnes, 2007). Als gevolg van de evolutie naar energiezuinige gebouwen, is het aandeel van de ingebedde energie, de andere energiecomponent in de levenscyclusenergie van gebouwen, gestegen (Azari and Abbasabadi, 2018) (Figuur 2.6). De ingebedde energie is de som van alle energie die nodig is om een product, zoals een gebouw, te produceren (Sartori and Hestnes, 2007). Het is de energie die verbruikt wordt bij de ontginning, de productie, het transport en de constructie en eindelevensduurbehandeling van het product (Figuur 2.5).

Energiezuinige gebouwen optimaliseren hun operationele energie door extra materialen en technologieën toe te voegen (Kovacic et al., 2018). Grote hoeveelheden isolatie, driedubbele beglazing (Sartori and Hestnes, 2007), zonnepanelen en energie-efficiënte HVAC systemen (Thiel et al., 2013) verbeteren de energieprestatie, maar betekenen anderzijds een verhoging van de ingebedde energie van het gebouw. Het is een verschuiving van milieu-impact van de ene categorie naar de andere (Pomponi et al., 2016). Ingebedde energie kwantificeren is niet evident omwille van verschillende parameters, variatiemogelijkheden en onzekerheden. Dit zorgt voor grote variatie tussen casestudies (Figuur 2.7).

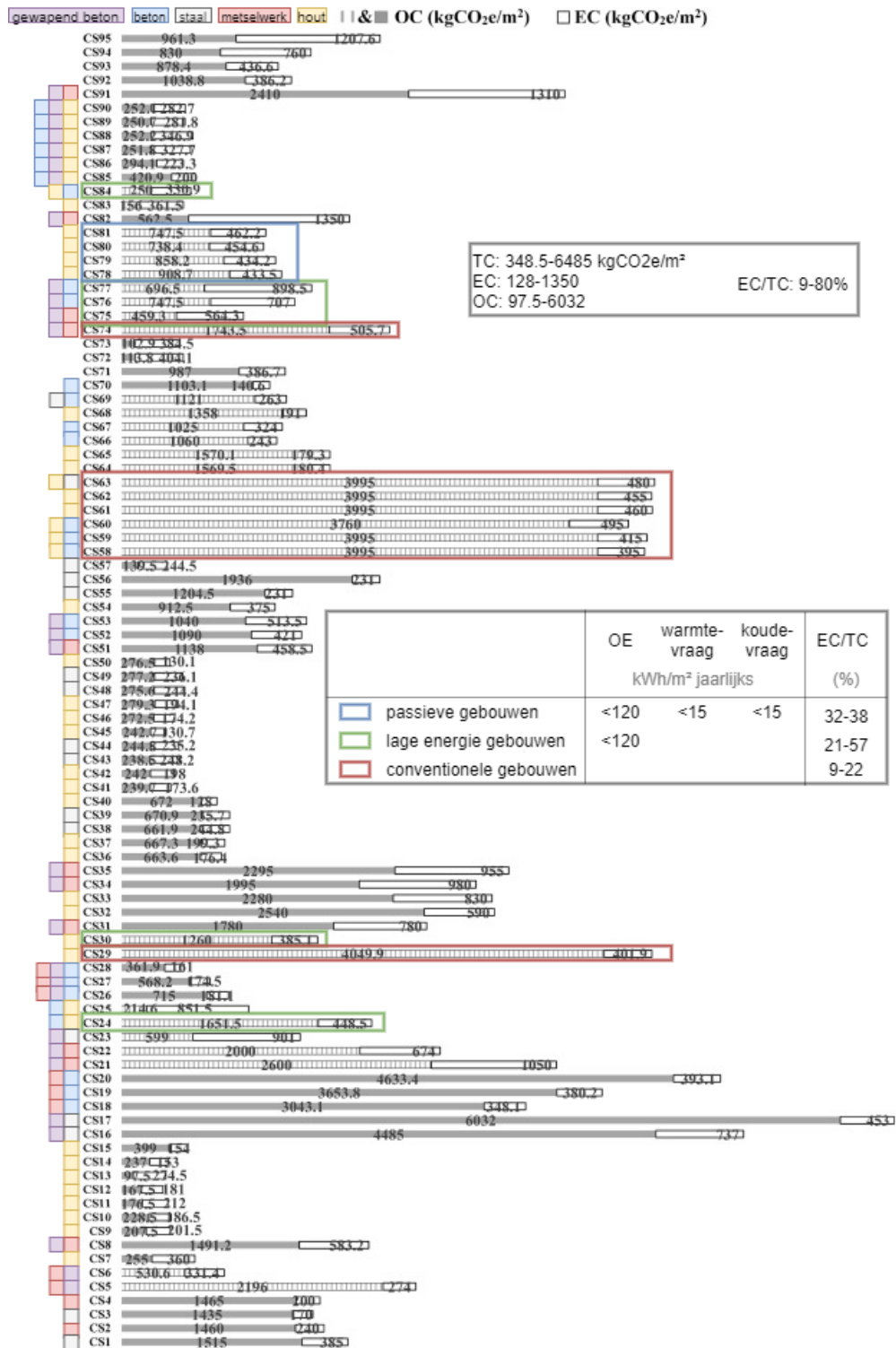
Een belangrijke en moeilijke inschatting bij het opmaken van een LC(E)A is de levensduurbepaling. In case studies varieert deze minstens tussen 30 en 100 jaar (Chastas et al., 2016, 2018). De gebruikte levensduur heeft een belangrijke impact op het resultaat (Marsh, 2017; Palacios-Munoz et al., 2019; Østergaard et al., 2018). Hoe korter de levensduur waarmee gerekend wordt, hoe groter de impact van de materialen lijkt aangezien een kortere gebruiksduur minder operationele energie impliceert en zo het relatief aandeel van materialen vergroot.

2.2.2 Biogebaseerde bouwmaterialen

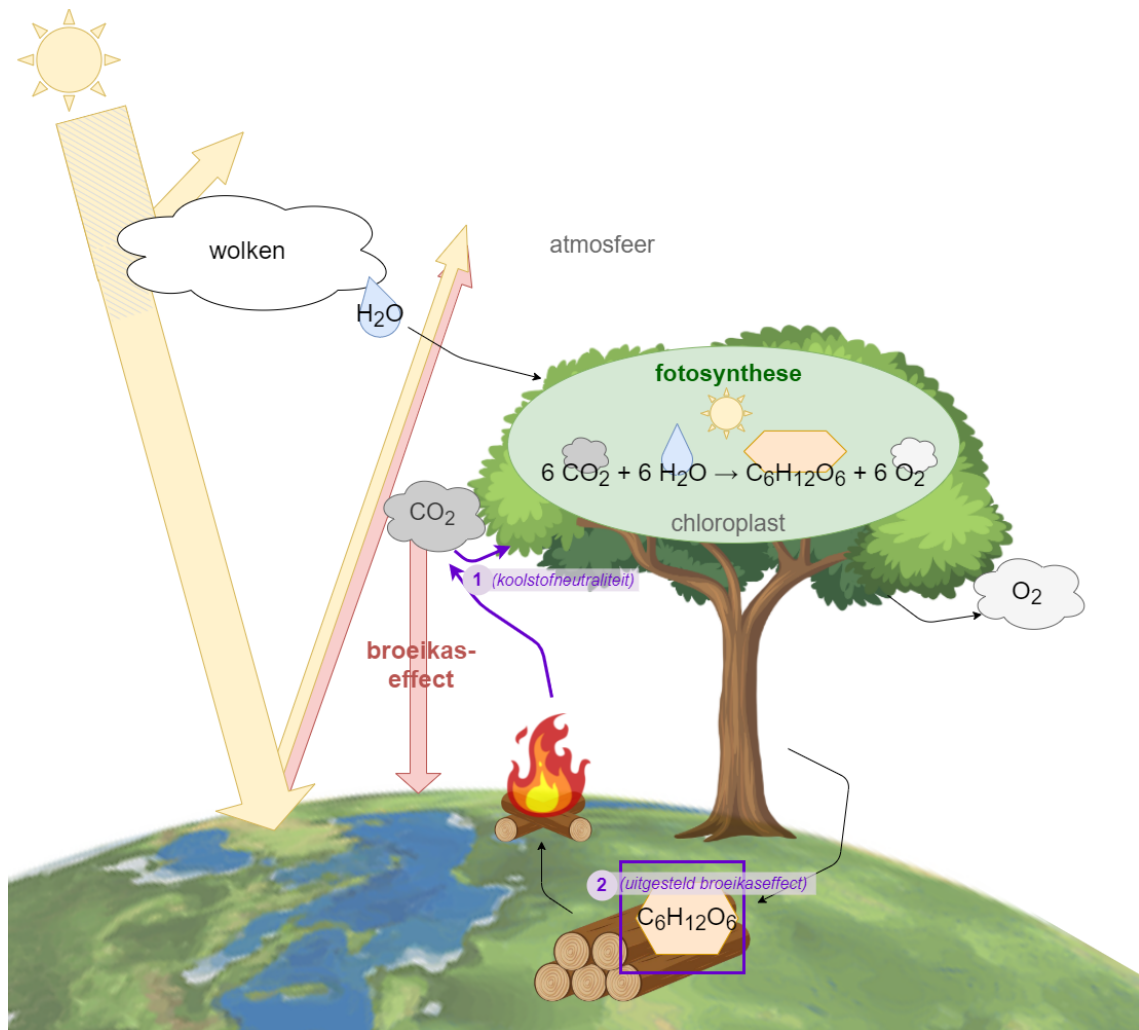
Klimaatverandering is een grote uitdaging die onmiddellijke mitigatiemaatregelen vraagt (Field et al., 2014). De toenemende ontwikkeling naar energiezuinige gebouwen en milieuvriendelijke energiesystemen maakt dat verdere reducties voornamelijk behaald kunnen worden door de optimalisatie van andere fases in de levenscyclus (Weißenberger et al., 2014). Het gebruik van biogebaseerde materialen (materialen die minstens gedeeltelijk voortkomen uit biomassa) ter vervanging van petrochemische materialen wordt beschouwd als een strategie om de klimaatimpact van gebouwen te verlagen (Weiss et al., 2012; Lundmark et al., 2014).



Figuur 2.6: Een conceptueel schema van het aandeel ingebedde energie in enerzijds conventionele gebouwen en anderzijds energiezuinige gebouwen, uitgedrukt in kilogram CO₂-emissies per vierkante meter (kgCO₂e/m²). In conventionele gebouwen is het aandeel ingebedde energie typisch laag, maar zorgt het operationele energiegebruik voor een grote totale energie. Energiezuinige gebouwen hebben een lager operationeel energieverbruik, maar door de extra hoeveelheid materialen is de ingebedde energie groter dan bij conventionele gebouwen. Er is zeer veel variatie in de resultaten van casestudies. Deze cijfers zijn een indicatie gebaseerd op Chastas et al. (2016), maar dienen niet te letterlijk genomen te worden. (Eigen figuur.)

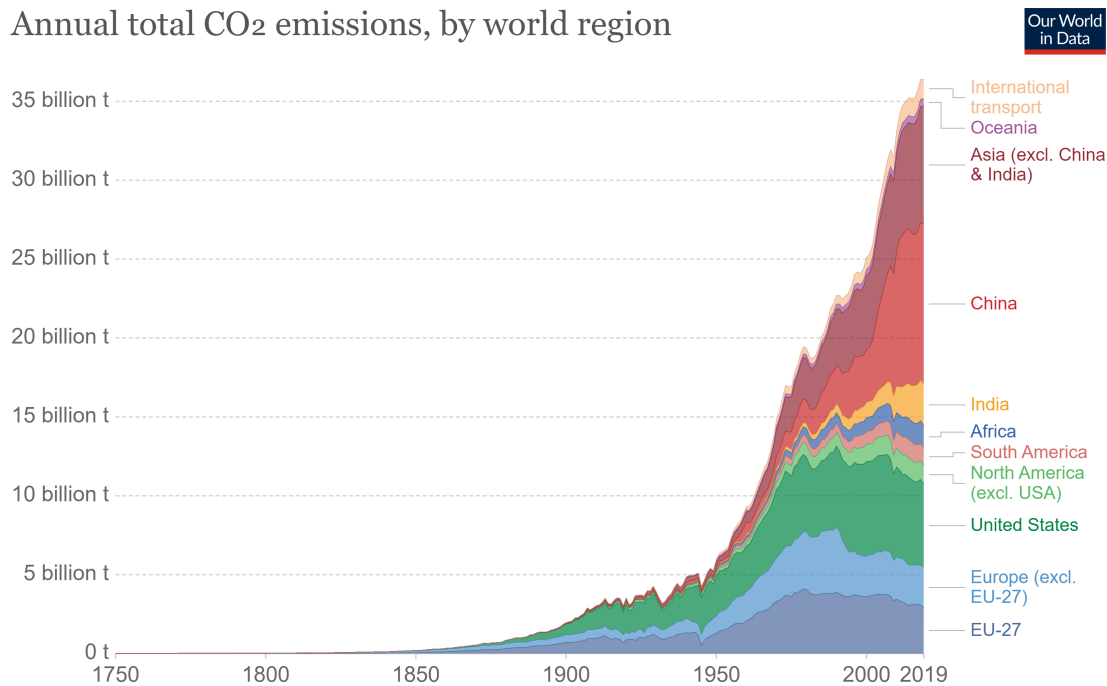


Figuur 2.7: De operationele en ingebedde koolstof in 95 case studies van over de hele wereld, met aanduiding van enkele gedefinieerde conventionele, lage energie (*low energy*) en passieve gebouwen. De data uit de case studies werden genormaliseerd naar m² verwarmde vloeroppervlakte en een levensduur van 50 jaar. OC = operationele koolstofemissies, EC = ingebedde (*embedded*) koolstofemissies, TC = totale koolstofemissies, OE = operationele energie. Naar Chastas et al. (2018).



Figuur 2.8: Een sterk vereenvoudigde voorstelling van fotosynthese, de warmtebalans en het broeikas-effect. Ook zijn de twee methodes om met biogene koolstofopslag om te gaan gevisualiseerd (Paragraaf 2.2.2.1). (Eigen figuur.)

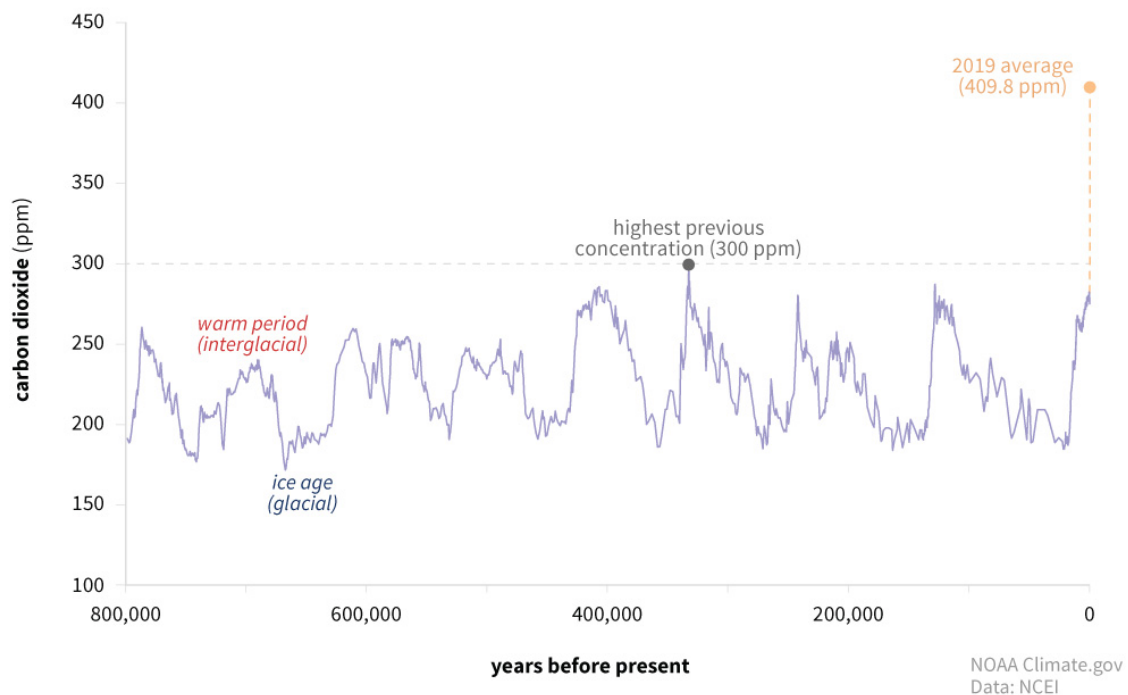
Bossen zijn als het ware biofabrieken die hernieuwbare hulpbronnen fabriceren. Door middel van fotosynthese leggen ze tijdens hun groei koolstof vanuit CO_2 in de atmosfeer vast in hun structuur (Figuur 2.8) (Pawelzik et al., 2013). CO_2 is een van de broeikasgassen die zorgen voor het broeikas-effect op aarde (Figuur 2.8). Het natuurlijke broeikas-effect is noodzakelijk om het gekende leven op aarde toe te laten. Zonder broeikas-effect zou de gemiddelde oppervlaktetemperatuur op aarde $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ zijn, ten opzichte van de geobserveerde $15 \text{ }^\circ\text{C}$ (IPCC, 1990) (Kader 2.1). De laatste twee eeuwen heeft de mens echter, voornamelijk door de verbranding van fossiele brandstoffen (Figuur 2.9), gezorgd voor een sterke stijging van de concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer. Van 280 ppm in pre-industriële tijden (1750) (IPCC, 1990) naar 410 ppm in 2019 (Lindsey, 2020) (Figuur 2.10). De eenheid 'ppm' staat voor *parts per million* en is het aantal broeikasgasmoleculen per miljoen moleculen in droge lucht (IPCC, 2007). Het versterkte broeikas-effect ligt aan de oorzaak van klimaatverandering (IPCC, 1990, 2007).

Annual total CO₂ emissions, by world region

Source: Our World in Data based on the Global Carbon Project [OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions](https://www.ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions) • CC BY
Note: This measures CO₂ emissions from fossil fuels and cement production only – land use change is not included. 'Statistical differences' (included in the GCP dataset) are not included here.

Figuur 2.9: De globale CO₂-emissies per jaar, van 1750 tot 2019, opgesplitst per regio. Uit Our world in data.

CARBON DIOXIDE OVER 800,000 YEARS



Figuur 2.10: Globale atmosferische CO₂ concentraties (ppm) over de afgelopen 800 000 jaar. De pieken en dalen reflecteren ijstijden (lage CO₂) en warmere interglacialen (hogere CO₂). Uit Lindsey (2020).

Kader 2.1: Intergovernmental Panel on Climate Change

Het *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) is opgericht in 1988 als orgaan van de Verenigde Naties om beleidsmakers te informeren over wat wetenschappers weten over klimaatverandering.

Biogebaseerde materialen met een lage ingebedde energie - een beperkte hoeveelheid energie is nodig voor de verwerking - kunnen kunstmatige materialen met een hoge ingebedde energie vervangen. Soms wordt de ingebedde koolstof opgedeeld in *material carbon footprint* en *process carbon footprint* om de oorsprong van de koolstofemissies duidelijk weer te geven (Narayan, 2006, 2011). De *material carbon footprint* is nul voor volledig biogebaseerde materialen en groter dan nul voor petrochemische materialen. De *process carbon footprint* brengt het verwerkingsproces in rekening. Terwijl de gecombineerde waarde volgens Narayan (2011) innovatie kan verhinderen, toont de differentiatie duidelijk aan waar de mogelijkheden zitten voor verbetering. De biogene ingebedde energie in biogebaseerde materialen kan in de eindelevensduurfase van het materiaal vrijgemaakt worden onder de vorm van bio-energie. Aan bepaalde biogebaseerde materialen wordt daarenboven ook een aantal andere positieve eigenschappen toegewezen zoals een positieve vochtregulerende invloed met een aangenamer binnenklimaat tot gevolg (Latif et al., 2015).

Biogebaseerde alternatieven hebben in de meeste gevallen een lagere milieu-impact dan niet-biogebaseerde bouwelementen (Buyle et al., 2013; Cabeza et al., 2014). De milieu-impact bepalen van biogebaseerde materialen is echter bijzonder complex (Peñaloza et al., 2016). Door een gebrek aan consensus rond bepaalde aspecten en verschillen in methodologie, geven verschillende LCA's vaak tegenstrijdige resultaten (Peñaloza, 2015). De bestaande internationaal overeengekomen standaarden voorzien een methodologische basisgids voor het uitvoeren van een LCA, maar geven geen gedetailleerde instructies voor het omgaan met biogebaseerde materialen (Pawelzik et al., 2013).

2.2.2.1 Biogene koolstofopslag

Een eerste kritieke kwestie is hoe er omgegaan wordt met biogene koolstofopslag. Grofweg zijn er twee manieren (Figuur 2.8) (Pawelzik et al., 2013). In de eerste manier wordt uitgegaan van koolstofneutraliteit door te veronderstellen dat de CO₂ die wordt opgenomen tijdens de groei weer vrijkomt in de atmosfeer wanneer de materialen verbrand of gecomposteerd worden. Deze veronderstelling zorgt voor het wegvallen van de biogene CO₂-stromen uit de LCI (*Life Cycle Inventory*) (Figuur 2.4) en zo een

simpelere aanpak. Voor biogebaseerde producten met een korte levensduur zoals bio-energie en wegwerpproducten is deze aanpak te verantwoorden aangezien het uitstel van het broeikas-effect bij een korte biogene koolstofopslag te verwaarlozen is. Voor producten met een langere levensduur wordt deze methode echter bekritiseerd omwille van het negeren van de opslagtijd waarbij de CO₂ niet in de atmosfeer zit en bijgevolg geen bijdrage levert aan het broeikas-effect. Het uitstel van het broeikas-effect maakt koolstofneutraliteit immers niet hetzelfde als klimaatneutraliteit (Guest et al., 2013).

De tweede manier brengt de tijdsduur van biogene koolstofopslag, of het tijdsverschil tussen CO₂-opname en CO₂-emissie, in rekening (Pawelzik et al., 2013). Dit gebeurt bijvoorbeeld door middel van een dynamische LCA, voorgesteld door Levasseur et al. (2010). Hierin wordt het broeikas-effect op jaarbasis berekend voor elke emissie-puls (Peñaloza et al., 2016). Hoe langer de koolstof is opgeslagen (hoe later de emissie-puls), hoe kleiner het broeikas-effect dat in rekening wordt gebracht ('discontering'). De resulterende indicator is een cumulatieve waarde van het broeikas-effect veroorzaakt door de verschillende emissiepulsen (Peñaloza et al., 2018). Een overzicht van verschillende methodes om biogene koolstofopslag in rekening te brengen en de verschillende factoren die erin meegenomen worden, wordt gegeven door Tellnes et al. (2017) (Tabel 2.1).

Elke keuze die gemaakt wordt rond het in rekening brengen van biogene koolstofopslag reflecteert in zekere mate een subjectief waardeoordeel (Pawelzik et al., 2013). Biogene koolstofopslag blijft controversieel, maar Pawelzik et al. (2013) besluit dat het in rekening gebracht moet worden afhankelijk van de productspecifieke levenscyclus en de waarschijnlijke tijdsduur van koolstofopslag.

2.2.2.2 Landgebruiksveranderingen

Aangezien land vereist is voor de productie van terrestrische biomassa, is er land nodig voor een evolutie naar meer biogebaseerde materialen. Bij veranderingen in landgebruik wordt een nieuw evenwicht ingesteld dat kan leiden tot onbedoelde milieu-impact zoals koolstofemissies, bodemerosie, nutriëntenuitloging, toename van watergebruik, en verlies van biodiversiteit (Pawelzik et al., 2013). Doordat deze effecten afhankelijk zijn van verschillende parameters en variabelen zoals luchttemperatuur, neerslag, bodemtype en vegetatie, zijn deze moeilijk te voorspellen en worden ze in veel LCA studies genegeerd (Larson, 2006; Pawelzik et al., 2013).

Data needed	Dynamic LCA	Approach based on global carbon cycle	Flexible parametric model for forests	Characterisation factors for biogenic CO ₂ emissions with atmospheric decay
Wood species	No	No	Yes	No
Rotation time	Yes	No	Yes	Yes
forestry practice (sustainable or not)	Yes	No	No	No
Biomass annual increment	Yes	Yes	Yes	No
Biogenic carbon emissions per year over complete life cycle	Yes	Yes	No	Yes
Biogenic carbon removals per year over complete life cycle	Yes	No	No	Yes
Basic wood density	Yes	No	Yes	No
Carbon content of wood	Yes	Yes	Yes	No
Ratio below-ground/ above-ground biomass	Yes	Yes	Yes*	No
Biomass conversion and expansion factor	No	No	Yes*	No
Share of above ground and below-ground slashes	No	Yes	Yes*	No
Percent woody debris harvested	No	No	Yes*	No

Tabel 2.1: Overzicht van vier methodes om koolstof in rekening te brengen en de data die ervoor nodig is. Yes* geeft aan dat er referentiewaarden aanwezig zijn. Uit Tellnes et al. (2017)

$$\text{LUE} = \frac{\text{milieu-impact} \left(\text{petrochemische product} - \text{biogebaseerde product} \right)}{\text{hoeveelheid land} \left(\text{biogebaseerde product} - \text{petrochemische product} \right)}$$

Figuur 2.11: Berekening van de landgebruiksefficiëntie (*Land Use Efficiency*, LUE) als een ratio tussen van het verschil in milieu-impact van en de nodige hoeveelheid land voor de productie van een biogebaseerd materiaal vergeleken met een petrochemisch materiaal. (Eigen figuur.)

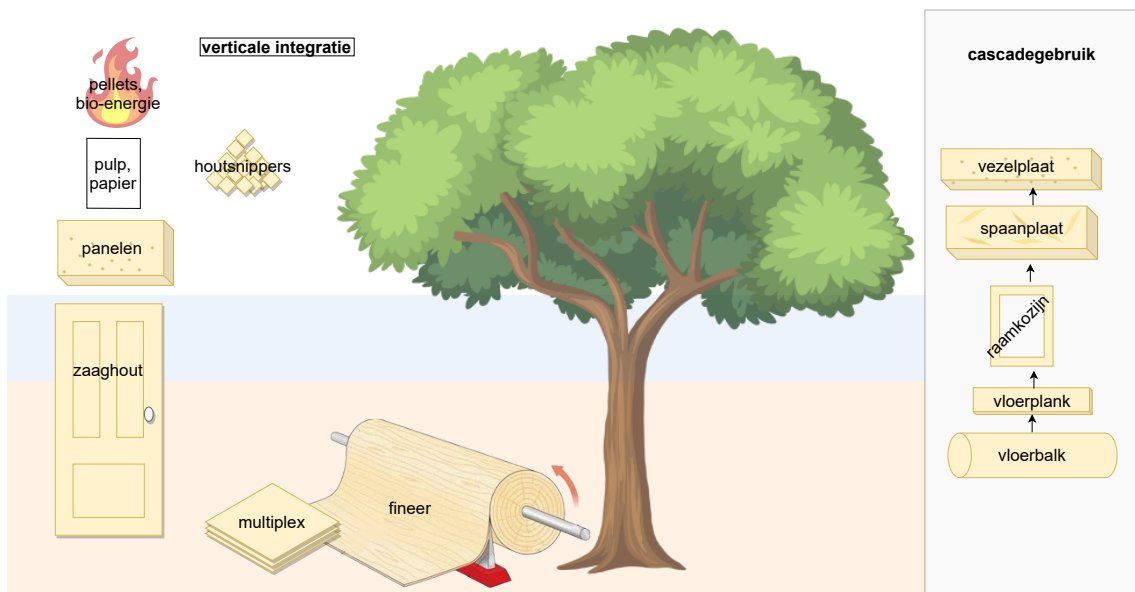
Veranderingen in landgebruik worden algemeen onderverdeeld in directe en indirecte veranderingen. Directe landgebruiksveranderingen zijn de bedoelde veranderingen van landgebruik, bijvoorbeeld van landbouw naar biomassateelt. Indirecte landgebruiksveranderingen zijn de onbedoelde landgebruiksveranderingen en zijn moeilijker te bepalen. Dit komt onder meer voor wanneer voedselproducerende landbouwvelden worden omgezet naar biomassaproductie voor materiaal- of energiedoeleinden en landbouwers daardoor nieuwe gebieden aansnijden. Indirecte landgebruiksveranderingen worden minder onderzocht door de veelheid aan factoren, onzekerheid en de onenigheid onder experts over de allocatie van de resulterende impact. Allocatie is het verdelen van de milieu-impact over verschillende producten (Pawelzik et al., 2013).

Een manier om landgebruik in rekening te brengen, is door middel van de maat 'landgebruiksefficiëntie' (*Land Use Efficiency*, LUE) (Figuur 2.11) (Pawelzik et al., 2013). Het drukt de vermeden milieu-impact uit per eenheid van extra landgebruik of de geaccepteerde extra milieu-impact per eenheid van vermeden landgebruik. Het resultaat hangt sterk af van het gekozen conventionele materiaal als referentie. Elke conclusie rond landgebruiksefficiëntie van biogebaseerde materialen is case-specifiek.

2.2.2.3 Verticale integratie en cascadegebruik

In de houtindustrie is er in principe geen afval. Alle delen van de boom kunnen gebruikt worden. Men spreekt in die context van verticale integratie, waarbij de boom onderverdeeld wordt in verschillende delen (Figuur 2.12). De onderste stamdelen hebben over het algemeen de hoogste kwaliteit en kunnen ingezet worden voor fineer en multiplex. Ook zaaghout komt overwegend uit de onderste delen van de stam, al is takkigheid hiervoor, afhankelijk van de toepassing, vaak minder een pro-

bleem. Hoe hoger in de boom, hoe meer takkigheid, hoe lager vaak de houtkwaliteit en hoe meer het hout versnipperd wordt voor panelen, pulp, papier, pellets, of bio-energie. Naast verticale integratie, geeft ook het potentieel voor cascadegebruik hout unieke voordelen. Zo kan een vloerbalk in een tweede leven als vloerplank gebruikt worden om vervolgens als raamkozijn ingezet te worden, dan tot spaanplaat verwerkt te worden en tot slot tot vezelplaat. Het verzagen en fineerproductie hebben bovendien een rendement van ruwweg 50% wat toelaat om deze 'rest' te gebruiken voor pulp, spaanplaten en andere.



Figuur 2.12: Verticale integratie en cascadegebruik. (Eigen figuur.)

2.2.2.4 Verduurzaming en innovatieve producten

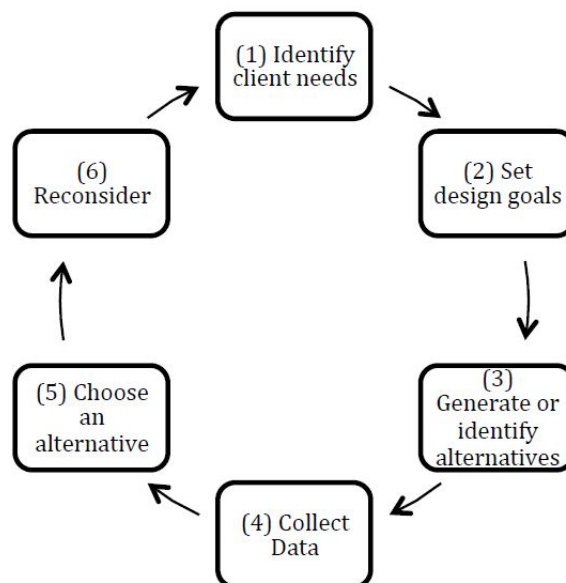
Naast het gebruik van *puur hout*, wordt ook sterk ingezet op innovatieve producten om de hernieuwbare hulpbron hout verder te upgraden en nog meer competitief te maken met traditionele bouwmaterialen. Een veelgeprezen biogebaseerd materiaal is *Cross Laminated Timber* (CLT). Het wordt wel eens het beton van de 21ste eeuw genoemd. Dit materiaal bestaat uit vijf tot zeven lagen houten planken die loodrecht op elkaar worden samengelijmd. In tegenstelling tot onbewerkt hout zijn ze monolytisch (homogeen) en stabiel (Mallo and Espinoza, 2016). Mallo and Espinoza (2016) onderzochten de haalbaarheid en de economische performantie van CLT als een alternatief structuurmateriaal, naast traditionele materialen zoals beton en staal. De factoren die de keuze van een structuurmateriaal voornamelijk beïnvloeden zijn de kost, structurele performantie, brandperformantie, beschikbaarheid op de markt en de compatibiliteit met de bestaande bouwcode. Mallo and Espinoza (2016) toonden aan dat CLT een kostreductie van 21.7% met zich meebrengt ten opzichte van tradi-

tionele structuurmaterialen. Liu et al. (2016) toonden voor een Chinese case study in koude regio's bovendien aan dat het vervangen van conventionele koolstofintensieve materialen zoals beton door CLT het operationele energiegebruik met meer dan 30% reduceert en de CO₂-emissies met 40%. Dit duidt op een groot potentieel van hout in de evolutie naar energie-efficiënte en passieve gebouwen.

2.2.3 Multi-criteria beslissingsmethodes

Zoals gesteld in paragraaf 2.1 is duurzaamheid meer dan enkel het ecologische aspect. Het gaat om *People, Planet, Profit*. Bij de keuze van een materiaal, methode of een systeem, moet er bijgevolg verder gekeken worden dan enkel naar het milieu-aspect, en dus verder dan enkel het resultaat in een LCA. LCA kan zeker van pas komen bij de selectie en bij het maken van keuzes, maar het is slechts een deelstap. De uiteindelijke beslissing hangt af van veel meer factoren.

Het beslissingsproces bij niet-particulier gebouwontwerp kan gezien worden als een iteratief proces bestaande uit zes stappen. Dit wordt typisch uitgevoerd door een ontwerpteam bestaande uit verschillende belanghebbenden (Figuur 2.13).



Figuur 2.13: Een zes-staps-beslissingsproces voor gebouwontwerp, uit Arroyo (2014).

Arroyo (2014) stelt vast dat in de huidige bouwindustrie beslissingen vaak gemaakt worden zonder een verregaande analyse. Ze beschrijft dat een gebrek aan interactie tussen belanghebbenden vroeg in de ontwerpfase vaak resulteert in conflicten en meer iteratie in het ontwerp. Het traditionele ontwerpproces gaat er bovendien vaak van uit dat het gebouw geoptimaliseerd wordt door elke individuele component te optimaliseren, dit in tegenstelling tot het geïntegreerde ontwerpproces en Lean

ontwerp (Kader 2.2) waar gewerkt wordt vanuit een *whole building perspective*. Een *whole building perspective* is nodig om de afhankelijkheid tussen bouwsystemen te beschouwen.

Kader 2.2: Lean ontwerp

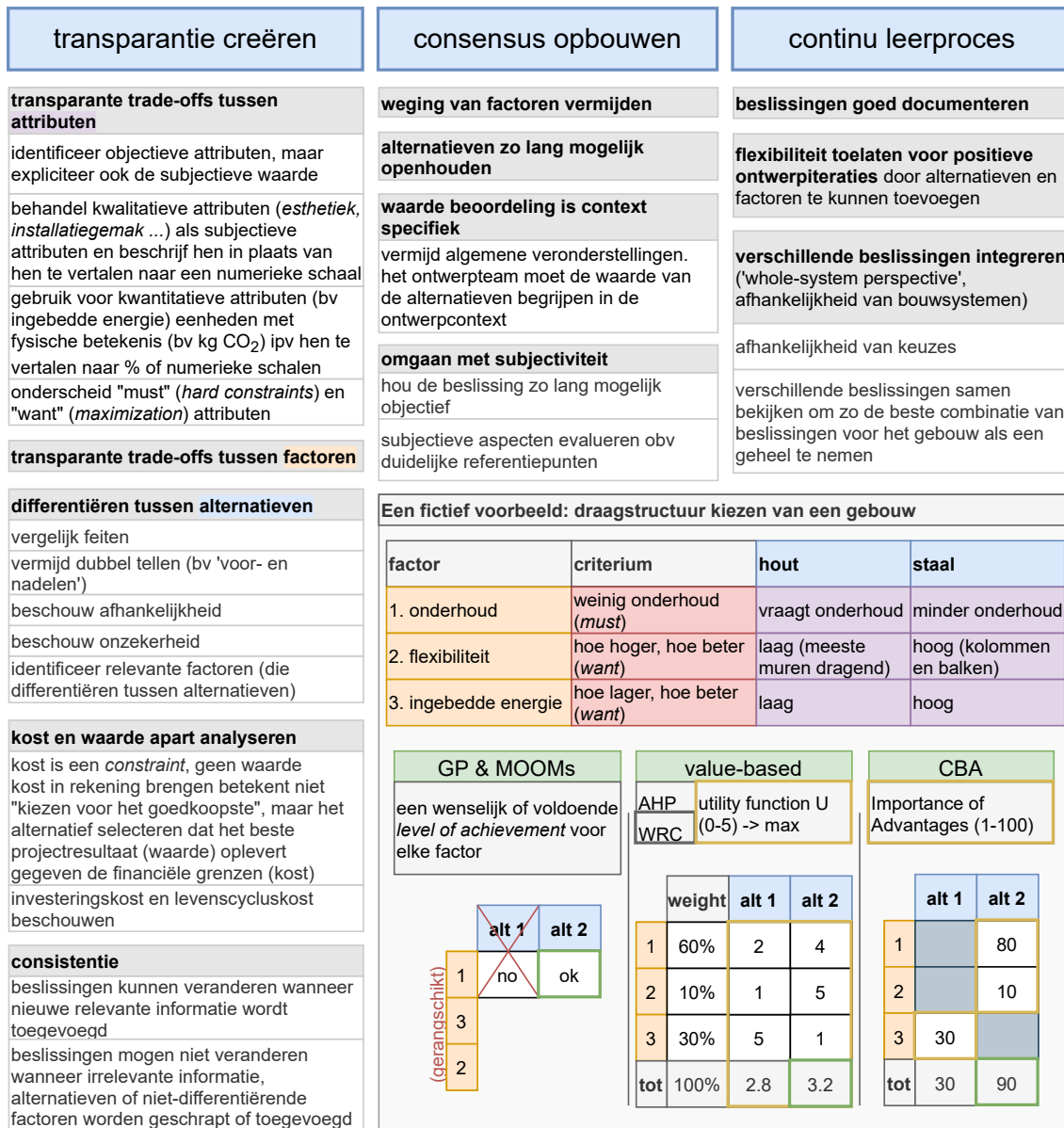
Lean ontwerp optimaliseert het geheel (niet de delen), bekijkt de lange termijn, heeft een vroege betrokkenheid van belanghebbenden en werkt met een *set-based design*. Een *set-based design* houdt in dat alle alternatieven zo lang mogelijk opgehouden worden. Dit is in tegenstelling tot het *point-based design* waarbij al vroeg één alternatief geselecteerd wordt (Arroyo, 2014).

Een kader dat van pas komt bij duurzaam bouwen en het maken van duurzame materiaalkeuzes, is multicriteria-analyse. Arroyo (2014) vergelijkt verschillende multicriteria-beslissingsmethodes op basis van hun vermogen om het ontwerpteam toe te laten het duurzamere alternatief te kiezen door verschillende factoren te analyseren, vaak met conflicterende belangen. Voor die vergelijking wordt een *framework* gehanteerd dat gebaseerd is op drie kernelementen: transparantie creëren, consensus opbouwen (Kader 2.3) en een continu leerproces toelaten (Figuur 2.14).

Kader 2.3: Consensus opbouwen

Consensus is een algemeen akkoord bereikt door een groepsdiscussie waar alle meningen en visies gehoord en begrepen zijn. Een consensus reflecteert een acceptabele oplossing voor alle leden van de groep. Het opbouwen van consensus verhoogt de kansen om verschillende perspectieven te incorporeren en vermijdt onnodige iteraties (Arroyo, 2014).

Beslissingsmethodes kunnen helpen voor samenwerking, het afwegen van trade-offs en het omgaan met subjectiviteit. Bij het maken van beslissingen in groep, moet rekening gehouden worden met verschillende sociale factoren (Kader 2.4) (Arroyo, 2014). Andere complexiteiten bij het maken van duurzame keuzes zijn onzekerheid, de bereidheid om te veranderen en het berekenen van de levenscycluskost. Het berekenen van de levenscycluskost laat toe de investeringskost te evalueren ten opzichte van de langetermijnuitgaven bij het gebruik van het gebouw. Door levenscycluskosten van verschillende ontwerpconfiguraties te vergelijken, kunnen trade-offs nagegaan worden tussen lage initiële kosten en kostenbesparingen op lange termijn. Zo kan de terugbetaaltijd bepaald worden en kan het meest kostenefficiënte systeem voor een bepaald gebruik geïdentificeerd worden (Arroyo, 2014).



Figuur 2.14: Een framework om beslissingsmethodes te analyseren. Een fictief voorbeeld illustreert de gebruikte terminologie (alternatieven in blauw, factoren in oranje, criteria in rood en attributen in paars) en enkele beslissingsmethodes. In *Goal-Programming and Multi-Objective Optimization Methods* (GP & MOOMs) wordt het alternatief geselecteerd dat het best tegemoetkomt aan de volgens prioriteit gerangschikte criteria. In *Value-based* methodes zoals *Analytical Hierarchy Process* (AHP) en *Weighting Rating Calculating* (WRC) wordt per alternatief een utility U berekend en wordt het alternatief met de grootste U geselecteerd. De berekening van U kan zijn op basis van wegingsfactoren (*weight*) (WRC) of met behulp van paarsgewijze vergelijkingen en eigenwaarden (AHP). *Choosing by advantages* (CBA) komt het best uit de analyse van Arroyo (2014). Hierin wordt voor elke factor gekeken welk alternatief een voordeel heeft in die factor en hoe groot dat voordeel is (*Importance of Advantages*). In tegenstelling tot het werken met voor- en nadelen, wordt hier *dubbel tellen* vermeden. Het alternatief met de grootste voordelen wordt geselecteerd. (Eigen figuur, gebaseerd op informatie van Arroyo (2014))

Kader 2.4: Group Decision Making

Bij het maken van beslissingen in groep, spelen verschillende sociale factoren - vaak onbewust - een belangrijke rol. Enerzijds zijn er cognitieve 'biases'. Dit is onder andere het effect van framing - positief dan wel negatief - en het belang van het gekozen referentiepunt dat gehanteerd wordt. Een focusillusie betekent dat het beschouwen van één bepaalde factor er vaak voor zorgt dat het belang van die factor overdreven wordt. Daarnaast zijn er de bevestigingsbias en de groepspolarisatiebias waarbij de beslissing in groep vaak meer extreem is dan de initiële neiging van de groepsleden. Die groepspolarisatiebias kan overwonnen worden door de leden eerst individueel beslissingen te laten maken vooraleer die worden samengelegd om vervolgens de groepsbeslissing te vormen (Arroyo, 2014).

Anderzijds spelen retorische factoren een rol. Dit zijn *logos*, *ethos* en *pathos*. *Logos* is het gebruik van redeneren om een argument te construeren. Dit kan zowel inductief zijn (van specifiek naar algemeen) als deductief (van algemeen naar specifiek). *Ethos* betekent geloofwaardigheid en *pathos* is het gebruik van emotie (Arroyo, 2014).

2.3 Circulair en veranderingsgericht bouwen

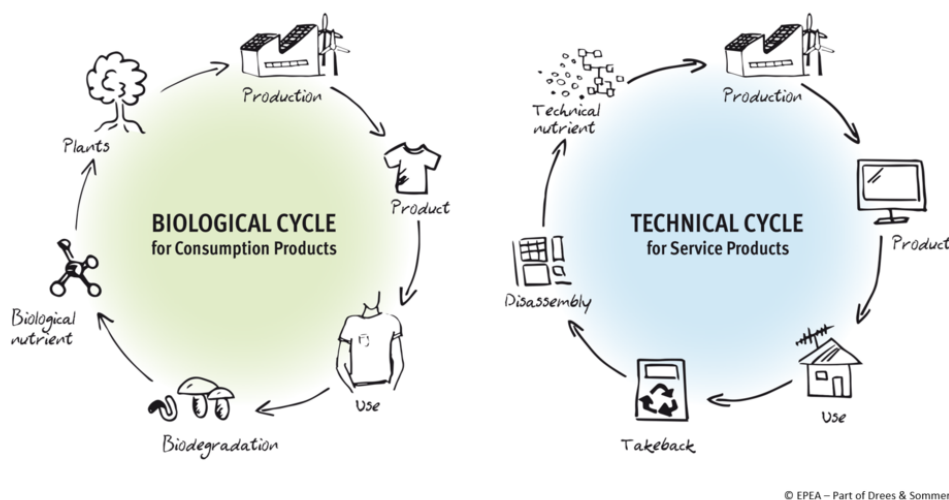
"A resource-limited world cannot afford to throw away still usable resources, because of the environmental challenges, the shortage of strategic materials as well as the lack of land for landfill and treatment purposes" (Ghisellini et al., 2018).

Een belangrijke ontwikkeling binnen duurzaam bouwen, is de ontwikkeling van de circulaire economie in de bouw. Naast materiaalkeuze, gaat circulair bouwen over het ontwerp en hoe materialen met elkaar verbonden worden.

De lineaire economie is gebaseerd op het *cradle to grave* systeem ('wieg tot graf') (paragraaf 2.2.1) (Stahel and Reday-Mulvey, 1981). Materialen, componenten en (bij)producten worden beschouwd als afval op het einde van hun leven en worden gestort (*landfill*) of verbrand (Andrews, 2015). De circulaire economie daarentegen is een *cradle to cradle* concept ('wieg tot wieg') waarbij materialen, componenten en (bij)producten op het einde van hun leven worden verwerkt in een gesloten kringloop-systeem (Figuur 2.15). Hierbij worden ze grondstoffen voor toekomstige producten (Andrews, 2015). De circulaire economie impliceert het herdenken van economische

processen en menselijke activiteiten binnen de ecologische grenzen van de planeet (Ghisellini et al., 2016). Ze promoot grondstoffenefficiëntie om afval en milieulasten te reduceren (Eberhardt et al., 2019). De kernbeginselen van de circulaire economie zijn *Reduce, Reuse, Recycle* (het 3R principe): Verminder, Hergebruik, Recycleer (Ghisellini et al., 2018). De volgorde, eerst reduceren, dan hergebruiken, en dan recycleren, is van belang.

De circulaire economie dient geïmplementeerd te worden op drie niveaus: micro-, meso- en macroniveau. Het microniveau is het niveau van bouwmaterialen en -componenten, het mesoniveau is het niveau van het gebouw en het macroniveau is het niveau van steden en wijken (Pomponi and Moncaster, 2017).



Figuur 2.15: De biologische en technologische kringlopen in de circulaire economie. In de biologische kringloop worden biologische materialen zoals stro, kalk, hennep, hout en leem na hun gebruik gecomposteerd en teruggegeven aan de natuur. In de technologische kringloop worden materialen zo lang mogelijk - hoogwaardig - in de kringloop gehouden. Hierbij wordt in de eerste plaats ingezet op hergebruik aan het einde van hun levensduur. Figuur van EPEA - Part of Drees & Sommer.

“Understanding buildings as material depots radically changes the way resources need to be managed within the construction industry and the built environment” (Heisel and Rau-Oberhuber, 2020).

De sloop van een gebouw kan algemeen ingedeeld worden in twee technieken: conventionele en selectieve sloop. Het type sloop dat mogelijk is, wordt mede bepaald door de manier waarop materialen in het gebouw geïntegreerd zijn. Conventionele sloop wordt gedaan met mechanische uitrustingen met weinig aandacht voor de scheiding van componenten. Het is snel en goedkoop, maar er worden amorfe materialen verkregen die hoofdzakelijk verbrand worden. Selectieve sloop wordt ook wel omgekeerde constructie (*construction in reverse*) of deconstructie genoemd. Hierbij

wordt het gebouw selectief ontmanteld in zijn componenten om scheiding en sortering van waardevolle bouwmaterialen zoals bakstenen, ramen en tegels te bekomen (Coelho and De Brito, 2012). Het type slooptechniek beïnvloedt sterk de kwaliteit van het bouwafval en zo ook de toepassingen. Selectieve sloop laat algemeen waardevollere toepassingen toe dan conventionele sloop (Bianchi, 2008).

"Gebouwen als tijdelijke configuraties van componenten en materialen"
(van Nederveen and Gielingh, 2009).

Er zijn verschillende termen die het circulaire gebouwoontwerp benoemen. Veranderingsgericht bouwen (*Design for Change*), dynamisch bouwen, vierdimensionaal ontwerp (tijd als vierde dimensie), *Design for Disassembly* en *Design for Deconstruction* zijn termen die, hoewel ze telkens een andere nuance leggen, grofweg hetzelfde betekenen. Veranderingsgericht ontwerpen wordt gedefinieerd als een ontwerp- en bouwpraktijk die de continu veranderende noden en wensen van gebruikers en de maatschappij erkent (Galle and Herthogs, 2015). Het doel van veranderingsgericht ontwerpen is niet om voorspelde evoluties te voorzien, maar wel om erop te anticiperen en kwalitatieve en efficiënte gebouwaanpassingen toe te laten (Galle, 2016). De Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM) bracht in 2016 een reeks van 24 ontwerprichtlijnen uit voor veranderingsgericht bouwen. De belangrijkste elementen in de context van *Duurzaam Bouwen aan de UGent* worden hieronder weergegeven (Tabel 2.2).

VERANDERINGSGERICHT ONTWERPEN
verbindingen
omkeerbaar
eenvoudig
toegankelijk
minimaal aantal
<i>schroeven, bouten, klittenband, kalkmortel <> lijm, cement, nagels, lassen</i>
elementen
compatibel, uniform
uitbreidbaar
gelaagdheid volgens levensduur (<i>shearing layers of Brand</i>)

Tabel 2.2: Overzicht van de belangrijkste elementen in de context van *Duurzaam Bouwen aan de UGent* uit de OVAM ontwerprichtlijnen.

Verbindingen dienen omkeerbaar, eenvoudig en toegankelijk te zijn en het aantal verbindingen minimaal. Schroeven, bouten, klittenband en kalkmortel worden omwille van hun omkeerbaarheid verkozen boven lijm, cementmortel, nagels en lassen. Complexe verbindingen worden vermeden omdat die gespecialiseerde expertise vragen bij demontage.

Standaardisatie, compatibiliteit en herbruikbaarheid gaan volgens OVAM hand in hand. Gestandaardiseerde componenten die onderling uitwisselbaar zijn, vergroten het hergebruikpotentieel. De ontwikkeling naar prefabricatie, standaardisatie en digitalisering wordt bouwindustrialisatie genoemd. Die evolutie gaat uit van de vaststelling dat bouwen te duur wordt. Traditioneel bouwen waarbij elk gebouw een prototype is, is niet meer betaalbaar door de hoge studie- en faalkosten. Prefabricatie en de bouwwerf zien als assemblageplaats zorgen voor uniformiteit van bouwcomponenten, vermindering van bouwafval, het opdrijven van de snelheid op de werf en een algemene kostprijsverlaging van het bouwproces. Kortom, het beheersen van doorlooptijd, kwaliteit en kostprijs van bouwprojecten (Kader 2.5).

Kader 2.5: MOSARD

*“Met een beperkt aantal noten kun je oneindig veel unieke muziek maken” -
“Unieke en creatieve gebouwen componeren met bouwcomponenten”.*

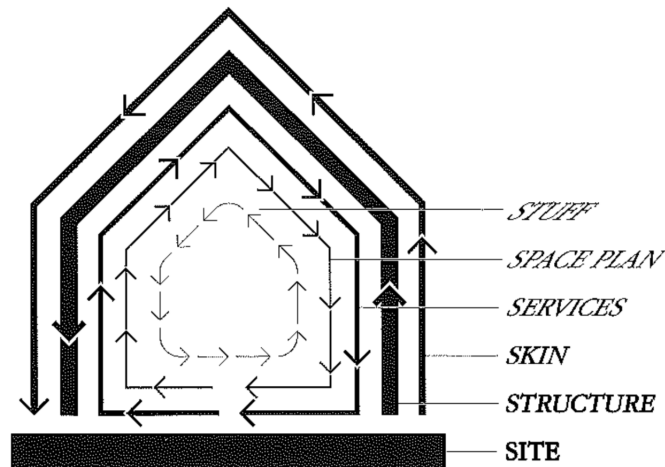
MOSARD staat voor *Modular, Open System for Architectural Design*, een “open uniform systeem voor compatibel bouwen”. Het is een digitaal platform dat bouwpartners samenbrengt om toe te werken naar een uniform maatsysteem van bouwcomponenten waarbij ontwerp en uitvoering op elkaar zijn afgestemd. Op die manier streeft men naar meer circulair ontwerpen en efficiënt bouwen.

Naast gepaste verbindingen en compatibele elementen, is ook de gelaagdheid van een gebouw van belang. Verschillende gebouwelementen hebben immers een verschillende levensduur. Dat wordt erkend door het concept van de *shearing layers of change* van Brand (Figuur 2.16) (Brand, 1995). Een veranderingsgericht gebouw heeft een gelaagdheid volgens levensduur. Decoratielagen en technieken liggen daarbij oppervlakkig en goed toegankelijk. Dat maakt dat ze eenvoudig aangepast of vervangen kunnen worden zonder dat de elementen die langer meegaan beschadigd worden.

Technische elementen zoals draagconstructies, leidingen, installaties en isolatielagen zijn in een veranderingsgericht gebouw makkelijk uitbreidbaar om toekomstige functieveranderingen toe te laten. De ontwerprichtlijnen spreken over overdimensionering van technische elementen, maar hierbij moet worden nagegaan of dit het extra materiaal waard is.

Naast element- en gebouwniveau gaan de OVAM richtlijnen ook in op het wijkniveau. Hierin wordt aandacht gegeven aan inbreiding en het kijken naar andere plaatsen in de wijk waar functies kunnen ingevuld worden. Ook polyvalente ruimten spelen hierin een rol. Dit zijn ruimten die niet ontworpen zijn in functie van een specifiek gebruik,

maar die verschillende vormen van activiteiten toelaten zonder dat de ruimte moet worden aangepast.



Figuur 2.16: De *shearing layers of change* van Brand, uit Brand (1995). De levensduur van de site is het grootst (permanent), dan de structuur (fundering en dragende elementen), dan de *skin* (exterieur), dan de *services* (interne installaties, elektriciteit, sanitaire systemen, HVAC, liften, roltrappen), dan het *space plan* (interieur: wanden, plafonds, vloeren, deuren ...) en tot slot de *stuff* (stoelen, bureaus, telefoons, keukenapparatuur, lampen).

“Similar to warehousing, buildings, cities and regions will have to keep track and anticipate the stocks and flows of materials, needing to document and communicate (at the right moment) which materials in what quantities and qualities become available for re-use or recycling where and at what time in the future” (Heisel and Rau-Oberhuber, 2020).

Tabel 2.3 geeft een SWOT analyse weer voor de evolutie van de circulaire economie in de bouw. Terugwinning van bouwmaterialen brengt in de meeste gevallen milieuvoordelen mee zoals reductie van het gebruik van natuurlijke grondstoffen, energieconsumptie en de hoeveelheid bouwafval die in stortplaatsen terechtkomt (Silva et al., 2017). Minder bouwafval in stortplaatsen reduceert de habitat- en landschapsschade (Bond, 2005). Het succes van de terugwinning hangt echter sterk af van het type materiaal, bouwelement, de transportafstanden en de economische en politieke context.

Door de hoge beschikbaarheid en lage prijs van veel onbewerkte grondstoffen, is er weinig vraag naar gerecycleerde producten en weinig interesse om er bedrijvigheid rond te ontwikkelen. Vaak zijn primaire producten goedkoper dan gerecycleerde of hergebruikte producten (Ghisellini et al., 2018). Een andere belangrijke barrière in de ontwikkeling naar circulair bouwen is het gebrek aan vertrouwen in gerecycleerde en hergebruikte producten. Een gebrek aan informatie over de toeleveringsketen en de kwaliteit van de hergebruikte of gerecycleerde producten zorgt voor onzekerheid over

de degelijkheid van het product en over de te verwachten levensduur (Ghisellini et al., 2018). In die context kunnen materiaalpaspoorten een belangrijke rol spelen om de staat en historiek van de materiaalvoorraad bij te houden. Digitale technologieën ter ondersteuning van materiaalpaspoorten zijn in opmars. *Building Information Modeling* (BIM) laat bijvoorbeeld toe om een *digital twin* bij te houden van het gebouw waarin materiaalgegevens voortdurend geüpdatet worden en de informatie evolueert met het bouwareaal.

		positief	negatief
intern		S trengths (sterktes)	W eaknesses (zwaktes)
	milieuvoordelen		<ul style="list-style-type: none"> - te weinig kennis over terugwinningspotentieel van materialen - hoge deconstructie- en verwerkingskosten - gebrek aan informatie over de kwaliteit
extern		O pportunities (kansen)	T hreats (bedreigingen)
	andere eigendoms- en winstmodellen		<ul style="list-style-type: none"> - hoge beschikbaarheid en lage prijs van onbewerkte grondstoffen - grote kosten om te voldoen aan wettelijke kaders - gebrek aan vertrouwen in gerecycleerde en hergebruikte producten - gebrek aan ecologisch bewustzijn

Tabel 2.3: SWOT analyse van de circulaire economie in de bouw, gebaseerd op Ghisellini et al. (2018).

Ghisellini et al. (2018) geven drie sleutelfactoren voor het versterken van de circulaire economie: lage deconstructiekosten, de aanwezigheid van een markt voor verschillende types sloopp producten, en vertrouwen doorheen de toeleveringsketen. Volgens Wijkman and Skånberg (2015) zijn een belastingreductie op arbeid en een belastingverhoging op het gebruik van primaire grondstoffen noodzakelijk om terugwinning te versterken. Pomponi and Moncaster (2017) voegen toe dat andere eigendoms- en winstmodellen nodig zijn. Zij halen het model van *light as a service* aan en spreken over collaboratieve modellen tussen aannemers en onderaannemers. Ook geven Pomponi and Moncaster (2017) aan dat op dit moment weinig interdisciplinair onderzoek de complexiteit van de transitie naar de circulaire economie ondersteunt. Toekomstig onderzoek moet de verbanden tussen technologische en maatschappelijke uitdagingen meer in detail onderzoeken om te komen tot oplossingen die goed onthaald en correct gebruikt worden door de beoogde gebruikers (Pomponi and Moncaster, 2017).

Strategieën om tegemoet te komen aan het emissieprobleem van fossiele brandstoffen			
energiebesparingen aan vraagzijde	efficiëntieverbeteringen in energie-opwekking	hernieuwbare energie	CCS
energiezuinige gebouwen en technieken	betere katalysatoren	(combinaties)	(is nog erg duur)
optimaal gebouwoontwerp		+ inzetten op distributienetwerken en energieopslag om tegemoet te komen aan schommelingen	
		+ zinvolle prijs op CO ₂ (bv €70-80 per ton)	

Tabel 2.4: Vier strategieën om tegemoet te komen aan het emissieprobleem van fossiele brandstoffen dat klimaatverandering veroorzaakt. CCS = *Carbon Capture and Storage* (koolstofafvang en opslag).

2.4 Energie

The world needs another industrial revolution in which our sources of energy are affordable, accessible and sustainable (Chu and Majumdar, 2012).

Om tegemoet te komen aan de negatieve effecten van fossiele brandstoffen, zijn er naast het inzetten op energie-efficiëntie ook andere strategieën zoals het inzetten op hernieuwbare energiebronnen en eventueel *Carbon Capture and Storage* (CCS) ('koolstofafvang en -opslag') (Tabel 2.4) (Lund, 2007; Banos et al., 2011; Chu and Majumdar, 2012; Chu et al., 2017). *Carbon Capture and Storage* is nog erg duur en doordat er weinig financiële stimulansen zijn, verloopt de ontwikkeling hiervan traag. Het meest efficiënte mechanisme om de shift naar een koolstofarme economie te stimuleren is een betekenisvolle prijs op CO₂. De meeste experts zijn het er over eens dat de prijs die nodig is om een grootschalige decarbonisering te stimuleren €70–80 per ton CO₂ is (Chu et al., 2017).

Hoewel het grootste aandeel van de energie nog steeds wordt opgewekt door fossiele brandstoffen, zijn er verschillende alternatieve energiebronnen bekend (Figuur 2.17). Zonne-, wind-, water- (*hydro*), bio-energie en geothermie worden als hernieuwbare energiebronnen beschouwd. Zonne-energie kan zowel actief als passief worden ingezet. Actieve zonne-energie gebruiken gebeurt door middel van zonnepanelen en *Concentrated Solar Power* (CSP). Passieve zonne-energie is voornamelijk gebaseerd op een optimaal gebouwoontwerp waarbij zonne-energie maximaal wordt opgevangen om de nood aan artificieel licht en verwarming te verminderen (Banos et al., 2011). Langs de andere kant moet oververhitting vermeden worden om de nood aan ventilatie en koeling te beperken.

Aangezien water een veel grotere dichtheid heeft dan lucht, kan zelfs een trage waterstroom aanzienlijke hoeveelheden energie genereren. Waterenergie wordt in verschillende vormen gebruikt. Brede categorieën zijn waterkracht en oceaanelnergie. Waterkracht (*hydroelectricity*) is gebaseerd op het genereren van elektriciteit door gebruik te maken van de zwaartekracht (*gravitational force*) van vallend of stromend water. Oceaanelnergie refereert voornamelijk naar de energie gedragen door oceaangolven en getijden (aangestuurd door de maan) (Banos et al., 2011; Lior, 1997).

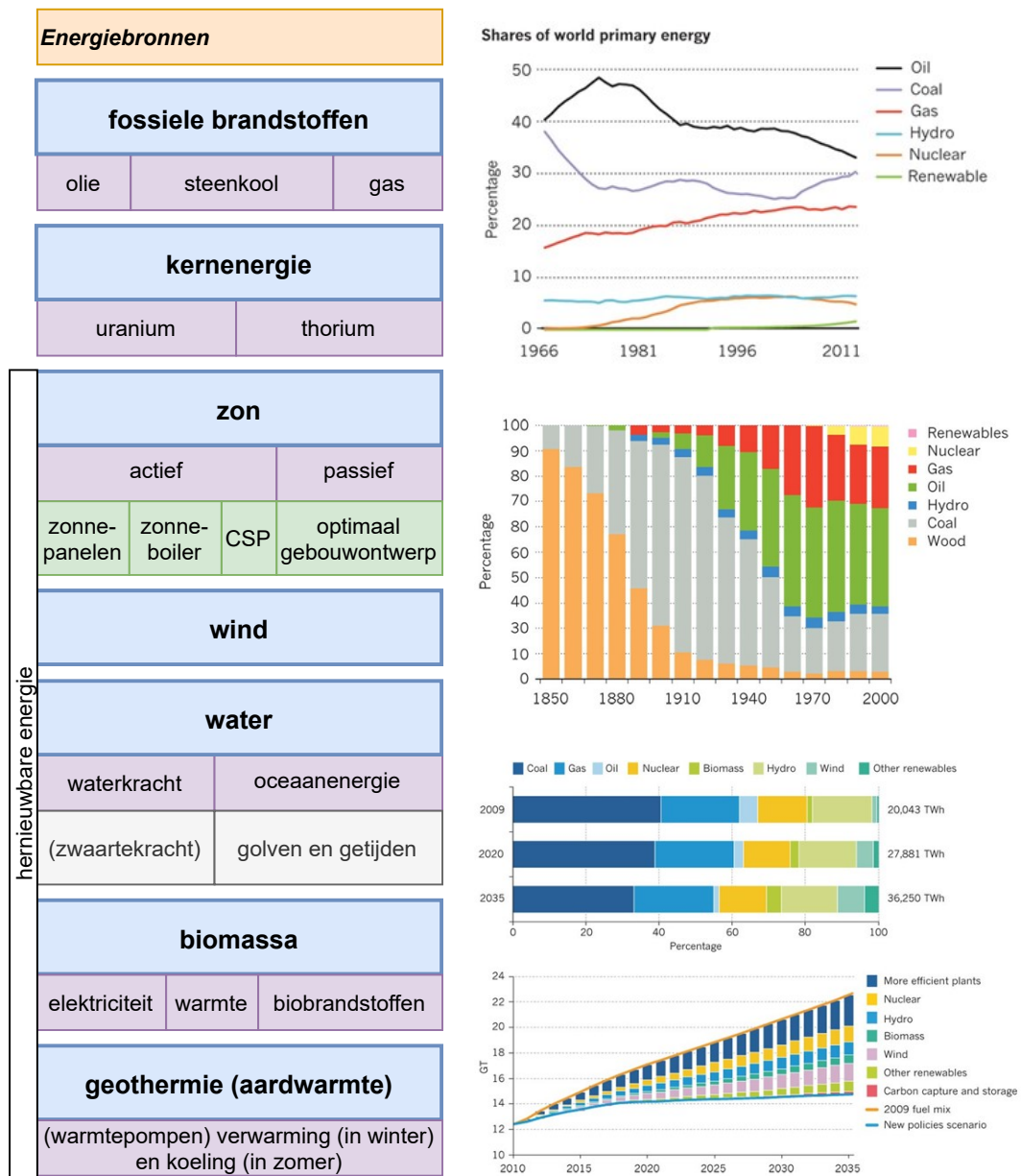
Biomassa is biologisch materiaal van levende of recent levende organismen, zoals energiegewassen, bijproducten uit de landbouw en afvalstromen. Biomassa kan verbrand worden om stoom te produceren en zo elektriciteit te maken, kan warmte voorzien voor huizen en industrieën of kan omgezet worden naar andere bruikbare energievormen zoals methaangas, ethanol en biodieselbrandstoffen.

Geothermische energie is de energie die als warmte in de aarde zit. De technologie van geothermische warmtepompen berust op het feit dat de aarde, vanaf een bepaalde diepte, een relatief constante temperatuur heeft. Die temperatuur is hoger dan de luchttemperatuur in de winter en lager dan die in de zomer (Banos et al., 2011). Geothermische warmtepompen transfereren warmte in een gebouw gedurende de winter en uit een gebouw gedurende de zomer (Omer, 2008). Een groot voordeel van geothermie is dat het 24 uur per dag werkt, in tegenstelling tot wind- en zonne-energie die afhankelijk zijn van weersomstandigheden (Banos et al., 2011).

De afhankelijkheid van fossiele brandstoffen heeft geleid tot een sterke verhoging van de CO₂-emissies en daarmee een versterking van het broeikaseffect en klimaatverandering (Paragraaf 2.2.2). Hernieuwbare energie heeft groot potentieel om de hoeveelheid emissies te verlagen, maar de transitie naar hernieuwbare energie is niet evident (Figuur 2.5). De grootste moeilijkheid van hernieuwbare energiebronnen zoals wind en zon is dat het aanbod zeer fluctuerend is en afhankelijk is van weersomstandigheden. Om tegemoet te komen aan die variabiliteit moet worden ingezet op combinaties van verschillende energiebronnen. Ook een verbetering en expansie van distributienetwerken en innovaties in energieopslag zijn nodig (Banos et al., 2011).

The Stone Age did not end because we ran out of stones; we transitioned to better solutions (Chu and Majumdar, 2012).

Al zijn fossiele brandstoffen beperkt, dit zal niet de factor zijn die zorgt voor de transitie nodig om klimaatverandering te beperken. Gegeven dat de technologie om fossiele brandstoffen te vinden en te extraheren blijft verbeteren, zullen de ontdekte voorraden waarschijnlijk nog decennia lang de stijgende vraag kunnen bijhouden (Chu and Majumdar, 2012).



Figuur 2.17: Overzicht van verschillende gekende energiebronnen. (Eigen figuur.) CSP= *Concentrated Solar Power*. Grafieken rechts: boven: Globaal energiegebruik: fossiele energie is ongeveer 86% van het globale energiegebruik, uit Chu and Majumdar (2012). Midden: Aandeel van verschillende energiebronnen doorheen de tijd (US), uit Chu and Majumdar (2012). Onder: Globale elektriciteitsproductie in 2009 en projecties (in 2011) voor 2020 en 2035, uit Chu and Majumdar (2012).

	hernieuwbare energie				
	fossiele brandstoffen	kernenergie	zon, wind, water	bio-energie	geothermie
uitstoot broeikasgassen	ja	nee	nee	ja (maar ook recente CO ₂ -opslag)	nee
(temporele) variabiliteit		(in principe laag, maar defecten)	hoog	laag	zeer laag
kost	laag	hoger	hoger, maar zakt	lager	hoge installatiekost, lage gebruikskost
beschikbaarheid	beperkt, maar we vinden steeds meer	beperkt	groot		groot
geografische distributie	beperkt		zon: overal. de andere niet		zeer locatiespecifiek
andere	afhankelijkheid van andere landen	veiligheidsrisico	ecologische impact?	landgebruik, biodiversiteit?	grote efficiëntie (op geschikte locatie) effecten van grootschalige implementatie?

Tabel 2.5: Voor- en nadelen van verschillende energiebronnen (Eigen tabel).

Kernenergie is op zich een propere energievorm, maar onder andere de kernramp in Fukushima 2011 heeft grote vragen doen stellen bij de duurzaamheid ervan. Hoewel kernenergie een belangrijke bijdrage kan leveren aan de decarbonisering van energiesystemen en derde-generatie kerncentrales ontworpen zijn om significant veiliger te zijn, bouwen verschillende landen hun kernenergie af omwille van de veiligheidsrisico's (Chu and Majumdar, 2012).

Hernieuwbare energietechnologieën zijn vaak gekend als minder competitief dan traditionele systemen, voornamelijk door hun relatief grote onderhoudskost (Banos et al., 2011), maar de efficiëntie van hernieuwbare elektriciteitsopwekking stijgt zeer snel waarmee de prijs sterk daalt.

2.5 Groen, biodiversiteit en waterberging

"Een gezonde biodiversiteit is essentiële infrastructuur" (Cristiana Pasca Palmer, CBD-Convention on Biological Diversity) (IPBES, 2019)

Het *Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem services* (IPBES) bracht in 2019 een omvangrijk rapport uit over de staat van de biodiversiteit en projecties voor de toekomst (Kader 2.6). De biodiversiteit is de diversiteit binnen soorten, tussen soorten en van ecosystemen, of anders gezegd de variëteit aan leven. Deze staat sterk op de helling. Sinds het bestaan van de mensheid is de

snelheid waarmee soorten wereldwijd uitsterven (*extinction rate*) nog nooit zo hoog geweest. De globale extinctiesnelheid is tien- tot honderdtallen keren groter dan het gemiddelde over de afgelopen 10 miljoen jaar. Een kwart van de onderzochte soorten is met uitsterven bedreigd.

Kader 2.6: IPBES

Het *Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem services* (IPBES) is complementair aan het IPCC (Paragraaf 2.2.2), maar dan aangaande biodiversiteit. Het IPBES is opgericht in 2012 als een onafhankelijke instantie om beleidsmakers te voorzien van objectieve wetenschappelijke informatie rond biodiversiteit, ecosystemen en ecosysteemdiensten. Het *Global Assessment report on biodiversity and ecosystem services 2019* werd opgemaakt door 150 geselecteerde experts vanuit alle wereldregio's. Meer dan 15,000 wetenschappelijke publicaties werden geanalyseerd samen met autochtone en lokale kennis. Het rapport is 1148 pagina's lang en integreert natuurwetenschappelijke en sociaalwetenschappelijke perspectieven.

Hoewel klimaatverandering de afgelopen jaren (terecht) veel aandacht heeft gekregen, blijft biodiversiteit, het belang en het verlies ervan, vaak op de achtergrond. Dat is onterecht. Biodiversiteit is de basis voor het functioneren van ecosystemen en staat in voor het leveren van essentiële diensten aan mens en maatschappij. Die diensten worden ecosysteemdiensten (*Nature's Contributions to People*, NCP) genoemd. Dit zijn onder andere gewasbestuiving, plaagbeheersing, voedselvoorziening, zuiver water, propere lucht en aanvoer van natuurlijke materialen zoals hout. De natuur brengt bovendien inspiratie voor oplossingen voor verschillende problemen. Natuur en biodiversiteit moeten behouden worden om toekomstige generaties toe te laten conclusies te trekken van de natuur of dingen van de natuur te ontdekken die niet gezien worden vandaag. We verschraken de aarde en haar mogelijkheden door biodiversiteit en natuur op te geven. Met het verlies aan biodiversiteit staan ook de genoemde ecosysteemdiensten sterk op de helling (Figuur 2.18).

Kader 2.7 wijst op het belang van een variëteit aan microbiota voor de menselijke gezondheid en Kader 2.8 illustreert het belang van natuur en de nabijheid van natuur voor kinderen.

Kader 2.7: Menselijke gezondheid en microbiota

Het aantal micro-organismen (bacteriën, virussen, schimmels ...) in het menselijk lichaam overtreft het aantal menselijke cellen met gemak. Mensen kunnen niet overleven zonder deze microbiota in de darm, mond, neus, longen ... Ze voeren

een hele reeks vitale functies uit en zijn een sleuteldeterminant van onze gezondheid. Ze spelen een belangrijke rol in het reguleren van ons immuunsysteem, dragen bij aan de vertering en ze beschermen tegen pathogene organismen.

Een vermindering in de hoeveelheid en diversiteit van microbiota in het menselijke lichaam wordt gelinkt aan een toename van verschillende ziektes en aandoeningen zoals asthma, allergieën en andere autoimmuunziektes zoals multiple sclerose, diabetes, obesitas, sommige kankers en neurologische storingen en psychiatrische stoornissen zoals depressie. De vermindering aan microbiota wordt geassocieerd met onze moderne levensstijl, gekenmerkt door industrialisatie, urbanisatie, overgebruik van antibiotica en chemicaliën, nieuwe eetgewoontes en geboorte- en neonatale praktijken en beperkte blootstelling aan microbiële diversiteit in de eerste levensjaren. Nabijheid van de natuur kan het voorkomen van bepaalde ziektes en aandoeningen verminderen.

Naar IPBES (2019), p. 332.

Kader 2.8: Nature and children

Natuur is van groot belang voor kinderen. Natuurlijke omgevingen bieden ontwikkelingsvoordelen voor kinderen en promoten creativiteit, fantasie, verkenning, divergent denken en autonome leerprocessen. Over de hele wereld en in alle maatschappijen zijn kinderen gekend om de natuur anders te observeren dan volwassenen, om op plaatsen in de natuur te vertoeven waar volwassenen niet komen en om dit zelfs te doen in landschappen waar zeer weinig natuur aanwezig is.

Naar IPBES (2019), p. 354.

De belangrijkste directe drijfveren voor het verlies aan biodiversiteit zijn landgebruiksverandering, overexploitatie van organismen, vervuiling, invasieve exoten en klimaatverandering (Figuur 2.19). Daarnaast zijn er ook indirecte drijfveren zoals socioculturele drijfveren (waarden en normen), veranderende productie- en consumptiepatronen, bevolkingstoename en handel en technologische innovaties.

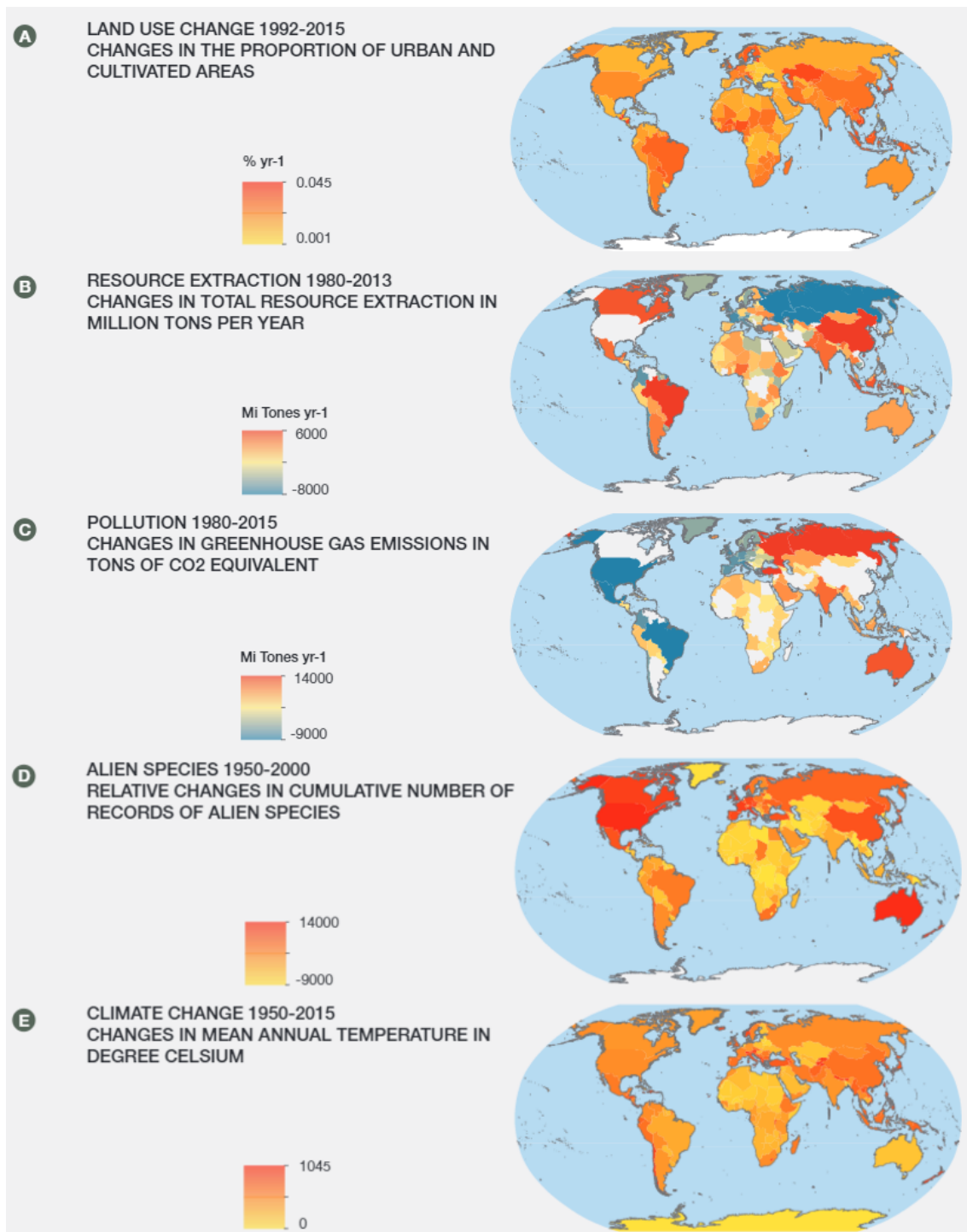
"Sustainable urban design seeks to maximize the quality of the built environment and minimize impacts on the natural environment"

(McLennan, 2004).

ecosysteemdienst		trend	
regulerend	bestuiving en verbreding	↓	
	propere lucht	↘	
	zuiver water	↘	
	regulering klimaat	↘	
	regulering extreme weersomstandigheden	↘	
	regulering biologische processen	↘	
	vorming, bescherming en decontaminatie van bodems	↘	
	plaaigbeheersing	↘	
materieel	energie	agr	bos
	voedselvoorziening	agr	vis
	aanvoer van materialen	agr	bos
	medicinale, biochemische en genetische hulpbronnen	↘	
niet-materieel	leren en inspiratie	↓	
	fysiek en mentaal welbevinden		
	misdadad verminderen		
	opties openhouden	↓	

duurzame steden
bescherming biodiversiteit
meer groen
ecologische connectiviteit
<i>nature-based solutions</i> en groene infrastructuur
grijze infrastructuur verbeteren om tegemoet te komen aan biodiversiteitsdoelstellingen
densificatie voor compacte gemeenschappen

Figuur 2.18: Links: Verschillende ecosysteemdiensten (NCP) en de globale trends van 1970 tot 2019 in de capaciteit van de natuur om daarin te voorzien. Bijna alle weergegeven ecosysteemdiensten gaan achteruit. Het is bijzonder ernstig. 'Leren en inspiratie' wordt gemeten door het aantal mensen dat leeft in de nabijheid van natuur en de diversiteit aan leven waarvan ze kunnen leren. 'Fysiek en mentaal welbevinden' en 'misdadad verminderen' komen voor in het IPBES rapport, maar hun trends worden niet gekwantificeerd. 'Opties openhouden' (*maintenance of options*) wordt gemeten op basis van de overlevingskansen van soorten en de fylogenetische diversiteit. Rechts: Enkele elementen die van belang zijn bij het ontwikkelen van duurzame steden. Eigen figuur, naar IPBES (2019).



Figuur 2.19: Temporele trends in directe drivers, per land, uit IPBES (2019) (p. 117-118).

Een uitdaging is om duurzame steden te bouwen die tegemoetkomen aan kritieke noden terwijl ze de natuur en ecosysteemdiensten bewaren en versterken en biodiversiteit herstellen (Figuur 2.18) (IPBES, 2019). Meer groen in de stad draagt bij aan diverse ecosysteemdiensten. Ecosystemen in stedelijke omgevingen zijn vaak sterk gefragmenteerd, wat de genetische diversiteit kan verlagen en de langetermijn overleving van soorten in het gedrang kan brengen. Om leefbare populaties te verzekeren, is ecologische connectiviteit van belang. Dit kan door middel van groene infrastructuur. Groene infrastructuur verwijst naar de natuurlijke of semi-natuurlijke systemen die bepaalde diensten voorzien (*nature-based solutions*). Bomen, groendaken, groengevels, parken, vijvers, poelen, overstromingsgebieden en moerassen bijvoorbeeld zijn vaak zeer kostenefficiënte maatregelen voor klimaatmitigatie (onder andere het reduceren van de effecten van stedelijke hitte-eilanden), properdere lucht en water, bescherming tegen overstroming, stedelijke voedselproductie, recreatie en gezondheidsvoordelen.

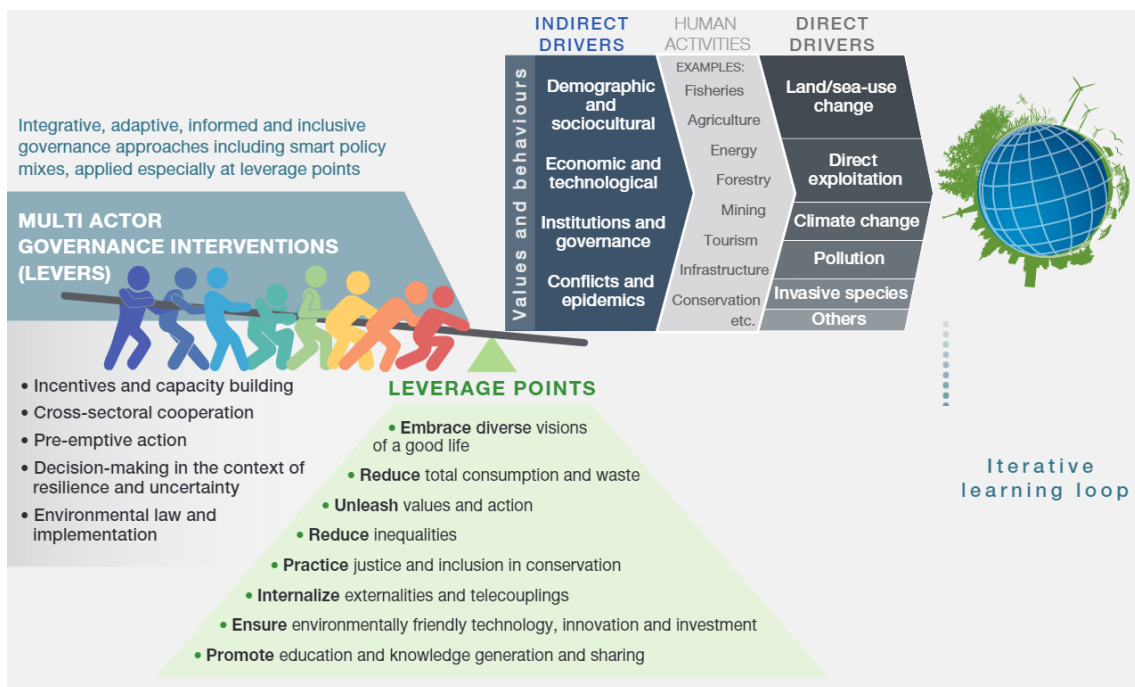
Een groeiend aantal voorbeelden demonstreert de effectiviteit van ecosystemen als nature-based solutions om de impact van klimatologische, hydro-meteorologische en soms zelfs geofysische risico's zoals landslides te bufferen.

Kader 2.9: Compensatie

Compensatiemechanismen zijn ontwikkeld als instrument om om te gaan met milieu- en sociale effecten die niet volledig vermeden kunnen worden in energie-, mijn- en infrastructuurprojecten. Verplichte mitigatie, biodiversiteitsoffsets, *mitigation banking*, *habitat banking* en *species banking* worden breder en breder toegepast. *No net loss* beleid samen met biodiversiteitscompensatie blijkt effectief om de private sector te betrekken in natuurbehoud. Hoewel ze zijn bedoeld als een laatste redmiddel, geven critici aan dat offsets niet de kernoorzaak aanpakken van overontwikkeling van energie, mijnbouw en infrastructuurprojecten die leidt tot een achteruitgang van de natuur. Bovendien kan schaarsheid in markten en banken waarde creëren en zijn bepaalde locatiespecifieke biodiversiteitsverliezen onvervangbaar.

Groene obligaties (*Green bonds*) brengen kapitaal bijeen om klimaatvriendelijke projecten te financieren in belangrijke sectoren zoals transport, energie, bouw en industrie, alsook waterprojecten (IPBES, 2019).

Volgens het IPBES is een transformatieve verandering noodzakelijk (Figuur 2.20). Dit is een fundamentele, systeembrede reorganisatie overheen technologische, economische en sociale factoren. Enkel door middel van transformatieve verandering kunnen de negatieve trends in de natuur en ecosysteemfuncties omgekeerd worden.



Figuur 2.20: Transformative change in global sustainability pathways, uit IPBES (2019) (p. 775).

HOOFDSTUK 3

MATERIAAL EN METHODEN

Hoofdstuk 4 (Resultaten) bestaat uit twee grote delen: een bespreking van het algemene UGent kader en een analyse van een casestudy op basis van de GRO.

3.1 UGent kader

In het UGent kader wordt de stand van zaken gegeven van bouwen aan de UGent en wordt een overzicht gegeven van verschillende beleidsplannen. Studentenvertegenwoordiger zijn in de Raad van Bestuur van de UGent geeft daarvoor toegang tot relevante documentatie en beleidsontwikkelingen. Naast de begroting, jaarrekening en kwartaalrapporten van de investeringsplannen, kwamen in het academiejaar 2020-2021 het UGent Masterplan 2050, het opvolgingsrapport 2020 van het Energiebeleidsplan en het Transitieplan circulair waterbeheer aan bod (Tabel 3.1). Als lid van de werkgroep biodiversiteit van de denktank Transitie UGent (Kader 3.1), verdiepte de onderzoeker zich in het biodiversiteitsplan. Voor de UGent ontwerprichtlijn 2020 en de workflow van investeringsprojecten aan de UGent gaf een interview met mevrouw Ann Hendricx (afdelingshoofd projectbureau binnen de Directie Gebouwen en Facilitair Beheer, DGFB) op 29 september 2020 meer inzicht.

Daarnaast geeft ook het masterproefatelier rond circulair bouwen de mogelijkheid tot directe interactie met DGFB. Enkele presentatiemomenten met aanwezigheid van DGFB faciliteren het krijgen van feedback, informatie en vragen om over na te denken.

Kader 3.1: Transitie UGent

Transitie UGent is een denktank van geëngageerde personeelsleden, studenten, experts en beleidsvoerders die tweemaal per jaar samen komt en werkt rond verschillende thema's die te maken hebben met duurzaamheid. Vanuit Transitie UGent starten verschillende werkgroepen die een specifiek thema opvolgen doorheen het jaar.

UGent kader				
Raad van Bestuur	Transitie UGent	Interview met afdelingshoofd projectbureau DGFB UGent	Masterproefatelier	GRB-basiskaart UGent campusplannen
Masterplan 2050	Biodiversiteitsplan	Ontwerprichtlijn 2020 Workflow investeringsprojecten	Interactie met DGFB	Overzichtskaarten (QGIS)
Energiebeleidsplan				
Transitieplan Circulair Waterbeheer				

Tabel 3.1: Overzicht van de bronnen van de belangrijkste elementen in het UGent kader. DGFB = Directie Gebouwen en Facilitair Beheer.

Om het UGent kader te visualiseren, wordt het UGent patrimonium in QGIS ('Quantum' Geographic Information System) gedigitaliseerd zodat verschillende kaarten gemaakt kunnen worden. Voor die digitalisering wordt onder andere gebruik gemaakt van de GRB-basiskaart (Grootschalig Referentie Bestand) en UGent campusplannen. Het resultaat klopt niet 100% (bepaalde gebouwen ontbreken of de grenzen zijn niet 100% correct), maar het geeft minstens een indicatie.

3.2 Case study: Nieuwbouw op campus Proeftuin

Na het algemeen UGent kader wordt een case study geanalyseerd. De beschouwde case study is de nieuwbouw van de faculteit bio-ingenieurswetenschappen (FBW) op campus Proeftuin. Dit nieuwe onderzoeksgebouw moet een antwoord geven aan het ruimtetekort waar onze faculteit reeds verschillende jaren mee kampt, maar hiervoor sneuvelt bos. Een interessante case om duurzaamheid op te analyseren.

Om inzicht te krijgen in het gebouw worden in eerste instantie verschillende verslagen en documenten van het bestuurscollege, de institutionele bouwcommissie, de faculteitsraad en de facultaire bouwcommissie bekeken (Tabel 3.2). Met die informatie wordt een tijdslijn opgesteld met de belangrijkste mijlpalen in het project. In februari 2021 wordt toegang gekregen tot de DGFB-documentatie van het project. Op dat moment bestaat het dossier uit 5600 bestanden, 18GB. Om een weg te vinden doorheen die grote hoeveelheid aan informatie, wordt een documentenanalyse uitgevoerd waarin gekeken wordt welke informatie bestaat over het case study gebouw en welke informatie bruikbaar en relevant is voor dit onderzoek.

Een gesprek met Jan Pieters (voorzitter facultaire bouwcommissie FBW) op 18 november 2020 geeft meer voeling met het gebouw en met de visie van de faculteit. Na een deel van de analyse uitgevoerd te hebben, geeft ook een interview met de architect (Bert Verhoeven, SVR-ARCHITECTS) meer inzicht in het bouwproces, de gemaakte keuzes, en het vertalen van beleid naar praktijk. Tot slot wordt ook een kort veldbezoek gedaan op campus Proeftuin.

Case study: nieuwbouw op campus Proeftuin				
GRO (2020)	verslagen en documenten BC, boco, FR	MAP Proeftuin, MOBER, grondplannen en doorsnedes, meetstaat	gesprekken (voorzitter FBW-boco; architect)	veldbezoek
	DGFB-documentatie (18GB)			

Tabel 3.2: Overzicht van de belangrijkste informatiebronnen voor het uitvoeren van de case study. BC = bestuurscollege, boco = bouwcommissie, FR = faculteitsraad, DGFB = Directie Gebouwen en Facilitair Beheer, MAP = masterplan, MOBER = mobiliteitseffectenrapport, FBW = faculteit bio-ingenieurswetenschappen.

Het onderzochte gebouw heeft een footprint van 3 150 vierkante meter, bestaat uit vijf bouwlagen en heeft de vorm van een balk met in het midden een patio (Figuur 3.1) (Figuur 3.2). Het gelijkvloers bestaat uit twee grote sokkels: een "sociale" sokkel met de inkom, foyer, cafetaria en personenlift en een "logistieke" sokkel met piloot-hal en goederenlift. De eerste verdieping is het lesverdiep en geeft plaats aan practicumruimtes, leslokalen, groepsruimtes en verpozingsruimtes voor studenten. Verdiepingen twee, drie en vier zijn onderzoeksverdiepen met labo's en kantoren. De bovenste verdieping is de technische verdieping en de woning voor de huisbewaarder.

Voor de analyse van de case study wordt beroep gedaan op verschillende documenten: het masterplan campus Proeftuin, het 'Mobiliteitseffectenrapport' (MOBER), grondplannen en doorsnedes, begeleidende documenten en een meetstaat.

3.3 GRO

De case study wordt geanalyseerd met behulp van de GRO. De GRO is een tool ontwikkeld door de Vlaamse overheid om de duurzaamheid van gebouwen te kwantificeren (kader 3.2).

Kader 3.2: De GRO

De naamgeving "GRO" is een verwijzing naar het Brundtland rapport opgemaakt in 1987 door de 'World Commission on Environment and Development' onder voorzitterschap van Gro Harlem Brundtlandt (Paragraaf 2.1).

De GRO bestaat uit verschillende documenten: een gebruikershandleiding (49 pagina's), een uitleg bij de GRO criteria (217 pagina's) en 18 Excel files, waarvan twee overzichtsfiles, een voor de beoordeling van de site en een voor de beoordeling van het gebouw. De twee overzichtsfiles vormen het hart van de GRO.

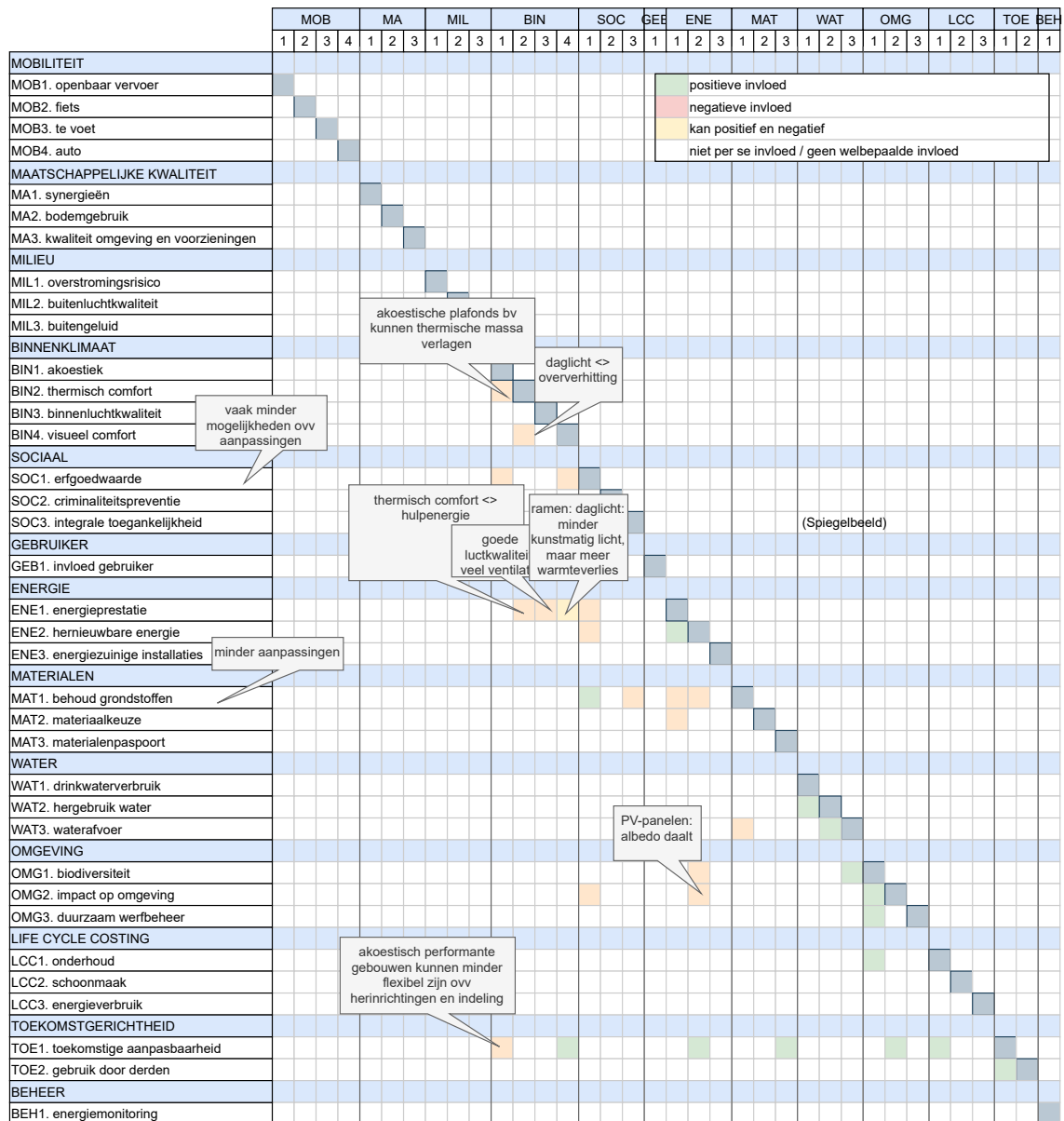


Figuur 3.1: Situering van het gebouw (de bordeaux vorm linksonder) (SVR-ARCHITECTS).



Figuur 3.2: Een sfeerbeeld van de nieuwbouw op campus Proeftuin die in dit onderzoek als case study wordt gebruikt (SVR-ARCHITECTS).

HOOFDSTUK 3. MATERIAAL EN METHODEN



Figuur 3.3: Invloedmatrix van de GRO-elementen. (Naar gebruikershandleiding GRO versie 2020).

De GRO hanteert drie prestatieniveaus: goed, beter en uitstekend. De opdrachtgever maakt de GRO op maat van het project door te bepalen welke criteria van toepassing zijn en welk ambitieniveau (goed, beter, uitstekend) wordt vooropgesteld. Doordat bepaalde criteria elkaar negatief beïnvloeden (Figuur 3.3), is het zelden haalbaar om op alle vlakken uitstekend te scoren. 'Goed' is voor de Vlaamse Overheid (ontwikkelaar van de tool) een ondergrens, een minimaal niveau dat ze wil garanderen in haar patrimonium.

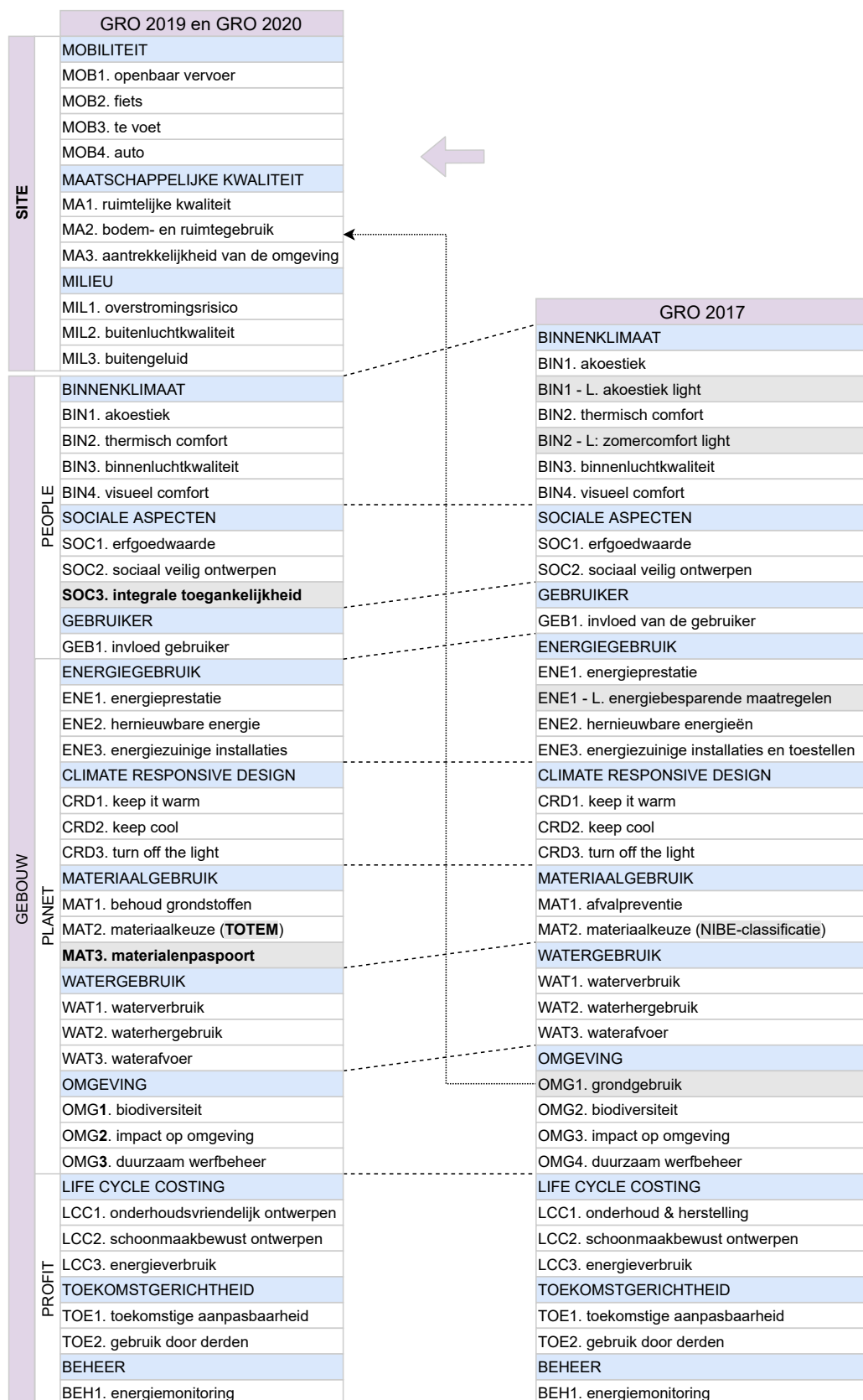
Een ambitieniveau kan globaal of op het niveau van een specifiek criterium bepaald worden. Om keuzevrijheid aan de ontwerpteams te geven, wordt voorgesteld om

voor maximaal drie criteria minimale prestatieniveaus vast te leggen. Zo kan het ontwerpteam de meest voordelige combinatie maken.

In dit onderzoek wordt de GRO 2020 gehanteerd. Deze heeft twee voorgangers: GRO 2017 en GRO 2019. In de herwerking van GRO 2017 naar GRO 2019 zijn enkele criteria geschrapt, toegevoegd of uitgebreid (Figuur 3.4) en zijn er bonuspunten ingevoerd. Op enkele specifieke wijzigingen wordt ingegaan in Hoofdstuk Resultaten (paragraaf 4.2). Versies 2019 en 2020 zijn quasi identiek, op een aantal tekstuele verbeteringen, formulecorrecties en aanpassingen ten gevolge van wetgevings- en normeringswijzigingen na.

De GRO is een zeer uitgebreide tool die veel criteria en zeer veel deelaspecten omvat. De voornaamste deelaspecten voor dit onderzoek, worden weergegeven in paragraaf 4.2, samen met de gehanteerde informatiebron per criterium. Voor een volledig overzicht van de GRO-aspecten wordt verwezen naar de GRO zelf.

HOOFDSTUK 3. MATERIAAL EN METHODEN



Figuur 3.4: Vergelijking van de GRO 2020 (en de zeer gelijkaardige GRO 2019) met die van 2017.

HOOFDSTUK 4

RESULTATEN

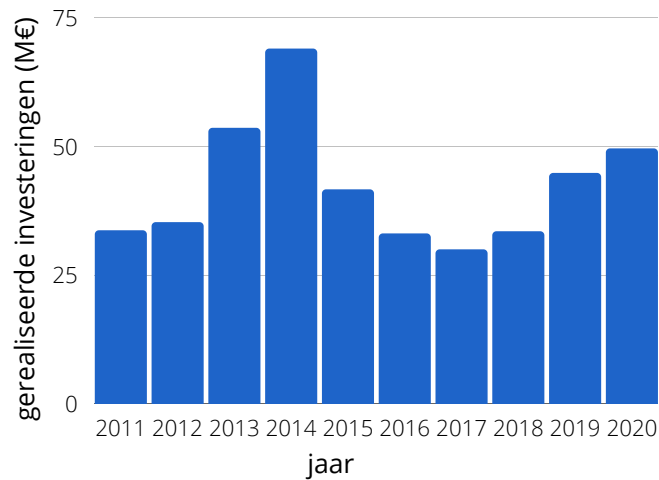
4.1 UGent kader

De UGent beschikt over bijna 250 hectare terreinen, 59 sites, 271 gebouwen en 90 hectare vloeroppervlakte (Figuur 4.3). Het UGent patrimonium is zeer divers. Alle types van gebouwen en functies komen voor, van historische monumenten tot *high tech* gebouwen en van studentenhomes tot laboratoria. Daarnaast huurt de UGent 23 700 m² (0.00237 hectare) ruimte op 29 verschillende locaties, voor onder andere kantoren, parkeerplaatsen en wooneenheden voor huisbewaarders.

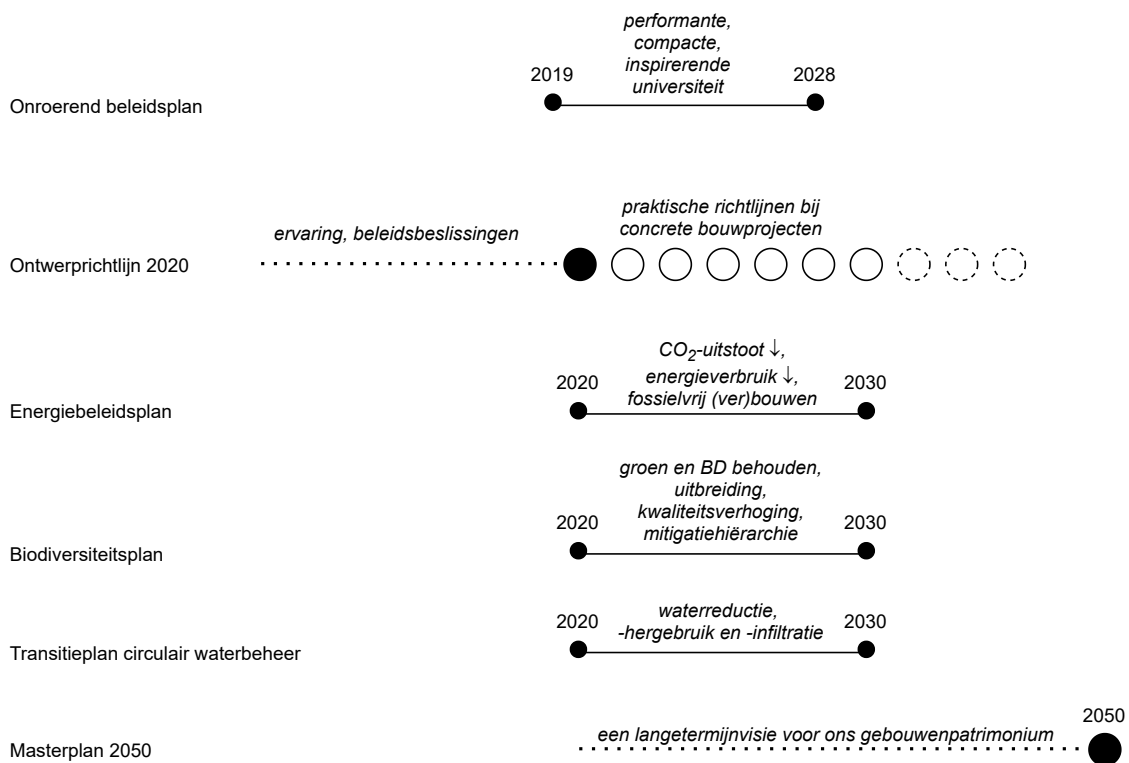
Sinds 2018 gaan de investeringen opnieuw in stijgende lijn (Figuur 4.1). In 2020 investeerde de UGent bijna 50 miljoen euro in nieuwbouw (17 miljoen euro) en renovaties (33 miljoen euro). Hiermee werden twee nieuwbouwen en drie grote renovaties afgewerkt, twee nieuwbouwen en drie groter renovaties zijn in uitvoering en er lopen architectuurstudies voor acht nieuwbouwen en zeven grote renovaties (Tabel 4.1). Kleinere restauraties en verbouwingen zijn hier buiten beschouwing gelaten.

Ruimte is kostbaar en de financiële middelen zijn beperkt. Instandhouding van het patrimonium vraagt jaarlijks een budget van ongeveer 37 miljoen euro, investeringen voor verbeteringen zijn afgerond 10 miljoen euro per jaar en voor exploitatiekosten komt het jaarlijks op ongeveer 43 miljoen euro. Bij exploitatiekosten horen de kosten voor elektriciteit, gas en water (EGW) en de kosten voor schoonmaak van de gebouwen.

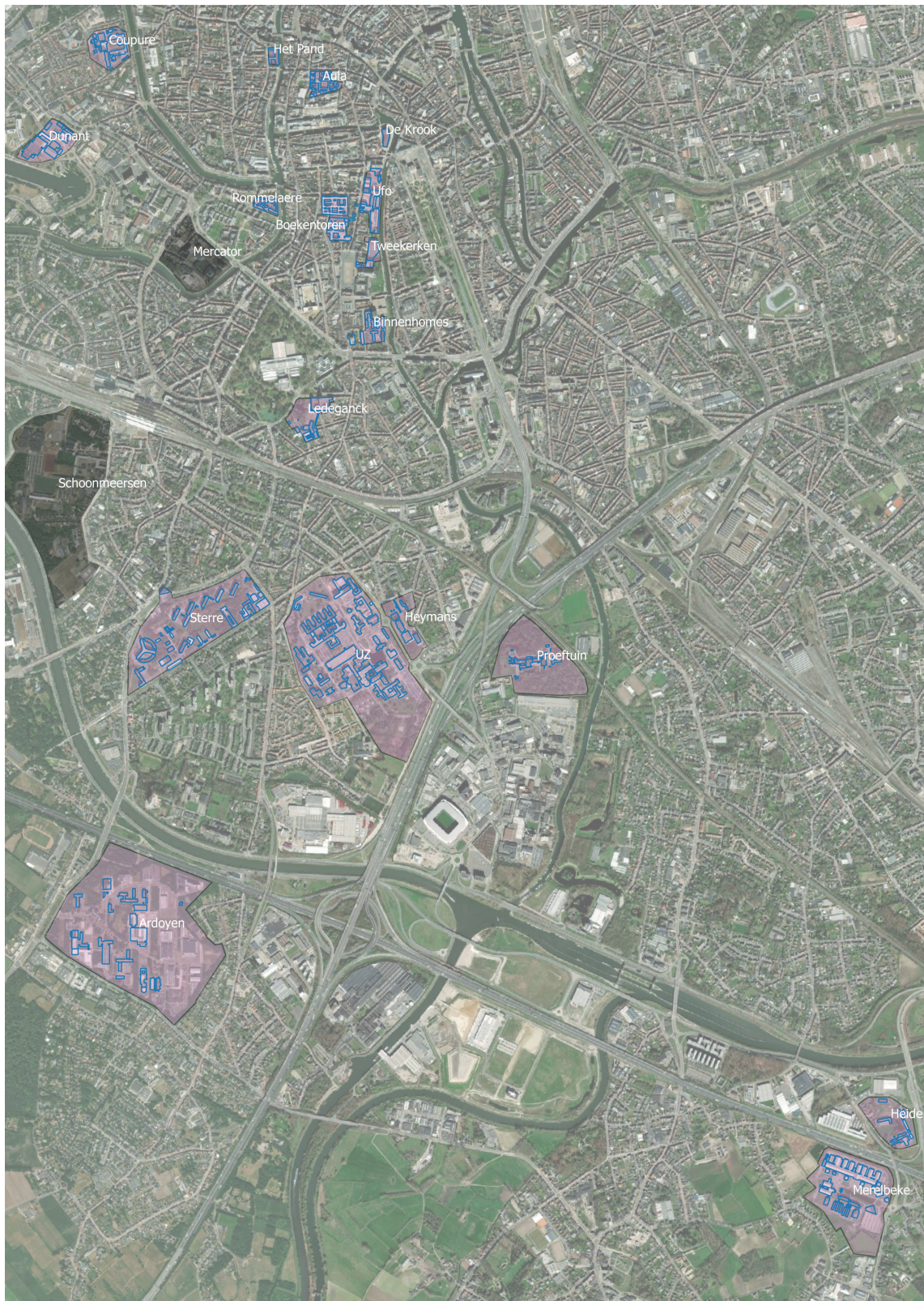
De UGent schaaft zich achter de EU-ambitie om klimaatneutraal te zijn tegen 2050 en zet sterk in op duurzaam bouwen. Verschillende aspecten worden aangehaald in verscheidene documenten (Ontwerprichtlijn, Energiebeleidsplan, Biodiversiteitsplan, Transitieplan circulair waterbeheer en Masterplan 2050) (Figuur 4.2). Figuur 4.4 geeft een overzicht van enkele veelvoorkomende elementen. Bepaalde aspecten beïnvloeden elkaar, positief of negatief. De criteria zijn enigszins gerangschikt volgens de nadruk die gelegd wordt of de frequentie van voorkomen (kwalitatieve evaluatie).



Figuur 4.1: Gerealiseerde investeringen UGent (jaarrekening) in miljoen euro van de afgelopen tien jaar. Vanaf 2018 zijn de investeringen terug in opmars.



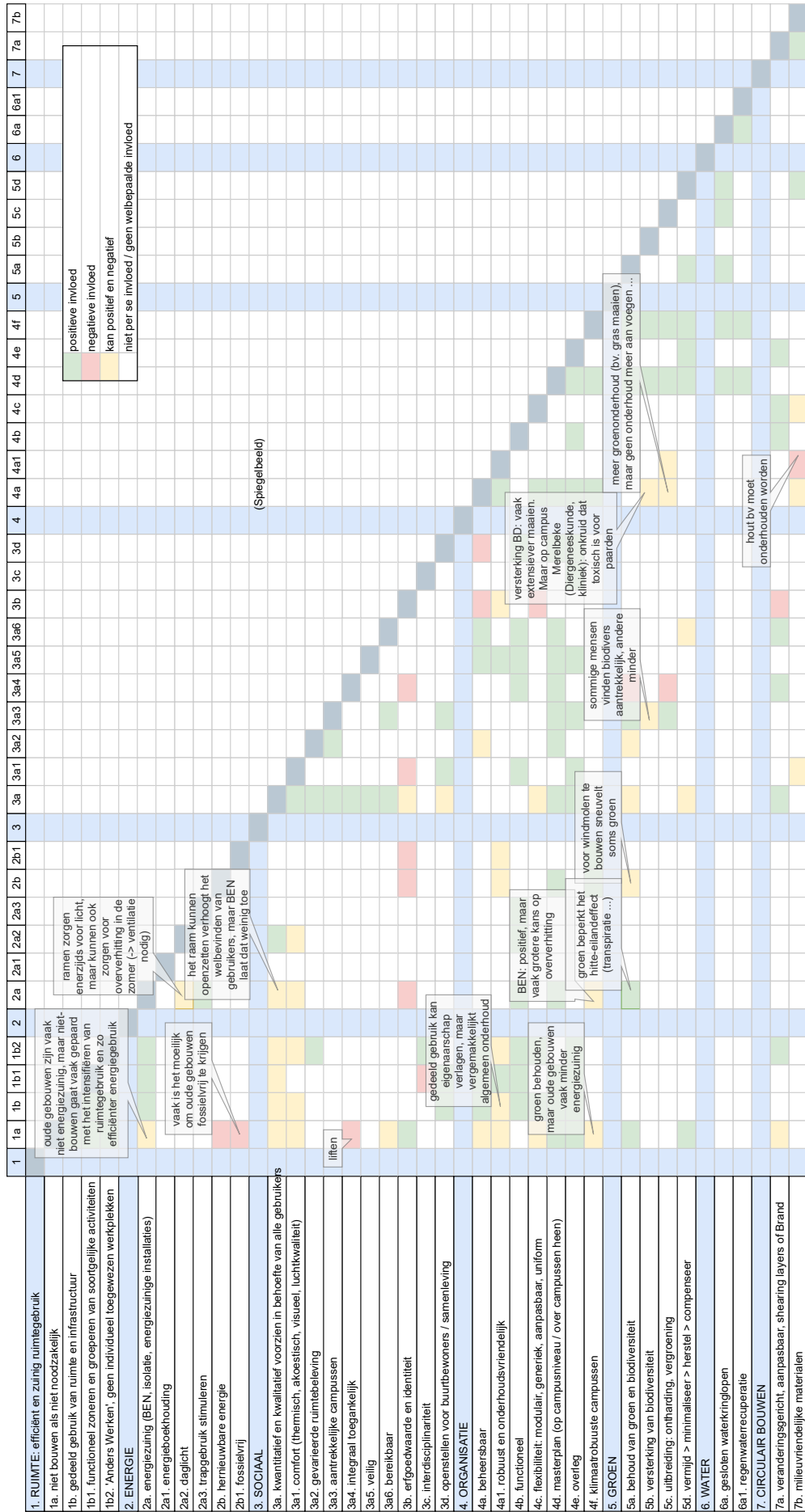
Figuur 4.2: Een conceptueel overzicht van verschillende beleidskaders die hier besproken worden. (Eigen figuur.)



Figuur 4.3: Overzicht van het UGent patrimonium over verschillende campussen in Gent. Het UGent patrimonium beperkt zich echter niet tot Gent. De campussen in Gontrode, Melle, Kortrijk, Oostende en andere zijn niet gevisualiseerd.

		projectkost (M€)	campus	start	ingebruik- name	
Nieuwbouw	UGent-VIB onderzoeksgebouw	35 (17.7 voor UGent)	Ardoyen	2014	2020	afgerond
	practica	12.2	Heymans	2013	2020	
Renovatie	GUM	16.1	Ledeganck	2011	2020	
	Dunantlaan 1	5.4	Dunant	2015	2020	
	resto De Brug	7.7	Ufo	2012	2020	
	Capture	12.6 (1.8 voor UGent)	Eiland Zwijnaarde	2015	2021	in uitvoering
	Veg-i-Tec	7.5 (4.3 voor UGent)	Kortrijk	2015	2021	
	S1	7.4	Sterre	2012	2021	
	Boekentoren	49.3	Boekentoren	2007	2021	
	Technicum	24	Ufo	2013	2021	
	Blok B	19	UZ	2016	2022	architectuurstudie lopende
	Campusgebouw	6.4	Kortrijk	2017	2023	
	SPN 47/49	4.7	Ufo	2016	2023	
	SPN 51					
	Nieuwbouw voor FBW	38.3	Proeftuin	2015	2024	
	gebouw Chevron loods	9	Ardoyen	2019	2024	
	Voldersstraat/Korte Meer	3.6	Aula	2019	2024	
	Aula en Voldersstraat 9	11.4	Aula	2016	2025	
	S11	47.3	Sterre	2018	2025	
	Rommelaere	7.6	Rommelaere	2019	2026	
	Plateau-Rozier	6.4	Boekentoren	2014	2029	
	2 Studentenhomes	47.3	Sterre, Heymans, binnenhomes	2016	2032	
	4 Studentenhomes					

Tabel 4.1: Overzicht grote bouwwerken 2020, met hun projectkost in miljoen euro, de campus, start van het project (goedkeuring, opportuniteit of projectdefinitie) en (geplande) ingebruikname (indicatief). VIB = Vlaams Instituut voor Biotechnologie, GUM = Gents Universitair Museum, BEN = bijna-energie neutraal, FBW is faculteit bio-ingenieurswetenschappen en SPN = Sint-Pietersnieuwstraat.



Figuur 4.4: Overzicht van de belangrijkste elementen (kwalitatieve evaluatie) bij nieuwbouw in de UGent beleidskaders, hun eventuele invloeden op elkaar en enkele verklaringen ("Invloedmatrix").

4.1.1 UGent Ontwerprichtlijn 2020

De UGent Ontwerprichtlijn 2020 kan gezien worden als een UGent versie van de GRO en dient voor het nastreven van een uniform kwaliteitsniveau bij concept, bouw en exploitatie van UGent bouw- en renovatieprojecten. Het geldt niet als regelgeving, maar uitvoerders moeten keuzes verantwoorden wanneer die afwijken van de voorschriften in de Ontwerprichtlijn. De Ontwerprichtlijn bundelt aandachtspunten, keuzes en eisen die het gevolg zijn van jarenlange ervaring enerzijds en beleidsbeslissingen omwille van een groeiende bekommernis voor welzijn en milieu anderzijds.

"Van grijze binnenkoeren naar aangename binnenplaatsen met groen en bomen, parkings worden onthard, er worden looppaden aangelegd en zitbanken geplaatst."

Eén van de uitgangspunten van de Ontwerprichtlijn is het **Toetsingskader ruimtelijk beleid UGent**. Dit toetsingskader gaat na hoe de bestaande ruimte optimaal benut kan worden op macro-, meso- en microniveau. Op macroniveau wordt de samenwerking geanalyseerd met andere hogeronderwijsinstellingen in Gent, met stad Gent en met de provincie. Op mesoniveau wordt gekeken naar de samenwerking tussen verschillende UGent campussen en faculteiten en op microniveau wordt de samenwerking binnen campussen en faculteiten geëvalueerd. Enkele zaken die aan bod komen op de verschillende niveaus zijn gedeeld gebruik en flexibiliteit om snel te kunnen inspelen op wisselende behoeften.

Een ander belangrijk uitgangspunt van de Ontwerprichtlijn is het **Onroerend beleidsplan 2019-2028**. Dit beleidsplan streeft naar een performante, compacte en inspirerende universiteit (Figuur 4.5). Dit betekent onder andere duurzaam renoveren en bouwen, efficiënt en zuinig ruimtegebruik, kwaliteitsvolle buitenruimte en ruimte voor ontmoeting en samenwerking. Het delen van ruimte en infrastructuur wordt gestimuleerd door onder andere in te zetten op het functioneel zoneren en groeperen van gelijkaardige activiteiten. Het onroerend beleidsplan 2019-2028 wordt planmatig vertaald in "investeringsplan 3".

Andere uitgangspunten zijn het bedrijfsvervoerplan dat inzet op een duurzame *modal split* (van de auto naar fiets en openbaar vervoer), het plan 'Anders Werken' waarin oppervlaktenormen gelden (kader 4.1), het plan 'Activerend Leren' waarin innovatieve onderwijsvormen een belangrijk middel zijn en het integraal diversiteitsbeleid waarin fysieke toegankelijkheid van gebouwen voor rolstoelgebruikers een belangrijke rol speelt.



Figuur 4.5: De drie pijlers van het Onroerend beleidsplan 2019-2028.

Kader 4.1: Anders Werken

In het 'Anders Werken' beleid dat in maart 2016 goedgekeurd is door de Raad van Bestuur en in tussentijd verder verfijnd wordt, wordt afgestapt van individueel toegewezen werkplekken. Het gaat uit van een *clean desk* principe waarbij een variatie aan werk- en overlegplekken voorzien wordt om tegemoet te komen aan verschillende behoeften. Hierbij streeft de UGent naar een logische zonering, voldoende ruimte voor individueel geconcentreerd studiewerk, interactie tussen academici en studenten en het voorbehouden van de mooiste locaties voor gemeenschappelijk gebruik. Een belangrijk element van het 'Anders Werken' beleid zijn oppervlaktenormen (kader 4.2).

Kader 4.2: Oppervlaktenormen

In de UGent kaders spelen oppervlaktenormen een belangrijke rol. Deze geven de benodigde oppervlakte weer per 'voltijdse equivalent' (VTE) voor kantoren en labo's:

- maximumnorm kantooroppervlakte: 10m² per voltijdse equivalent (VTE);
- maximumnorm kantoorondersteunende ruimte: 2m² per VTE (overlegruimte, kopieerlokaal, kantoorberging, verbruikruimte/verpozingsruimte, kitchenette);
- maximumnorm labo-oppervlakte: 18m² per VTE.

[Deze normen gaan uit van een werkplekratio van 70% en zijn exclusief hoofdonthaal, centraal archief, bibliotheek, PC-lokalen, leszalen en facultaire en centrale vergaderzalen.]

Een aantal aspecten die vaak terugkomen doorheen de Ontwerprichtlijn worden weergegeven in tabel 4.2. Verder spelen gesloten waterkringlopen en regenwaterrecuperatie een belangrijke rol en vraagt de Ontwerprichtlijn om trappen uitnodigend te maken zodat het gebruik van de trap in plaats van de lift gestimuleerd wordt. Ook haalt de Ontwerprichtlijn aan dat er idealiter een masterplan wordt opgemaakt voor de campus. Naast de UGent kaders verwijst de Ontwerprichtlijn ook naar relevante wetgeving.

Wegens onderhoudsredenen en eventueel gebrek aan robuustheid worden biogebaseerde bouwmaterialen zoals hout en kurk op veel plaatsen uitgesloten. Enkel voor binnendeurlijsten vraagt de Ontwerprichtlijn massief hardhout, maar zelfs voor buitenmeubilair vraagt de Ontwerprichtlijn om geen hout te gebruiken.

onderhoudsvriendelijk	veranderingsgericht	veilig	daglicht
robuust	aanpasbaar	functioneel	groen (verharding enkel waar nodig)
duurzaam (lang meegaand en milieuvriendelijk)	generiek	bereikbaar	overleg
beheersbaar	uniform	toegankelijk	BEN en fossielvrij

Tabel 4.2: Enkele belangrijke elementen in de Ontwerprichtlijn.

Opvallend is dat de Ontwerprichtlijn niet expliciet verwijst naar het Biodiversiteitsplan (paragraaf 4.1.3) dat in maart 2020 werd goedgekeurd door het bestuurscollege van de UGent. Ook het Energiebeleidsplan (paragraaf 4.1.2) wordt niet expliciet vermeld bij de uitgangspunten, maar hier wordt wel naar verwezen in de inleiding.

4.1.2 Energiebeleidsplan 2020-2030

In 2020 werd 20% van het totale elektriciteitsverbruik (12 miljoen kWh) opgewekt door de drie windturbines op campus Proefhoeve, 2% werd geproduceerd door de warmtekrachtkoppelingeninstallaties (WKK) en 1% (0.5 miljoen kWh) door de zonnepanelen op enkele UGent-daken (Figuur 4.6). Het merendeel (77%) van de afgenomen elektriciteit was aangekochte groene stroom. Daarvan kwam 80% uit waterkracht, 10% uit WKK productie, 4.5% uit aardwarmte en 5.5% uit biomassa (zowel uit afval als uit land- en bosbouw) (Energiejaarrapport 2020).

De verwarming van de gebouwen gebeurde in 2020 hoofdzakelijk met aardgas (81%). Daarnaast kwam 15% van de warmte van het warmtenet van Luminus en 1% van stookolie. Verwarming via warmtepompen (0.5%) en WKK (1.2%) gebeurt nog minimaal.



Figuur 4.6: Overzicht van de UGent gebouwen met hun eventuele alternatieve energiebron.

Het Energiebeleidsplan, goedgekeurd door het bestuurscollege in juni 2019, stelt drie specifieke doelstellingen voorop voor de periode 2020-2030: (1) de totale CO₂-uitstoot ten gevolge van gebouwverwarming en elektriciteitsvoorziening reduceren met gemiddeld 1.5% per jaar, (2) het energieverbruik jaarlijks reduceren door een efficiënter ruimte- en energiegebruik, en (3) fossielvrij bouwen en renoveren. Jaarlijks worden de doelstellingen en maatregelen opgevolgd en eventueel bijgesteld.

In de praktijk wordt er ingezet op het verdichten en inbreiden van het patrimonium en op het zorgen dat nieuwe gebouwen en totaalrenovaties energiezuiniger worden gerealiseerd en waar mogelijk afgekoppeld worden van fossiele energie. Er wordt gewerkt aan basisconcepten of standaarden voor labo's die moeten toelaten om het gebouw aanpasbaar en *future proof* te maken. In plaats van elk labo te ontwerpen op maat van de gebruiker, worden labo's modulair ingericht en beperkt maatwerk zich tot het meest noodzakelijke. Gedeeld gebruik van infrastructuur, toestellen, materiaal en diensten (*core facilities*), alsook van practicumruimtes staat centraal. Er worden energietransitieplannen opgemaakt voor verschillende campussen om te evolueren naar fossielvrije campussen.

In het opvolgingsrapport 2020 wordt gesteld dat het grote knelpunt het bestaande patrimonium blijft. Er blijven in het investeringsplan weinig middelen over om gebouwen energiezuinig te maken. Terwijl er nog steeds een aanzienlijke uitbreiding van het patrimonium op het programma staat de komende tien jaar (54 000m² in investeringsplan 3), worden verschillende hoognodige totaalrenovaties en afbraakwerken uitgesteld.

4.1.3 Biodiversiteitsplan 2020-2030

Een ander belangrijk beleidsplan, goedgekeurd in maart 2020, is het Biodiversiteitsplan 2020-2030. Hiermee engageert de UGent zich voor het behoud van het aanwezige groen en biodiversiteit op haar terreinen, een uitbreiding en kwaliteitsverhoging van het groen, en het hanteren van groen en biodiversiteit als een volwaardige leidraad bij beleidsbeslissingen.

Hiervoor worden vijf strategische pijlers naar voren geschoven: (1) aangepaste inrichting en beheer van groen en biodiversiteit op de campussen met behulp van beheerplannen, (2) integratie en verankering van groen en biodiversiteit in beleidsbeslissingen over ontwikkelingsprojecten op basis van de mitigatiehiërarchie (Kader 4.3), (3) meten en opvolgen, (4) communicatie en betrokkenheid, en (5) inzetten van UGent-expertise via een werkgroep biodiversiteit.

Kader 4.3: Mitigatiehiërarchie

De mitigatiehiërarchie moet helpen om groen en biodiversiteit te verankeren in beleidsbeslissingen. Deze is opgebouwd uit vier bouwstenen, waarbij eerst alles moet ingezet worden op de eerste bouwsteen, dan overgegaan kan worden naar de tweede, dan naar de derde, en enkel als laatste redmiddel naar de vierde. De bouwstenen zijn: Vermijden, Minimaliseren, Herstellen, en Compenseren. Hiervoor wordt (1) voor de locatie van bouwwerken voorkeur gegeven aan wat nu al verhard is, (2) de oppervlakte, intensiteit en de duur van de impact beperkt, (3) de negatieve impact op groen en biodiversiteit hersteld binnen de voetafdruk van het ontwikkelingsproject, en (4) bij het compenseren een grotere vermenigvuldigingsfactor gebruikt voor de compensatieoppervlakte naargelang de waarde van het aangetaste groen.

4.1.4 Transitieplan circulair waterbeheer 2020-2030

Het Transitieplan circulair waterbeheer 2020-2030 werd goedgekeurd door de Raad van Bestuur in mei 2021 en is bijgevolg nog niet opgenomen in de Ontwerprichtlijn. Toch is ook dit plan een belangrijk beleidsplan voor het streven naar klimaatrobuuste UGent campussen (Kader 4.4).

In 2019 komt 92.3% van het gebruikte water aan de UGent van leidingwater, 4.3% van regenwater, 2.3% van grijswater (hergebruikt water na zuivering) en 1% van grondwater. Met het Transitieplan circulair waterbeheer 2020-2030 engageert de UGent zich voor een integraal waterbeleid dat waterkringlopen zoveel mogelijk lokaal sluit en de gevolgen van de klimaatverandering mildert. Hiervoor wordt onder meer gestreefd naar een reductie van het leidingwater van 15% tegen 2030 (ten opzichte van 2020), *water fit for use* (geen leidingwater gebruiken waar dat niet nodig is) en ruimte maken voor water door verharding te vermijden. Bij nieuwbouwprojecten en renovatie wordt gestreefd naar 80% hergebruik van water.

Kader 4.4: Water in Vlaanderen

Het *World Resources Institute* stelt dat Vlaanderen onder *extremely high water stress* staat. Dit komt onder meer door de hoge bevolkingsdichtheid, veel verharding, grootschalige drainage van (landbouw)gronden, veel aangesneden open ruimte, een groot aantal waterintensieve bedrijven en een slechte waterkwaliteit. Om klimaatrobuuster te worden, moet ingezet worden op ontharding, bufferen van regenwater en laten infiltreren in de ondergrond, hergebruik van water en

een betere dooradering van groengebieden en water in het landschap (blauw-groene netwerken). Daar streeft ook de Vlaamse Regering naar met haar Blue Deal (juli 2020).

4.1.5 UGent Masterplan 2050

"De vraag is niet hoe groot een aula moet zijn. De vraag is wat je ermee wilt bereiken. Niet hoeveel ruimtes je nodig hebt, maar of ze optimaal en in verhouding tot elkaar zijn bedacht" (UGent Masterplan 2050).

Om de UGent campussen verder duurzaam te ontwikkelen, werkt de UGent aan een 'ruimtelijk masterplan 2050', een langetermijnvisie voor het gebouwenpatrimonium. Er worden antwoorden gezocht op verschillende vragen zoals hoe er vorm en ruimte gegeven kan worden aan de kerntaken van de universiteit in een snel evoluerende wereld, wat de fysieke plaats is van de UGent in de stad en in de samenleving, welke gebouwen nog voldoende kwaliteit hebben om gerenoveerd te worden, hoe de beschikbare ruimte optimaal wordt ingevuld en hoe de UGent in de komende dertig jaar kan transformeren naar het gewenste eindbeeld.

Het masterplan moet een punt aan de horizon leggen dat aangeeft waar we naar toe willen met onze universiteit en zo ook met ons patrimonium. In een klankbordgroep bestaande uit diverse belanghebbenden (bestuurders, experts, Stad Gent, gebruikers, beleidsmedewerkers ...) wordt een visie uitgewerkt in functie van bestemming, duurzaamheidsambities, ruimtenoden en andere. Vanuit die visie wordt een stappenplan opgesteld met concrete en gefaseerde acties en verschillende scenario's om de doelstelling voor 2050 te behalen.

Als eerste stap is een handvest 'UGent Verbeeldt 2050' opgesteld waarin principes en krijtlijnen worden uitgezet om de keuzes richting te geven. Er worden drie stelregels geformuleerd: 'Kennis en inzicht creëren en delen', 'Samenwerken, samen denken, samenkomen', en 'Openheid naar universiteit, stad en samenleving'.

Interdisciplinariteit wordt als noodzakelijk beschouwd. Terwijl verschillende disciplines vaak in afzonderlijke gebouwen zitten, vragen de grote uitdagingen en complexiteiten van deze tijd samenwerking, uitwisseling en interactie tussen verschillende disciplines en mensen met verschillende talenten. Daarom worden er aantrekkelijke plekken gecreëerd waar mensen elkaar ontmoeten, waar interacties gestimuleerd worden en waar mensen zich veilig en goed voelen. De gebouwen en campussen zijn integraal toegankelijk en een gevarieerde ruimtebeleving komt tegemoet aan verschillende noden. De diversiteit van ons patrimonium is daarin een grote troef.

Campussen worden gezien als onderdelen van de stad en worden opengesteld voor buurtbewoners. De wisselwerking met de stad is een tweerichtingsverkeer. Stad en universiteit delen ruimte en infrastructuur en de universiteit maakt geen ruimtes bij die elders beschikbaar zijn.

Naast de drie stelregels, schetst het handvest drie transities van de 21ste eeuw: Duurzaamheid, Digitalisering en Mobiliteit.

Rond duurzaamheid worden de klimaattransitie, energietransitie en circulariteit besproken. Verschillende aspecten die hierboven reeds zijn aangehaald zoals ruimte-efficiëntie, samengebruik en verlagen van de energievraag komen terug. Er wordt enkel bijgebouwd als het echt niet anders kan en vergroening en ontharding moeten de UGent klimaatrobuuster maken en het stedelijk hitte-eiland effect beperken. In het handvest gaat ook aandacht naar circulair en bewust bouwen:

“We willen op een holistischere en systemische manier omgaan met onze infrastructuur. Daarvoor moet het circulaire gedachtegoed de nieuwe norm worden. Dat betekent dat we bewust omgaan met materialen en materiaalstromen, maar evenzeer flexibel genoeg bouwen zodat gebouwen adaptief zijn voor toekomstige invullingen en veranderende ruimtenoden.”

Qua mobiliteit gaat aandacht naar de verbondenheid tussen campussen en de bereikbaarheid van campussen met de fiets en openbaar vervoer. Omdat de digitaliseringstransitie minder dwingende ruimtelijke parameters heeft, wordt deze niet verder onderzocht in deze fase van de opmaak van het Masterplan 2050.

De bedoeling is om vanuit het handvest te komen tot het definiëren van een betekenis- en waardevol kernpatrimonium van campussen en gebouwen. Op campusniveau worden onder andere de bereikbaarheid, de ruimtelijke en maatschappelijke kwaliteit en de verdichtingscapaciteit in kaart gebracht. Op gebouwniveau worden zowel de bouwtechnische als de energetische kwaliteit, het comfort, polyvalentie, de toegankelijkheid en de architecturale waarde geïnventariseerd. Daarnaast wordt ook zowel op campusniveau als op gebouwniveau het potentieel ingeschat om te kunnen evolueren naar een *future proof* campus of gebouw, rekening houdende met de verschillende transitieën. Ook wordt er nagedacht over hoe om te gaan met de sites die minder strategisch zijn om de verschillende transitieën waar te maken.

4.1.6 Workflow van investeringsprojecten aan de UGent

Algemeen zijn er twee insteken van waaruit bouwwerken kunnen worden aangevraagd. Dit kan zijn op vraag van de Directie Gebouwen en Facilitair Beheer (DGFB) zelf ofwel op vraag van de gebruikers (faculteiten of directies). Het proces bestaat algemeen uit zes fasen: projectidentificatie, voorstudie, studie, procedurefase, uitvoering en nazorg (Figuur 4.7).

Na de projectidentificatie (door DGFB of door de gebruikers) volgt de voorstudie. Hierin werkt de projectleider van het DGFB-Projectbureau samen met de aanvrager de aanvraag verder uit. De opportuniteit wordt onderzocht door middel van een oppervlaktebehoeftestudie. Daarin wordt de bestaande situatie afgetoetst aan de bestaande oppervlakenormen (Kader 4.2) en wordt er gekeken of er alternatieven zijn en zo een bouwwerk vermeden kan worden. De bouwcommissie (Kader 4.5) geeft op gepaste tijdstippen advies en het bestuurscollege (Kader 4.6) beslist. Het koppelen van de vraag aan een antwoord vormt de projectdefinitie, met een indicatie van het programma, de doelstelling, de kostprijs en de timing. Het projectbudget wordt vastgelegd op de geraamde kostprijs (werken, erelonen en een bedrag voor onvoorziene zaken (6-7.5%)). Er wordt een projectteam samengesteld bestaande uit de projectleider en afgevaardigden van de toekomstige gebruikers. Daarnaast wordt er bepaald of de studie (fase 3) intern zal gebeuren door DGFB of door een extern studiebureau.

Kader 4.5: Bouwcommissie

Een belangrijke rol bij bouwprojecten is weggelegd voor de bouwcommissie. De bouwcommissie bestaat uit de rector of vicerector (voorzitter), de logistiek beheerder, de directeur DGFB, een vertegenwoordiger uit de alfa-, beta- en gamma-faculteiten, specialisten (architecten, technische mensen, een jurist) en vertegenwoordigers van de verschillende geledingen in de Raad van Bestuur (studenten, professoren, assistenten, administratief en technisch personeel en externen).

Kader 4.6: Bestuurscollege

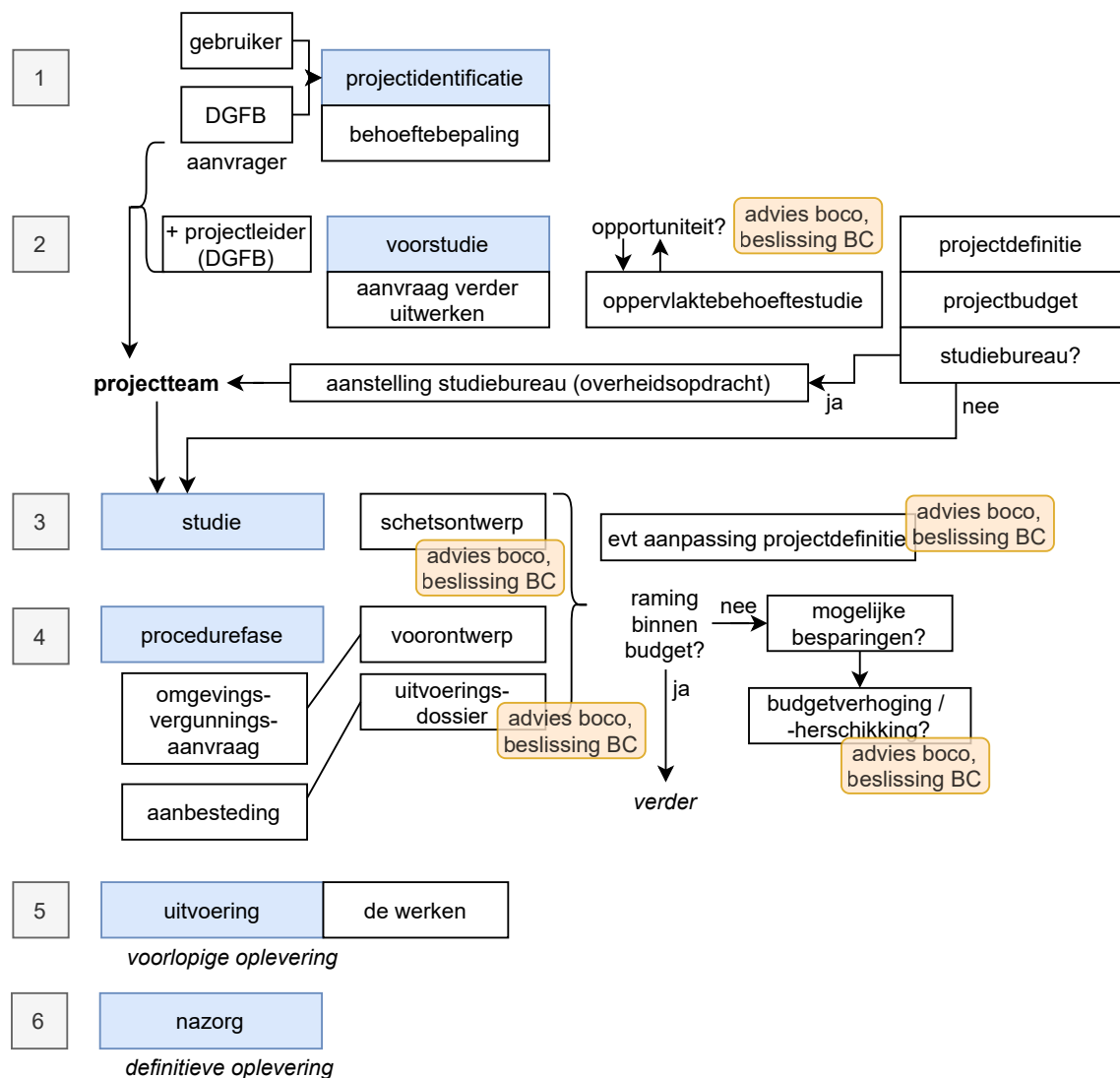
Het bestuurscollege is het hoogste operationele orgaan van de UGent. Het bestaat uit de rector, vicerector en vertegenwoordigers van de verschillende geledingen in de Raad van Bestuur.

Na de voorstudie kan de derde fase (Studie) van start gaan. Dit is algemeen de grootste stap en bestaat uit drie delen: schetsontwerp, voorontwerp en uitvoeringsdossier. Het schetsontwerp is een eerste schetsmatige uitwerking en een ruwe kostenraming.

HOOFDSTUK 4. RESULTATEN

Enkele varianten worden voorgesteld. Na consensus over het schetsontwerp volgt het voorontwerp waarin meer details worden uitgewerkt. Bij beëindiging van het voorontwerp wordt de omgevingsvergunningsaanvraag gericht. Het uitvoeringsdossier vervolgens is een volledig technische uitwerking, de opmaak van de bestekken en een gedetailleerde kostenraming. Als de raming binnen het budget valt, kan overgegaan worden naar Fase 4. Als er een budgetoverschrijding is, moet het opnieuw onderhandeld of herbekeken worden en worden er eventueel enkele besparingsrondes uitgevoerd om binnen het projectbudget te blijven.

In de procedurefase gebeurt naast de omgevingsvergunningsaanvraag de aanbesteding (onder meer de gunning aan een aannemer). Fase 5 is de uitvoeringsfase waarin de werken gebeuren en Fase 6 tot slot is de nazorg die loopt tot één jaar na de voorlopige oplevering.



Figuur 4.7: Workflow van investeringsprojecten aan de UGent. DGFB = Directie Gebouwen en Facilitair Beheer, boco = bouwcommissie, BC = Bestuurscollege.

4.2 Casestudy: Nieuwbouw FBW op campus Proeftuin (GRO)

In deze paragraaf wordt de GRO toegepast op een case study waarbij de hierboven besproken UGent beleidskaders in rekening worden gebracht. Tabel 4.3 geeft een overzicht van de GRO, de mate waarin de UGent Ontwerprichtlijn 2020 naar de verschillende GRO-criteria verwijst en de prestatieniveaus betreffende de case study van de nieuwbouw op campus Proeftuin. De UGent Ontwerprichtlijn is gebaseerd op de GRO 2017 terwijl in dit onderzoek de GRO 2020 wordt toegepast. Zoals besproken in paragraaf 3.3 zijn deze licht verschillend. Belangrijke specifieke verschillen worden aangegeven in de relevante paragrafen.

Kader 4.7: Een expliciete verwijzing naar GRO-criteria in de UGent Ontwerprichtlijn

In de Ontwerprichtlijn staan verschillende verwijzingen naar GRO-criteria. Niet bij alle GRO-criteria waar naar verwezen wordt, wordt er een minimum prestatieniveau opgelegd. Een expliciete verwijzing houdt volgende zinsconstructies in: *'In het kader van afvalpreventie en materiaalkeuze hanteren we GRO - MAT 1 en 2', 'Verder zijn de criteria GRO - WAT 1 met betrekking tot het waterverbruik van toepassing', 'Hiervoor verwijzen we naar de criteria TOE 1, LCC 1 en LCC 2 van GRO, die als referentie gehanteerd worden', 'Zie toekomstige aanpasbaarheid GRO - TOE 1', 'conform GRO - TOE 1', 'We verwijzen naar de criteria opgenomen in GRO - TOE 1', 'Pas GRO - TOE 1 met bijhorende checklist toe', 'Voor waterhergebruik worden de criteria conform GRO - WAT 2 toegepast', 'De criteria opgenomen in het GRO - WAT 2 (hergebruik van water) dienen als leidraad'* (zelfde zinsconstructie voor WAT 3).

De GRO-criteria worden in wat volgt opgedeeld in materiaalkeuze, circulair en veranderingsgericht bouwen, energie, en groen. De criteria die niet tot die thema's behoren vallen buiten de scope van dit onderzoek. Hun gegeven score wordt verklaard in figuur 4.9 (de criteria die te maken hebben met de site) of figuur 4.11 (de criteria die te maken hebben met het gebouw), maar er wordt niet dieper op ingegaan.

Per thema wordt een overzichtstabel (figuur) gegeven waarin de relevante informatie zo volledig, beknopt en duidelijk mogelijk wordt weergegeven. In de tekst wordt ingegaan op de voornaamste aspecten. De thematische overzichtstabellen geven ook aan waar de informatie vandaan werd gehaald. Dit is van belang. Zo moet er een onderscheid gemaakt worden tussen de plannen van de case study (concreet), het masterplan van campus Proeftuin (visie) en de UGent Ontwerprichtlijn (richtlijnen).

HOOFDSTUK 4. RESULTATEN

	OWRL	Streefdoel	N16	par	
SITE	MOBILITEIT				
	MOB1. openbaar vervoer	2	op wandelafstand		p
	MOB2. fiets	2	goede fietspaden naar en op site		p
	MOB3. te voet	2	goede paden naar en op site		p
	MOB4. auto	2	goede bereikbaarheid met auto		p
	MAATSCHAPPELIJKE KWALITEIT				
	MA1. synergieën met de buurt	2	inventaris; synergieën		g
	MA2. bodemgebruik		op weinig waardevolle bodems bouwen		g
	MA3. omgeving en voorzieningen	2	toffe omgeving, voorzieningen dichtbij		p
	MILIEU				
MIL1. overstromingsrisico		niet-overstromingsgevoelig gebied		p	
MIL2. buitenluchtkwaliteit		≤ 20µg NO ₂ /m ³		p	
MIL3. buitengeluid	2	≤ 55dB		p	
PEOPLE	BINNENKLIMAAT				
	BIN1. akoestiek	4	goede akoestiek		m
	BIN2. thermisch comfort	2	comfortabel in winter en zomer		e
	BIN3. binnenluchtkwaliteit	4	gezonde binnenlucht		o,m
	BIN4. visueel comfort	4	daglicht		o
	SOCIALE ASPECTEN				
	SOC1. erfgoedwaarde	2		nvt	o
	SOC2. criminaliteitspreventie	2	zichtbaar, eenduidig, toegankelijk, aantrekkelijk		p
	SOC3. integrale toegankelijkheid	2	rolstoelgebruikers, slechthorenden, slechtzienden		o
	GEBRUIKER				
	GEB1. invloed gebruiker	2	comfort individueel beïnvloedbaar		e
	ENERGIEGEBRUIK				
	ENE1. energieprestatie	2	energiezuinig gebouw, performante schil		e
	ENE2. hernieuwbare energie	2	groot aandeel hernieuwbare energie		e
	ENE3. energiezuinige installaties	2	energiezuinige verlichting en toestellen		e
	CLIMATE RESPONSIVE DESIGN				
	CRD1. keep it warm	2	gebruik van zonnewinsten		e
	CRD2. keep cool	2	passieve koeltechnieken (natuurlijke ventilatie, evaporatie)		e
	CRD3. turn off the light	2	daglicht		e
	MATERIAALGEBRUIK				
MAT1. behoud grondstoffen	3	hergebruik aanwezige materialen		c	
MAT2. materiaalkeuze	3	milieuvriendelijke materialen		m	
MAT3. materialenpaspoort	1	(bonus)		c	
WATER					
WAT1. drinkwaterverbruik	3	waterbesparende kranen, meter, ontwerp distributie		g	
WAT2. hergebruik water	3	waterhergebruik		g	
WAT3. waterafvoer	3	vasthouden > bufferen > afvoeren		g	
OMGEVING					
OMG1. biodiversiteit	2	inventarisatie, integratie. inrichtings- en beheerplan		g	
OMG2. impact op omgeving	2	beperken lichtpollutie, beschaduwning, windhinder, hitte-eiland		o	
OMG3. duurzaam werfbeheer	2	milieu beschermen, hinder beperken, afvalplan. risico-analyse		o	
LIFE CYCLE COSTING					
LCC1. onderhoudsvriendelijk ontwerpen	3	robust, stevig, standaardisatie ...		c,g	
LCC2. schoonmaakbewust ontwerpen	3	goede kleurkeuze, reinigbaar ...		m,c,g	
LCC3. energieverbruik	2	energieverbruik, -kosten, CO ₂ -uitstoot berekenen		e	
TOEKOMSTGERICHTHEID					
TOE1. toekomstige aanpasbaarheid	3	veranderingsgericht, shearing layers, demontageplan		c	
TOE2. gebruik door derden		mogelijkheid gebouwen en omgeving open voor derden		o	
BEHEER					
BEH1. energiemonitoring	2	telemeters en dataloggers		e	
GEBOUW PLANET	ENERGIEGEBRUIK				
	ENE1. energieprestatie	2	energiezuinig gebouw, performante schil		e
	ENE2. hernieuwbare energie	2	groot aandeel hernieuwbare energie		e
	ENE3. energiezuinige installaties	2	energiezuinige verlichting en toestellen		e
	CLIMATE RESPONSIVE DESIGN				
	CRD1. keep it warm	2	gebruik van zonnewinsten		e
	CRD2. keep cool	2	passieve koeltechnieken (natuurlijke ventilatie, evaporatie)		e
	CRD3. turn off the light	2	daglicht		e
	MATERIAALGEBRUIK				
	MAT1. behoud grondstoffen	3	hergebruik aanwezige materialen		c
MAT2. materiaalkeuze	3	milieuvriendelijke materialen		m	
MAT3. materialenpaspoort	1	(bonus)		c	
WATER					
WAT1. drinkwaterverbruik	3	waterbesparende kranen, meter, ontwerp distributie		g	
WAT2. hergebruik water	3	waterhergebruik		g	
WAT3. waterafvoer	3	vasthouden > bufferen > afvoeren		g	
OMGEVING					
OMG1. biodiversiteit	2	inventarisatie, integratie. inrichtings- en beheerplan		g	
OMG2. impact op omgeving	2	beperken lichtpollutie, beschaduwning, windhinder, hitte-eiland		o	
OMG3. duurzaam werfbeheer	2	milieu beschermen, hinder beperken, afvalplan. risico-analyse		o	
LIFE CYCLE COSTING					
LCC1. onderhoudsvriendelijk ontwerpen	3	robust, stevig, standaardisatie ...		c,g	
LCC2. schoonmaakbewust ontwerpen	3	goede kleurkeuze, reinigbaar ...		m,c,g	
LCC3. energieverbruik	2	energieverbruik, -kosten, CO ₂ -uitstoot berekenen		e	
TOEKOMSTGERICHTHEID					
TOE1. toekomstige aanpasbaarheid	3	veranderingsgericht, shearing layers, demontageplan		c	
TOE2. gebruik door derden		mogelijkheid gebouwen en omgeving open voor derden		o	
BEHEER					
BEH1. energiemonitoring	2	telemeters en dataloggers		e	

Tabel 4.3: Overzicht van de verschillende GRO-criteria, hun aanwezigheid in de UGent Ontwerprichtlijn 2020 ('OWRL'), hun prestatie in de case study ('N16') en de paragraaf waar het GRO-criterium terugkomt en de gegeven score wordt verklaard: p(roeftuin) = §4.2.1.2, o(ntwerp) = §4.2.1.3, m(aterialen) = §4.2.2, c(irculair) = §4.2.3, e(nergie) = §4.2.4, g(roen) = §4.2.5.

4.2.1 Beslissingsproces

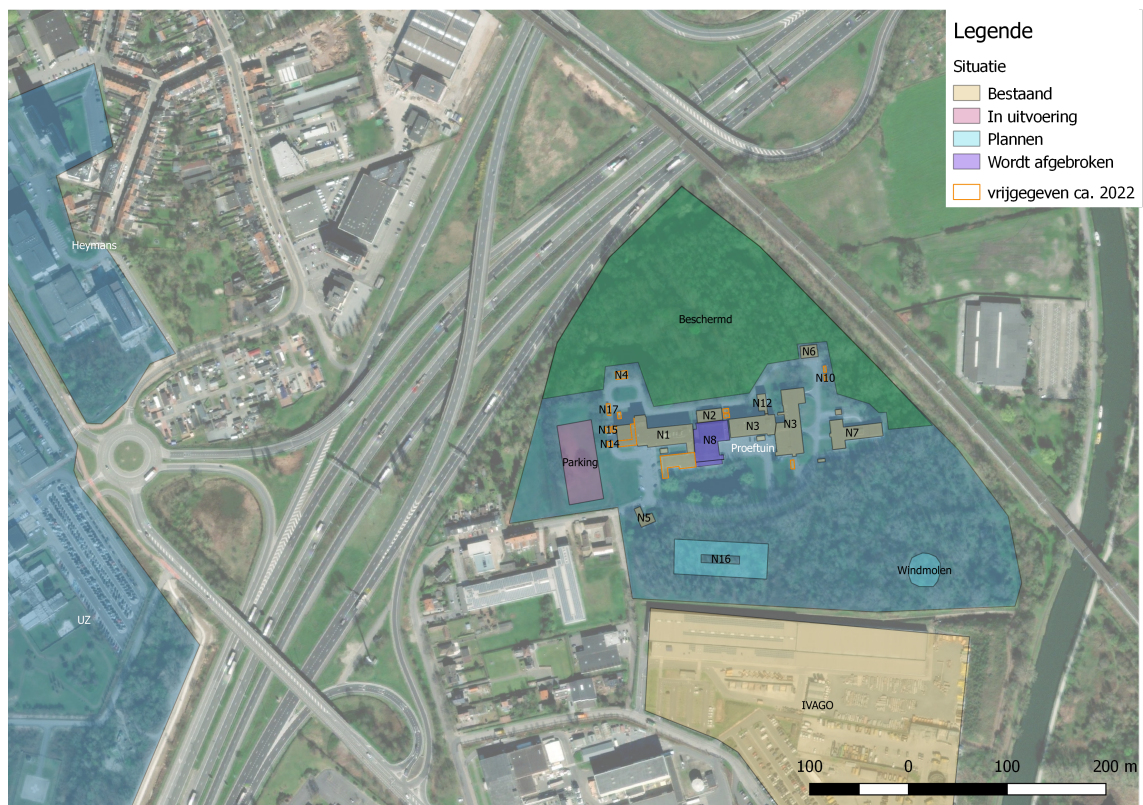
4.2.1.1 Aanleiding: ruimtetekort

In 2012 analyseert DGFB het ruimtegebruik en de ruimtenoden op basis van oppervlakenormen in de verschillende faculteiten. De faculteit bio-ingenieurswetenschappen (FBW) komt er uit als de faculteit met het grootste ruimtetekort. Campus Coupure heeft 23 050 m² terwijl de analyse van het ruimtegebruik op basis van oppervlakenormen aangeeft dat er 28 230 m² nodig is.

In 2015 wordt het investeringsplan 2019-2028 goedgekeurd waarin de nieuwbouw voor de FBW op campus Proeftuin is opgenomen. Het voornaamste doel van de nieuwbouw is een antwoord te bieden op het ruimtetekort. Daarnaast geeft de nieuwbouw ook de kans om campus Schoonmeersen te verlaten en de vakgroep 'toegepaste biowetenschappen' (BW15) ruimtelijk aan te sluiten bij de rest van de FBW. Voor de richtingen biowetenschappen huurt de UGent immers ongeveer 5 000m² ruimte van de Hogeschool Gent (HOGENT) op campus Schoonmeersen. Ook wordt met de nieuwbouw de opportuniteit gezien om de chemische, vervuilende en eventueel gevaarlijke vakgroepen niet langer te huisvesten op campus Coupure en hoogrisico-activiteiten te bundelen buiten de stad.

4.2.1.2 Campus Proeftuin

Hoewel oorspronkelijk verschillende pistes open liggen om een antwoord te bieden aan het ruimtetekort, wordt in 2015 beslist om een nieuwbouw te voorzien op Campus Proeftuin. Campus Proeftuin is het voormalige Instituut voor Nucleaire Wetenschappen (INW), een campus aan de rand van de stad en ingekleurd als industriegebied. In vergelijking met de stadscampus Coupure is deze site bij uitstek geschikt voor activiteiten die bufferruimte, afstand tot woonkernen, discretie en beperkte toegang vereisen. Onderzoek met mogelijks hinderlijke, risicohoudende of grootschalige activiteiten is er mogelijk. De campus heeft een oppervlakte van ongeveer 10 hectare en is ingesloten tussen autostrade, spoorweg, de Schelde en IVAGO ('Intergemeentelijke Vereniging voor Afvalbeheer in Gent en Omstreken') (Figuur 4.8). Het noordelijke en noordoostelijke groen is beschermd waardoor daar niet mag bijgebouwd worden. In het zuiden ligt niet-beschermd bos.



Figuur 4.8: Ruimtelijke situering van campus Proeftuin met aangeven van de situatie en toekomstplannen. Het gebouw N8 (cyclotrongebouw) wordt afgebroken (oorspronkelijke planning: 2021) om het doorzicht door de campus te vergroten en de connectie met het beschermde bos in het noorden te vergroten. Voor de ligging van N16 is rekening gehouden met de inventarisatie van waardevolle groenelementen. (Eigen figuur.)

In mei 2017 zijn er 130 personeelsleden actief op campus Proeftuin. Een aantal gebouwen en lokalen worden vrijgegeven rond 2022. N1 wordt ingericht als laboratoria, leslokalen en kantoren voor de FBW. Terwijl de bacheloropleidingen en de minder labogerichte opleidingen op Campus Coupure blijven, zullen de vakgroepen BW23-Voeding, BW24-Groene Chemie en BW25-Biotechnologie gehuisvest worden in de nieuwbouw op campus Proeftuin. In de keuze van de verhuizende vakgroepen zijn twee factoren bepalend. De eerste factor is de intentie om zoveel mogelijk synergieën toe te laten tussen de vakgroepen. Dit maakt het wenselijk om de potentiële verhuizers thematisch te linken aan elkaar. De tweede doorslaggevende factor is dat de risicovolle activiteiten van in de oude Blok B op campus Coupure zullen verhuizen naar een nieuwbouw buiten de stad.

In januari 2017 wordt de studie gegund aan de Burgerlijke Maatschap van SVR-ARCHITECTS nv, Exilab nv, en Fraeye & Partners nv. De studiefase loopt nog. Het schetsontwerp werd goedgekeurd in 2018 en het voorontwerp werd midden 2020 voorgelegd aan de bouwcommissie. Het uitvoeringsontwerp werd nog niet goedgekeurd.

Kader 4.8: Campus Proeftuin in het masterplan 2050

In de opmaak van het masterplan 2050 (paragraaf 4.1.5) worden de campussen geordend aan de hand van verschillende parameters. Campus Proeftuin scoort op verschillende elementen niet goed (Tabel 4.4).

Alvorens de plannen van een specifiek gebouw te starten, gaat het studiebureau in mei 2017 van start met een masterplan voor campus Proeftuin. Naast de welbepaalde nieuwbouw, bekijkt het studiebureau het expansiepotentieel op de campus. De kerngedachte in het masterplan is een stimulerend ecosysteem creëren voor onderzoek en innovatie binnen de draagkracht van de omgeving en met behoud van het parkkarakter en versterking van bestaande landschapselementen. De bedoeling is om zoveel mogelijk nuttige vloeroppervlakte te creëren terwijl het parklandschap intact gehouden wordt en een campusgevoel gestimuleerd wordt. Centraal komt een open ontmoetingsruimte en het autoverkeer wordt aan de rand gehouden om een veilige en aangename campus te creëren. In het kader van expansiemogelijkheden worden richtlijnen gegeven rond de maximaal toe te voegen bruto vloeroppervlakte (37 000 m²) om het groene karakter te vrijwaren, en maximaal vijf bovengrondse bouwlagen. Bij voorkeur wordt doorzicht en doorgang tussen de gebouwen voorzien in functie van het contact met de centrale ruimte.

HOOFDSTUK 4. RESULTATEN

	parameters	criterium	gradatie (min-max score)	
kerntaken universiteit	Boekentoren, Ledeganck, Ufo > Coupure, Sterre > ... > Rommelaere > ... > Proeftuin			
	mate van verwevenheid van bachelor studenten van alfa, beta, gamma	hoe meer verweven, hoe beter	1 = campussen waar geen onderwijs aan BA-studenten	2 = bachelor studenten van 1 faculteit 5 = BA-studenten van alle stromingen
	mate van specialisatie (specifieke infrastructuur) (bv animalarium, klimaatkamer, labo, serre, bib)	hoe meer, hoe beter	1 = 0-5% van totale m ²	5 = >30% van de oppervlakte
	erfgoed en architecturale waarde	hoe hoger, hoe beter	1 = banaal gebouw 2 = specifiek 3 = beeldbepalend	5 = beschermd monument
duurzaamheid	Ledeganck, Dunant, Sterre, Proeftuin > Ardoyen, Heymans, UZ, Ufo, Coupure > Boekentoren ... > Tweekerken ... > Aula ... > ... Rommelaere			
	energetische kwaliteit gebouwen	hoe hoger, hoe beter	1 = zeer moeilijk te renoveren	4 = hoog potentieel ter verbetering
	onverharde buitenruimte	hoe meer, hoe beter	1 = <20%	5 = >80%
	biodiversiteit	hoe meer potentieel, hoe beter	-0.5 = geïsoleerde tuin	+0.5 = rechtstreeks contact met groenblauwe corridor
flexibiliteit en polyvalentie	hoe meer, hoe beter			
mobiliteit	Ledeganck, Boekentoren, Ufo, Aula, Tweekerken > Sterre, UZ, Coupure, Rommelaere > Dunant > Ardoyen > Proeftuin			
	voetgangers	hoe aangenamer de omgeving en voorzieningen dichtbij, hoe beter	1 = onaangename omgeving voor voetgangers en geen andere campussen op wandelafstand	5 = voetganger-vriendelijke omgeving met meerdere campussen op wandelafstand
	fietsers	hoe beter de fietswegen, hoe beter	1 = moeilijk bereikbaar met de fiets	5 = zeer makkelijk bereikbaar via fietsvriendelijke routes
	tram/bus	hoe groter het aanbod en hoe meer nabij, hoe beter	80% aanbod 20% nabijheid	0.2 = 1-2 bussen per uur 0 = niet op wandelafstand 0.6 = >3 bussen per uur 0.5 = wandelafstand 1 = bussen en tram 1 = bij site
	trein	hoe meer bediend en hoe dichter stations, hoe beter	1 = station niet op fietsafstand	5 = zeer goed bediend station op wandelafstand

Tabel 4.4: Rangschikking van potentierijke naar minder potentierijke campussen op basis van verschillende parameters. Uit Masterplan 2050 - Synopsis Verkenningfase.

Hoewel het masterplan oorspronkelijk is opgevat als een interne oefening, heeft Stad Gent het bij het voorleggen van het schetsontwerp aan de Kwaliteitskamer Stad Gent - waarbij eveneens het masterplan werd toegelicht - een bindend statuut gegeven voor het toekennen van omgevingsvergunningen op de site.

Figuur 4.9 verklaart de score voor de GRO-criteria MOB, MIL en SOC2. Deze criteria vallen buiten de scope van dit onderzoek en worden niet verder behandeld.

4.2.1.3 Ontwerp Nieuwbouw

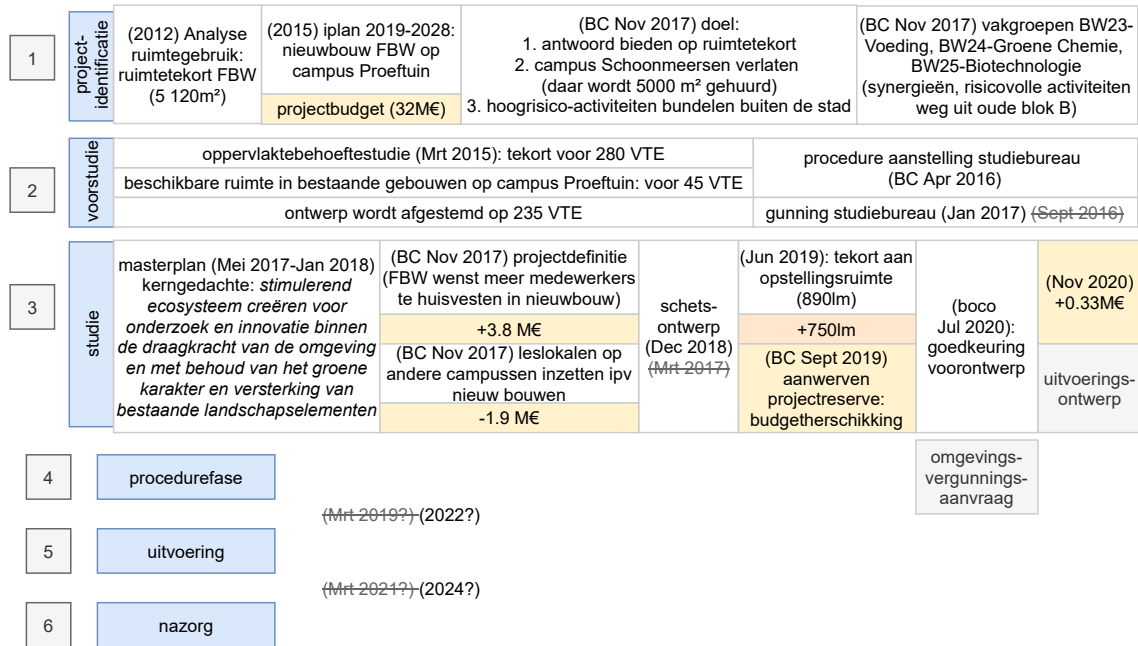
De vergelijking van de initiële timing met de reële vorderingen illustreert de complexiteit van het dossier (Figuur 4.10). In maart 2016 was het plan om in september 2016 het studiebureau te hebben aangesteld, het schetsontwerp goed te keuren tegen maart 2017, de werken te starten tegen maart 2019 en het gebouw klaar te hebben tegen maart 2021. Volgens de planning van november 2020 zouden de werken starten in oktober 2021 en zou het gebouw in augustus 2024 klaar zijn voor ingebruikname, maar ondertussen zal de start van de werken niet meer voor 2021 zijn.

4.2. CASESTUDY: NIEUWBOUW FBW OP CAMPUS PROEFTUIN (GRO)

BEREIKBAARHEID en veiligheid op de site	legende
C-locatie: autobereikbaarheid (nabijheid E17)	oorsprong info:
de E17 zorgt ervoor dat er voor alles behoorlijk ver moet worden omgelopen	GRO-criterium
site autovrij, autoverkeer aan de rand gehouden	GRO
MOB1. openbaar vervoer op wandelafstand: <i>slecht</i>	MOBER
fietsdelen (> 1km), autodelen (>1km), trein (>3km), tram (1.7km), bus (900m)	eigen interpretatie
MOB2. fiets: veilig en aangenaam fietsen naar en op de site: <i>beter</i>	MAP Proeftuin
fietsstrade (>1km), fietsenstalling. Stad Gent wil fietspad over het terrein	
MOB3. te voet: veilig en aangenaam wandelen naar en op de site: <i>beter</i>	
MOB4. auto / gemotoriseerd vervoer: <i>uitstekend</i>	
MA3. kwaliteit omgeving en nabijheid van voorzieningen: <i>goed</i>	
kwaliteit omgevende landschap (kwalitatief)	
diversiteit omgeving (bos, hooiland, gebouwen, industrie, water): <i>beter</i>	
uniekheid omgeving: <i>beter</i>	
groene karakter: natuur, groene/blauwe corridor, rijke vegetatie: <i>uitstekend</i>	
uitzicht: open en wijd, afwisselend en spannend?: <i>goed</i>	
structuren: historische structuren, bebouwing, authentiek karakter, opvallende architectuur: <i>beter</i>	
nabijheid van voorzieningen	
horeca: >900m: <i>slecht</i>	
parken: park op de site: <i>uitstekend</i>	
winkels: >1km: <i>slecht</i>	
MIL1. overstromingsrisico: <i>beter</i>	
Geopunt watertoets-overstromingsgevoelige gebieden 2017: "mogelijk overstromingsgevaar"	
MAP: "van nature overstroombaar (vanuit de Schelde), maar geen risicozone voor overstroming"	
MIL2. buitenluchtkwaliteit: luchtvervuiling heeft negatieve impact op de gezondheid: <i>beter</i>	
NO2: VMM (2019): 26-30µg/m ³ (E17, IVAGO?)	
MIL3. buitengeluid (moet gemeten worden om niveau te bepalen): <i>slecht</i>	
verkeerslawaaï van omgeving: autostrade, treinen	
SOC2. sociaal veilig ontwerpen: <i>beter</i>	
criminaliteitspreventie: afwezigheid van hinder, overlast, gevoelens van onbehagen	
ZETA (~CPTED: <i>crime prevention through environmental design</i>)	
Zichtbaarheid: stedenbouwkundige, landschappelijke en architectonische maatregelen	
zien en gezien worden, horen en gehoord worden (-> voldoende mensen aanwezig), kennen en gekend worden (-> kleinschalig)	
zichtlijnen, overzichtelijkheid, verlichting	
geen schijnveiligheid creëren	
technische beveiliging is niet meer dan aanvulling: camerabewaking, alarmen en andere bewakingssystemen kunnen een dubbel signaal geven: "het is hier goed beveiligd" en anderzijds "hier is veel beveiliging nodig"	
Eenduidigheid	
status (privé, semi-openbaar, openbaar), doel, beheerder	
duidelijke zonering, markering, afbakening	
routing: -> goede oriëntatie en bundeling van voetgangersstromen (-> sociale controle)	
Toegankelijkheid: kan verschillen voor verschillende 'stakeholders' (bv leveranciers, werknemers, hulpdiensten, studenten). afsluitingen, signalisatie, toegangscontrole ...	
Aantrekkelijkheid: verzorgde omgeving en keurig gebouw stralen positieve gedragsnormen uit, <> verwaarloosde omgeving kan het gevoel geven dat het overschrijden van normen en wanorde toegelaten zijn. -> schoon en intact, menselijke schaalverhoudingen, aangename verlichting, meerdere doelgroepen, flexibiliteit in het ontwerp om op veranderende wensen te kunnen inspelen	
park met duidelijk leesbare structuur	
veilige plek om te wandelen en ontspannen in bossfeer: duidelijk leesbare structuur, overzichtelijk, geen verdoken plaatsen, op maat van voetgangers en fietsers, autoverkeer aan de rand	

Figuur 4.9: De GRO-aspecten bij paragraaf 4.2.1.2 (Campus Proeftuin) en de verklaring voor de gegeven score in tabel 4.3. De achtergrondkleuren van de kaders en/of tekst geven aan waar de informatie vandaan is gehaald. MOBER = 'Mobiliteitseffectenrapport', MAP Proeftuin = 'Masterplan campus Proeftuin'.

HOOFDSTUK 4. RESULTATEN



Figuur 4.10: Workflow van de Nieuwbouw op campus Proeftuin voor de faculteit bio-ingenieurswetenschappen (FBW). De budgetten worden in miljoen euro (M€) weergegeven. De budgetverhogingen en besparingen zijn enkel voor de nieuwbouw (niet voor de maaiveldparking bijvoorbeeld waar ook veel rond te doen was) en niet volledig. De kaders in het grijs zijn de lopende stappen. De gerealiseerde of in de toekomst geplande data (in november 2020) worden hier en daar ook tegenover de geplande timing in maart 2016 (in het grijs doorstreept) gezet. iplan = investeringsplan, BC = bestuurscollege, VTE = voltijdse equivalenten, lm = lopende meters.

Bij het bepalen van de enveloppe voor kantoren en laboratoria is uitgegaan van de tekorten die bleken uit de oppervlaktebehoeftestudie van maart 2015 voor de FBW. Die gaf een ruimtetekort voor 280 voltijdse medewerkers (VTE). Na aftrek van de beschikbare ruimtes in gebouw N1 voor 45 VTE, wordt de omvang van de nieuwbouw afgestemd op 235 VTE. In het najaar van 2017 wordt duidelijk dat de faculteit meer medewerkers wenst te huisvesten in de nieuwbouw dan het aantal waar tot op dat moment mee is rekening gehouden in het ontwerpproces. De drie verhuizende vakgroepen zijn in 2017 een groep van 352 VTE.

Vervolgens worden er drie scenario's voorgesteld om aan die vraag tegemoet te komen (Tabel 4.5). In scenario 1 wordt voor het hoger aantal medewerkers een labo-oppervlakte van 25.2m² per persoon gerekend, maar dit gaat gepaard met een budgetoverschrijding van 10.9 miljoen euro. Scenario 2 verlaagt de gerekende labo-oppervlakte per labo-VTE naar 16.8m². Als die verdichting ook doorgetrokken wordt naar het gebouw N1, komt men tot een budgetoverschrijding van 3.7 miljoen euro. Scenario 3 gebruikt dezelfde oppervlakenormen als scenario 2, maar rekent daarbij dat in een nieuwbouw een efficiëntere en compactere inrichting mogelijk is. Er wordt gerekend op een oppervlaktebesparing van 10%. Scenario 3 komt overeen met

4.2. CASESTUDY: NIEUWBOUW FBW OP CAMPUS PROEFTUIN (GRO)

een overschrijding van de projectkost met 2.9 miljoen. Er wordt geopteerd voor dat laatste.

In de besparingsronde om ruimte te geven aan een groter aantal verhuizende medewerkers, wordt ook het aantal les- en PC-zalen geoptimaliseerd door te kijken welke infrastructuur reeds beschikbaar is op de campussen Schoonmeersen, Proeftuin en Sterre. Dit zorgt voor een reductie van 430m² netto die zich vertaalt in een winst ongeveer 1.3 miljoen euro. Het basisprogramma (13 325m² bruto) wordt aangepast zoals samengevat in tabel 4.6.

	m ² /labo-VTE	m ² labo	projectkost (M€)	overschrijding (M€)
1	25.2	6028	42	10.9
2	16.8	4019	35.5 / 34.8	4.4 / 3.7
3	(2) + 10% compactere inrichting		33	2.9

Tabel 4.5: De drie scenario's die voorgesteld werden in het najaar van 2017 toen duidelijk werd dat er meer potentiële verhuizers waren dan tot op dat moment mee rekening gehouden. De kantoorruimte per VTE blijft hetzelfde (12m² per kantoor-VTE). De twee getallen bij scenario 2 geven (1) het geval aan waarbij de lagere labonorm enkel voor de nieuwbouw wordt toegepast en (2) wanneer die verdichting ook wordt doorgetrokken naar het gebouw N1. Een compactere inrichting in nieuwbouw wordt in scenario 3 ingeschat als 10% oppervlaktebesparing.

	voor	na
labo's	2965	3835
kantoren	2825	4050
onderwijsgerelateerd	2490	1880
groepsworklokalen	100	
foyer + cafetaria	450	
huisbewaardersappartement	120	

Tabel 4.6: Het basisprogramma (m² netto-oppervlakte) voor en na de alarmering van onderschatting van het aantal verhuizende personeelsleden.

In juni 2019 wordt vervolgens duidelijk dat er een tekort is aan muurruimte om de bestaande labo-apparatuur te kunnen plaatsen. Er is minstens 2800 lopende meter opstellingsruimte nodig terwijl het schetsontwerp in 1910 lopende meter voorziet. Het uitgangspunt dat er aan efficiëntie gewonnen wordt in een nieuwbouw gaat niet op in dit geval aangezien de verhouding tussen het aantal lopende meters opstellingsruimte en de oppervlakte minder goed scoort in de nieuwbouw dan in de bestaande situatie.

Er worden opnieuw twee mogelijke scenario's voorgesteld: het gebouw verbreden of twee labomodules toevoegen. Bij het verbreden van het gebouw worden de twee lange gevels met 50cm naar buiten gebracht. Beide scenario's leveren afzonderlijk onvoldoende extra opstellingsruimte. Na toepassen van beide scenario's samen bekomt men 2 660 lopende meter. Hier hoort een budgetverhoging van minstens 1.14 miljoen euro bij en de ruimte blijft krap.

Figuur 4.11 geeft een overzicht van de GRO-criteria horende bij het gebouw die niet binnen de scope vallen van het onderzoek. De figuur verklaart de gegeven score, maar er wordt niet verder op ingegaan.

4.2.2 Materiaalkeuze

Het masterplan van campus Proeftuin geeft aan dat er voor alle gebouwen op de campus gewerkt dient te worden met een beperkt materialenpakket per gebouw, meer bepaald zuivere, eerder industriële materialen zoals baksteen, beton, aluminium, staal en vezelcement. De materiaalkeuze voor Nieuwbouw N16 wordt op basis van deze visie gemaakt (Tabel 4.7). Beton is zeer aanwezig.

De basisstructuur van het gebouw is volledig uit beton. Tot en met de tweede verdieping zijn ook de gevels opgebouwd uit beton, vanaf de derde verdieping wordt er gewerkt met gevelmetselwerk (bakstenen). Verder bevat het gebouw ook veel grote vensters waardoor glas een belangrijk materiaalonderdeel is. Daarnaast bestaan de dakrand, het gevelrooster en het buitenschrijnwerk uit gemoffeld aluminium.

Figuur 4.12 geeft een overzicht van de GRO-criteria en de relevante deelelementen horende bij het materiaalgebruik. De meeste elementen kunnen ondergebracht worden onder MAT2 (materiaalkeuze). MAT2 bestaat uit drie deelelementen: (1) het gebruik van TOTEM, (2) hout uit duurzaam bosbeheer en (3) het gebruik van regionale en maatschappelijk verantwoorde materialen.

Om aan het eerste deelelement te voldoen, moet de milieu-impact van het gebouw worden bepaald met behulp van TOTEM (Kader 4.9) en moeten de vier elementen met de grootste bijdrage aan de totale milieu-impact verder geanalyseerd worden. Dit gebeurt door per element minstens drie realistische varianten door te rekenen en te vergelijken. In de case study werd geen gebruik gemaakt van TOTEM.

4.2. CASESTUDY: NIEUWBOUW FBW OP CAMPUS PROEFTUIN (GRO)

SOC1. erfgoedwaarde (voor bestaande gebouwen): <i>nvt</i>		legende oorsprong info:
TOE2. gebruik door derden: <i>beter</i>		
<i>"mogelijkheid voorzien om gebouwen + omgeving zoveel mogelijk open te stellen voor derden"</i>		GRO-criterium
slim samen gebruiken, in tijd en ruimte -> afbakening bepaalde zones, beheertoegangen incl. sleutels/badge, afrekening kosten voor gebruik, gebruiksregeling ...		GRO
gebouw	omgeving	interview
afsluiting naar de 'gevaarlijke delen' (i.e. hogere verdiepen)	overdag: campus vrij toegankelijk, behalve 1 afgesloten beveiligde zone (alle risicovolle activiteiten groeperen in oostelijk deel van de campus, zo ver mogelijk van hoofdtoegang en in 1 aaneengesloten, omheinde zone); buiten de werkuren: afgesloten	eigen interpretatie
avondactiviteiten door studentenvereniging bv		plannen CS
		MAP Proeftuin
SOC3. integrale toegankelijkheid: <i>beter</i>		
"Hoe kan het gebouw en de bijhorende publieke ruimte zowel esthetisch als functioneel zijn voor een zo groot mogelijke groep gebruikers?" (rolstoelgebruikers, slechthorenden, slechtzienden ...)		
keten van toegankelijkheid (elk onderdeel is een schakel, als een van de schakels in een gebouw/omgeving niet toegankelijk is, is de keten van toegankelijkheid doorbroken)		
toegankelijkheid buitenomgeving: specifiek meubilair met gespreide comfortabele zitbanken en picknicktafels met ruimte voor rolstoelen		
(a) toegankelijkheidsverordening: voor gebouwen die publiek toegankelijk zijn. is enkel voor de mensen die er werken en studenten; (b) op zinvolle manier mee omgaan. niet 100% toegankelijk. niet tot in het extreme: deuren: breed genoeg; vrije doorgang: cirkel van 1.50m, 45cm langs de klink. maar douche voor fietser: heeft geen zin.		
gedetailleerde checklist: (a) bereikbaarheid: OV, fietsenstalling, parking, aangepaste parkeerplaats, looproutes buiten; (b) inkom gebouw en horizontale circulatie: buitendeuren, binnendeuren, ontvangst/loket, looproutes binnen; (c) niveauverschillen: trappen, hellend vlak, kokerlift, verticale plateaulift; (d) sanitair: gewone toiletten, aangepast toilet; (e) aangepaste kleed-/doucheruimte; (f) lokalen: cafetaria, aula, afgesloten werkplekken, landschapskantoor (-> cockpits voor ongestoord werken, 1 per 10 personen), vergaderruimte, leslokaal, kitchenette, EHBO-/borstvoedingslokaal, rust-/time out lokaal, wachtruimte, bibliotheek, kopieerlokaal, rolstoeltoegankelijke tafels; (g) automaten, toegangscontrole, aanmeldingssysteem, lockers; (h) veiligheid en evacuatie; (i) contrasten en contrastmarkering; (j) bewegwijzering, informatieborden en signalisatie; (k) geluidsversterkende systemen		
BIN3. binnenluchtkwaliteit: <i>beter</i>		
gezonde binnenlucht, voldoende luchtverversing, vrij van verontreiniging van binnen en buiten		
voorkomen van vervuiliings- of verontreinigingsbronnen: voldoende afstand tussen invoeropeningen van verse lucht en vervuulende bronnen zoals afvalopslagplaatsen, parkings ...		
BIN4. visueel comfort: <i>beter</i>		
verbeteren daglichttoetreding voor groter comfort en welzijn (kunstlicht is kunstmatige aanvulling op natuurlijk daglicht): $\pm 2060\text{m}^2$ vensters; verblinding vermijden (bij te hoge luminantie, onaangename reflectie op oppervlakken, te grote contrasten van aangrenzende oppervlakken); kunstlicht: basiseisen werkplekverlichting (verlichtingsniveau, uniformiteit ...)		
bonus 1. uitzicht: horizontale zithoek $\geq 28^\circ$, afstand tot obstakel buiten $\geq 20\text{m}$, gelaagdheid van het uitzicht (hoe meer, hoe beter); bonus 2. zonlichttoetreding $\geq 3u$; bonus 3. zicht naar buiten met gesloten zonwering of voorziening tegen verblinding		
OMG2. impact op omgeving: <i>uitstekend</i>		
<i>"beperken van lichtpollutie, beschaduwing van de directe omgeving, windhinder en hitte-eilandeffect"</i>		
maaienveldparking op begin campus, verlichting tot minimum beperken		
verlichting wordt geënt aan centrale as, aftakkingen richting gebouwen; maaienveldparking: neerwaarts gerichte LED-verlichting		
1. lichtpollutie: lichtplan: <i>"doelgericht zo weinig mogelijk verlichten"</i> : verschillende zones en functies, lichtintensiteit en doelgebied beperken, beperken hemelgloed, licht op naburige eigendommen		
2. beschaduwing van de directe omgeving door het project		
3. windhinder op voetgangersniveau: voor hoogbouw. gebouwhoogte: 28.7m (<30m): <i>nvt</i>		
4. hitte-eilandeffect: hoog albedo ("witheid"): <i>ja</i>		
OMG3. duurzaam werfbeheer: <i>onvoldoende info</i>		
<i>"op de werf dagdagelijks rekening houden met de omgeving, het milieu en de veiligheid"</i>		
<i>"taak die vooral voor de aannemer van belang is"</i>		
OWRL: paragraaf rond werfbeheer, maar GRO ambitieuzer en concreter		
risico-analyse van uit te voeren werken; implementatie en beheerplan hoe milieu en omgeving beschermen en hinder beperken; beheerplan afval; rationeel gebruik van hulpbronnen		

Figuur 4.11: Verklaring van score in tabel 4.3 voor de GRO-criteria horende bij het gebouw (paragraaf 4.2.1.3) die niet binnen de scope van dit onderzoek vallen. De achtergrondkleuren van de kaders en/of tekst geven aan waar de informatie vandaan is gehaald. interview = interview met Bert Verhoeven (architect); plannen CS = plannen en begeleidende documenten van de case study N16, OV = Openbaar Vervoer.

element	materiaal
fundering	gewapend beton, staal
bouwstructuur	betonskelet: balken en kolommen uit gewapend beton
gevels	(gewapend) beton, baksteen
isolatie	PIR (+ PE-folie)
vloeren	(gewapend) beton, cementgebonden dekvloer, keramische tegel, PVC
dak	beton, sedum-groendak, aluminium
buitendeuren	aluminium
trappen	gewapend beton, staal
vensters	glas, aluminium omlijsting
verlaagde plafonds	gipskarton, mineraalvezel

Tabel 4.7: Overzicht van het materiaalgebruik voor de verschillende elementen.

Kader 4.9: TOTEM

“TOTEM’s main values are objectivity and transparency, to enable the players in the Belgian construction sector (architects, design offices, contractors, owners, promoters, public authorities, etc.) to identify and limit the potential environmental impacts of buildings from the earliest stages of the design process.”

TOTEM staat voor *Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials* en is een Belgische tool. Het resultaat van een TOTEM-analyse is een milieuprofiel (milieu-impact per milieu-impactcategorie) en een geaggregeerde score, waarbij de deelresultaten van de verschillende milieu-impactcategorieën gewogen zijn opgeteld. Met behulp van voorgeprogrammeerde structuren in de bibliotheek kan met deze tool zeer eenvoudig de milieu-impact van een gebouw of een gebouwelement bepaald en vergeleken worden.

De milieu-impact (resultaat in TOTEM) mag niet onafhankelijk bekeken worden van andere voorwaarden van het project. Voor- en nadelen van verschillende varianten op vlak van technische prestaties, uitvoerbaarheid, levenscycluskosten en demonterbaarheid moeten bekeken worden, net als de vraag of de varianten passen in het globale gebouwconcept (hierboven beschreven) en waar kansen liggen om door middel van circulair ontwerpen en de criteria van de GRO de milieu-impact te reduceren (paragraaf 4.2.3).

Volgens Bert Verhoeven (architect) is het budget een belangrijke randvoorwaarde bij bouwen aan de UGent. De UGent is volgens hem vaak zeer ambitieus, maar de verwachtingen zijn niet altijd in lijn met de budgettering. Het budget is volgens Verhoeven zeer bepalend voor de materiaalkeuze.

4.2. CASESTUDY: NIEUWBOUW FBW OP CAMPUS PROEFTUIN (GRO)

MATERIAALKEUZE	legende oorsprong info:
<p>beperkt materiaalpalet per gebouw van zuivere, eerder industriële materialen: <i>baksteen gelijkaardig aan gevels van bestaande gebouwen; geanodiseerd en/of gemoffeld aluminium; gegalvaniseerd staal; vezelcement</i> beton, staal, aluminium, baksteen, cement, glas, PIR</p> <p>kleuren: wit, warme grijs tinten, zwart: neutrale kleurstelling om het natuurlijke groene kader van het boslandschap optimaal tot zijn recht te laten komen</p> <p>omgevingsaanleg: robuuste, natuurlijk ogende materialen die harmonieus aansluiten bij het op te waarderen bosareaal vnl beton</p> <p>budget is zeer bepalend</p>	<p>GRO criteria</p> <p>GRO</p> <p>interview</p> <p>eigen interpretatie</p> <p>plannen CS</p> <p>MAP Proeftuin</p> <p>OWRL</p>
MAT2. materiaalkeuze: <i>goed</i>	
<i>milieuvriendelijke materialen zonder schadelijke effecten op menselijke gezondheid</i>	
1. TOTEM : alternatieven vergelijken in het ontwerpproces -> meer objectieve keuzes/afwegingen. niet gebeurd	
TOTEM niet los van andere <u>randvoorwaarden</u> van het project bekijken: <i>technische en functionele eisen (zie ook §c* en §e*), passend in globale gebouwconcept</i>	
<p>amper biogebaseerde isolatiematerialen omdat: garanties nodig, grote isolatie-eisen. opbouw quasi altijd betonskelet o.w.v. KB brandpreventie, makkelijk</p> <p>labo's hebben specifieke functies en eisen</p> <p>vloerbedekking ~ gebruik/bestemming van de ruimte, onderhoud en akoestiek</p> <p>padenhiërarchie: keuze verharding ~ gebruik</p>	
BIN1. akoestiek (" <i>dat is evident</i> "): <i>beter</i>	
geluids- en contactisolatie tussen lokalen; gevelisolatie; ruimteakoestiek (galm), geluidsuitstraling naar omgeving (<i>veel toestellen</i>)	
BIN3. binnenluchtkwaliteit: <i>beter</i>	
<i>gezonde binnenlucht, vrij van verontreiniging van binnen en buiten. bonus: emissies VOS van bouwproducten in binnenmilieu beperken</i>	
LCC2. schoonmaakbewust ontwerpen: <i>beter</i>	
<i>het bevorderen van efficiënte en eenvoudige schoonmaak in het ontwerp</i>	
+ uitgangspunten voor binnenafwerking: zeer intensief gebruik door breed publiek, beperkte middelen voor schoonmaak en onderhoud --> robuuste en onderhoudsvriendelijke materialen	
poreus materiaal vermijden (ja), makkelijk reinigbaar of resistent tegen vlekken (ja), kleurkeuze zodat stof, vuil en vlekken minimaal zichtbaar (+ -), zelfreinigend glas op moeilijke bereikbare plekken (nee), anti-graffiti-coating op potentiële graffiti-oppervlakken, versieringen vermijden (ja), het aantal verschillende materialen beperken (ja)	
+ vloeren: duurzaam, machinaal te reinigen, vlekbestendig (bv spikkel): <i>keramische tegels, linoleum ...</i> geen poreuze materialen of houten vloer. kurk verboden	
+ materialen: natuurlijke variaties en subtiele nuances in kleur en/of textuur. geen poreuze vlakke materialen zoals gevelbepleistering: vervuilen en verouderen sterk in bosomgeving	
- lichte kleuren	
+ inrichting moet lang meegaan: ± sobere, niet-modegebonden materialen en kleuren	
2. hout uit duurzaam bosbeheer : <i>uitstekend</i> . (" <i>uitstekend</i> " als 100%). OWRL: FSC of PEFC. hout uit bosbeheer -> zitbanken, houtwallen, paden	
3. regionale en maatschappelijk verantwoorde materialen: <i>onvoldoende documentatie om dit te beoordelen</i>	

Figuur 4.12: De relevante GRO-aspecten bij paragraaf 4.2.2 (Materiaalkeuze) en de verklaring voor de gegeven score in tabel 4.3. De achtergrondkleuren van de kaders en/of tekst geven aan waar de informatie vandaan is gehaald. (§c* = paragraaf 4.2.3, §e* = paragraaf 4.2.4, KB=Koninklijk Besluit, OWRL = Ontwerprichtlijn, VOS=Vluchtige Organische Stoffen.)

Een ander element dat een rol speelt in de materiaalkeuze is het feit dat de architect en de aannemer verantwoordelijkheid dragen en dus garanties moeten hebben op de bouwwerken. Biogebaseerd bouwen is nog niet sterk ingeburgerd en dient met de nodige expertise uitgevoerd te worden. Ook is het met biogebaseerd bouwen nog niet evident om aan alle normen en wetgeving te voldoen. De zeer hoge Europese isolatienormen hebben een grote impact op de materiaalkeuze. Biogebaseerde isolatiematerialen hebben algemeen lagere isolatiewaarden dan petrochemische varianten, waardoor grotere diktes nodig zijn om aan de normen te voldoen. Dit maakt biogebaseerde isolatiematerialen minder aantrekkelijk.

De technische en functionele eisen komen onder meer aan bod in andere GRO-criteria: BIN 1 (akoestiek: goede geluidsisolatie), BIN3 (binnenluchtkwaliteit: emissies van vluchtige organische stoffen (VOS) beperken (Kader 4.10)) en LCC2 (schoonmaakbewust ontwerpen). Voor energetische eisen wordt verwezen naar paragraaf 4.2.4.

Kader 4.10: Vluchtige organische stoffen

Vluchtige organische stoffen (VOS) worden vaak gebruikt als oplosmiddel in lijmen (formaldehyde), verven en vernissen. Ze kunnen onder meer vrijkomen uit vezel- en spaanplaten (*Medium Density Fiberboard*, MDF; of *Oriented Strand Board*, OSB), binnenmuren en vloerbekleding. Het grootste aandeel VOS komt vrij bij bouwwerken en uit nieuwe producten.

Zoals beschreven in paragraaf 4.1.1 speelt schoonmaakbewust ontwerpen (LCC2) voor de UGent een grote rol. Materialen dienen zo gekozen te worden dat de schoonmaaklast geminimaliseerd wordt. Dit betekent een kleurkeuze waarbij stof, vuil en vlekken minimaal zichtbaar zijn. Zo raadt de GRO af om witte of zwarte vloeren te gebruiken en raadt de UGent Ontwerprichtlijn aan om gespikkelde oppervlakken te gebruiken doordat vervuiling daar zeer weinig zichtbaar op is (vlekbestendig). Omdat ramen reinigen een van de grootste kosten is bij schoonmaak van een gebouw, raadt de GRO aan om zelfreinigend glas te gebruiken voor moeilijk bereikbare plekken om zo de nood aan hoogtewerkers te vermijden. Hoewel het case study gebouw veel ramen bevat, wordt er geen gebruik gemaakt van zelfreinigend glas.

Na TOTEM (met randvoorwaarden), wordt in MAT2 beoordeeld of eventueel gebruikt hout uit duurzaam bosbeheer komt om bossen op lange termijn in stand te houden. Dit wordt opgelegd door de Ontwerprichtlijn: het gebruikte hout moet FSC- (*Forest Stewardship Council*) of PEFC- (*Programme for the Endorsement of Forest Certification*) gelabeld zijn. In de nieuwbouw wordt zeer weinig hout gebruikt, maar het masterplan schrijft voor dat hout uit het bosbeheer op de site ingezet kan worden voor

zitbanken en houtwallen en dat kleinhout versnipperd kan worden om te gebruiken voor het aanleggen van natuurpaden.

Het derde deelelement beoordeelt of de materialen regionaal zijn om transportafstanden en de daarmee gepaard gaande milieu-impact te minimaliseren en of de materialen maatschappelijk verantwoord zijn. Er is onvoldoende informatie beschikbaar om dit voor de case study te beoordelen.

4.2.3 Circulair en veranderingsgericht bouwen

Vijf GRO-criteria zijn sterk gelinkt aan Circulair en veranderingsgericht bouwen: MAT1 (behoud van grondstoffen), MAT3 (materiaalpaspoort), LCC1 (onderhoudsvriendelijk ontwerpen), LCC2 (schoonmaakbewust ontwerpen) en TOE1 (circulair en toekomstgericht ontwerpen) (Figuur 4.13).

Het GRO-criterium MAT1 draagt in de GRO 2017 de naam 'afvalpreventie' en is breder dan MAT1 in de GRO 2020 met de naam 'behoud van grondstoffen'. In de GRO 2017 komt de ladder van Lansink aan bod (preventie > hergebruik > recycling > verbranden voor energie > storten of lozen) en gebeurt de beoordeling aan de hand van drie eisen: hergebruik van materialen, rationeel materiaalgebruik, en gesloten grondbalans. De ladder van Lansink en rationeel materiaalgebruik komen niet meer aan bod in de GRO 2020 waardoor het preventie aspect vervalt in de GRO 2020. Dit is opmerkelijk.

Bij rationeel materiaalgebruik gaat de GRO 2017 enerzijds in op het beperken van het materiaalgebruik (geen overbodige elementen, lichte constructies die minder materiaalverslindend zijn, het gebruik van courant beschikbare maten, gestandaardiseerde verbindingen, prefabricage ...). Die elementen lijken niet meer aanwezig te zijn in de GRO 2020. Anderzijds wordt er bij rationeel materiaalgebruik gesproken over de circulaire cyclus *repair > reuse > refurbish > remanufacture > recycle*. De elementen die hieromtrent in de GRO 2017 vernoemd worden (omkeerbaarheid van verbindingen, eenvoudige en gestandaardiseerde verbindingsmethodes, snelle (de)montagetechnieken, gestandaardiseerde en compatibele componenten, gelaagdheid en gescheidenheid van afwerkingslagen ...), zijn in de huidige versie opgenomen in TOE1.

HOOFDSTUK 4. RESULTATEN

CIRCULAIR EN VERANDERINGSGERICHT BOUWEN		
MAT1. behoud van grondstoffen (2020) / afvalpreventie (2017): <i>goed</i>		
(GRO 2020) grondstoffen in kringloop houden door herstelling, hergebruik, recyclage	(GRO 2017) rationeel materiaalgebruik, hergebruik en recyclage van materialen ladder van Lansink: <u>preventie</u> > hergebruik > recyclage > verbranden (voor energie) > storten/lozen	rationeel materiaalgebruik: <i>materiaalgebruik en afvalproductie beperken, indeling en vorm van het gebouw, lichte constructies die minder materiaalverslindend zijn, dimensies aanpassen aan de courant in de handel beschikbare maten, prefab, materialen met hoog hergebruiks- en recyclinggehalte</i>
1. hergebruik van in situ aanwezige bouwmaterialen: <i>inventarisatie (~sloopopvolgingsplan); hergebruikpotentieel analyseren: niet voldaan. "uitstekend": ≥ 40%; bonus: ≥ 75%</i>		
2. gesloten grondbalans: <i>beter. zo weinig mogelijk bodem af- of aanvoeren. "uitstekend": max 5% van het totale grondverzet wordt aan-/afgevoerd</i>		
<i>wat we niet moeten afvoeren, voeren we niet af. niet enkel omdat ecologisch, ook omdat goedkoopste.</i>		
MAT3. materialenpaspoort: een kadaster van materialen in ons vastgoed (bonus): <i>niet voldaan</i>		
<i>welke materialen gebruikt en hoe verwerkt: basis voor gebruik van onze gebouwen als grondstoffenbank</i>		
1. identificatie elementen cfr SfB-codering (BIM), hoeveelheden, bron van de elementen		
2. demonteerbaarheid: (a) montage reversibel?; (b) beschadiging bij (de)montage?		
3. aandeel gerecycleerde en hernieuwbare inhoud		
4. certificering (gezondheid (bv VOS), C2C, andere)		
<i>voor renovatie bestaand gebouw sloopopvolgingsplan verplicht, maar voor nieuwbouw niet mee bezig</i>		
LCC1. onderhoudsvriendelijk ontwerpen: <i>beter</i>		
<i>beperken van de kosten voor bouwkundig en installatietechnisch onderhoud en herstelling</i>		
checklist: robuust, <u>standaardisatie</u> , bereikbaar, <u>reversibele verbindingen</u> (nee), <u>marge voor de toekomst</u> , brede en hoge deuren, gangen en trappen zodat meubels en toestellen er door kunnen, onderhoudsvriendelijke installaties, manoeuvreerruimte, wisselstukken makkelijk te verkrijgen		
LCC2. schoonmaakbewust ontwerpen: <i>beter</i>		
afvalbeheerplan, afval gecentraliseerd inzamelen, vloermatten aan de ingangen en in de natuurlijke looplijn, zeepdispensers zo geplaatst dat geen onnodige vervuiling, voldoende afstand tussen radiatoren en eventueel daarachter liggende te reinigen oppervlakken		
TOE1. circulair en toekomstgericht ontwerpen: <i>beter</i>		
<i>"toekomstige aanpasbaarheid mogelijk maken door flexibiliteit, functieneurality en ontwerp voor demontage": gebouw ontwerpen als toekomstige grondstoffenbank met oog op demontage</i>		
<i>proberen we al heel lang toe te passen, maar aan de UGent is het budget een enorme limitatie</i>		
skeletstructuur van kolommen en balken, ± geen dragende binnenwanden, grid		
checklist: draagstructuur eenvoudig en gelijkvormig (ja), indeling aanpasbaar (binnenwanden) (ja), modulair (grondplan grid) (ja), grotere vrije hoogte (netto plafondhoogte: 3.15m, + verlaagd plafond), meerdere verticale ontsluitingsmogelijkheden zodat gebouw in onafhankelijke zones kan onderverdeeld worden (ja), mogelijkheid voor uitbreiden en inkrimpen, energetische flexibiliteit, overspanning en -dimensionering, marge in schachten en technische ruimtes, <u>ontwerp voor</u> (a) <u>demontage</u> (gevel en inbouwelementen selectief te demonteren (ja), eenvoudige en omkeerbare verbindingen (nee), gelaagd volgens levensduur (ja)), (b) <u>hergebruik</u> (courante standaarden en afmetingen, modulair (nee)), (c) <u>recyclage</u> (homogene materialen (ja))		
modulaire, multifunctionele labo's voor onderzoek en onderwijs (practica) -> <i>redelijk gescheiden</i>		
shearing layers of change van Brand, bewuste en correcte keuze van materialen en bevestigingen		
bonus 1. plan van aanpak: <i>grondige analyse mogelijkheden, kansen, evt beperkingen in het project (niet voldaan)</i>		
bonus 2. demontageplan: <i>"de basis voor latere demontage- en sloopwerken": (niet voldaan).</i> (1) gebouwconcept (met oog op demontage); (2) inventarisatie materialen; (3) volgorde afbraakwerken, noodzaak aan specifieke technieken, risico's		

Figuur 4.13: De relevante GRO-aspecten bij paragraaf 4.2.3 en de verklaring voor de gegeven score in tabel 4.3. De achtergrondkleuren van de kaders en/of tekst geven aan waar de informatie vandaan is gehaald. Legende: zie figuur 4.12.

De eerste eis in MAT1 van de GRO 2020 is enkel van toepassing voor projecten met bestaande bebouwing en/of terreinaanleg. Dat is het geval in deze case. Inventarisatie van de in situ aanwezige bouwmaterialen en analyse van hun hergebruikpotentieel lijken niet gebeurd te zijn terwijl er wel gepland wordt om een van de bestaande gebouwen op de site af te breken (Figuur 4.8). Deze afbraak was echter gepland voor het jaar 2021 terwijl de nieuwbouw er dan al zou staan waardoor hergebruik op het moment van de plannen geen optie leek. In het masterplan van de campus wordt aangegeven dat hout van gesloopte bomen gebruikt kan worden voor zitbanken, maar over het gebruik van hout als bouw materiaal wordt niet gesproken.

Een gesloten grondbalans (tweede eis van MAT1) houdt in dat er zo weinig mogelijk bodem af- of aangevoerd wordt. Hiervoor moet een inventaris opgemaakt worden van het (te verwachten) grondverzet. Volgende eigenschappen worden daarbij aangegeven: hoeveelheid grondverzet, kwaliteit/eigenschappen, later gebruik/bestemming, locatie van ophogingen afgravingen en tijdelijke stockageplaatsen. Een dergelijke inventaris is nog niet opgemaakt, maar Verhoeven gaf aan dat er omwille van kosten steeds zo weinig mogelijk grond wordt af- en aangevoerd. Op dit vlak heeft budgetlimitatie een positief effect op duurzaamheid.

Aan MAT3 (Materiaalpaspoort) is niet voldaan, terwijl dit een zeer belangrijke stap is in het proces naar meer circulair bouwen. Materiaalpaspoorten maken het hergebruiken en terugwinnen van materialen bij sloop en demontage immers eenvoudiger en geven bouwwerken meer waarde. Verhoeven geeft aan dat voor renovatie het sloopopvolgingsplan verplicht is, maar voor nieuwbouw ziet hij er weinig meerwaarde in. Dat is een gemiste kans.

Voor een materiaalpaspoort dienen de elementen geïdentificeerd te worden volgens de SfB-codering (Kader 4.11), de demonteerbaarheid, het aandeel gerecycleerde en hernieuwbare inhoud en eventuele certificering.

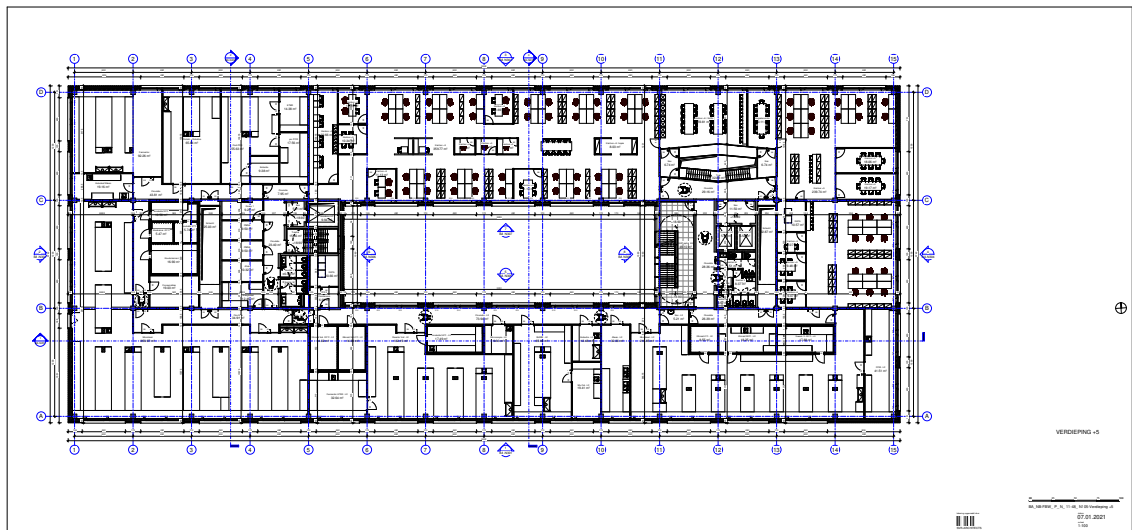
Kader 4.11: SfB-codering

De SfB-codering werd in de jaren '50 in Zweden ontwikkeld voor de classificatie van gebouwdelen ten behoeve van kostencalculaties en bestekomschrijvingen. SfB staat voor *Samarbetskommittén för Byggnadsfragor* (samenwerkingscomité voor bouwvraagstukken) (BIMTAG, 2018). Deze codering wordt gebruikt in BIM.

Onderhoud (LCC1) en schoonmaak (LCC2) spelen een belangrijke rol om zo weinig mogelijk waardeverlies te genereren en materialen en elementen in de cyclus te houden. LCC1 stimuleert het beperken van onderhoudskosten. De checklist overlapt in

zekere mate met de checklist TOE1 (standaardisatie, reversibele verbinding, marge voor de toekomst ...).

Wat betreft TOE1 zijn er verschillende aspecten waarop de nieuwbouw N16 goed scoort. Het grondplan is opgebouwd als een grid (modules van 6.5m x 12m) (Figuur 4.14). De opbouw is een skeletstructuur van kolommen en balken en er zijn amper dragende wanden wat de indeling aanpasbaar maakt. Enkel rond de circulatiekernen worden vaste wanden gebruikt, die ook de windstijfheid verzekeren. De scheidingswanden zijn in gipskarton (vast) of verplaatsbare systeemwanden. Bovendien is het grondplan opgebouwd uit een vast raster (grid). Ook is er een vrij grote plafondhoogte (3.15m) en zijn er verschillende verticale ontsluitingsmogelijkheden zodat het gebouw eventueel in verschillende onafhankelijke zones in te delen is.



Figuur 4.14: Grondplan als grid. (Omdat bij de nummering van de verdiepingen ook het tussenverdiep meegeteld wordt, is verdieping +5 eigenlijk de vierde verdieping) (SVR-ARCHITECTS).

Op omkeerbare verbindingen wordt echter weinig ingezet. De architect geeft aan dat er bewust en resoluut gekozen wordt voor de benadering van veranderingsgericht bouwen met een robuuste gebouwstructuur die in de toekomst andere invullingen kan krijgen. Er wordt ingezet op duurzame bevestigingen (starre verbindingen) die de beoogde levensduur van elk onderdeel kunnen overspannen. Daarbij wordt geen extra rekening gehouden met demontage. Het strippen van de technische en afwerkingslagen tot op de gebouwstructuur is volgens de architect relatief eenvoudig en zal deel uitmaken van een aan de herbestemming voorafgaande sloop.

TOE1 omvat twee mogelijkheden tot bonuspunten: (1) een plan van aanpak circulair en toekomstgericht ontwerpen waarbij de mogelijkheden, de kansen en eventuele beperkingen grondig geanalyseerd worden en (2) de opmaak van een demontageplan. Een demontageplan is de basis voor latere demontage- en sloopwerken. De

documentatie van de beoogde demontagepraktijken is essentieel om de oorspronkelijke intenties jaren later waar te maken. Een demontageplan omvat drie onderdelen: (a) principe en concept over hoe het gebouw ontworpen is (met oog op demontage) (draagconstructie, prefabricatie of ter plaatse gestort, natuurlijke scheidingen in het gebouw ...), (b) inventaris van alle materialen, hun hoeveelheden en hun potentieel qua hergebruik/recyclage (idealiter op basis van een materialenpaspoort: identificatie, hoeveelheid, welke hergebruikt kunnen worden, welke gerecycleerd, waar gevaarlijke stoffen zitten ...), en (c) de volgorde van afbraakwerken, methoden, gereedschap, de noodzaak aan speciale technieken en risico's bij demontage.

4.2.4 Energie

"Het ecosysteemdenken in bouwen en gebouwen brengen"

Voordat wordt ingegaan op de kwantitatieve GRO-criteria rond energie, wordt stilgestaan bij *Climate responsive design* en *Penta Energetica* (Figuur 4.15). Het gebouw dient zodanig ontworpen te worden dat minimale energie-input nodig is en er optimaal gebruik gemaakt wordt van de op de site aanwezige natuurlijke elementen zoals zon, wind, water en grond.

Penta energetica bestaat uit vijf stappen die in volgorde dienen te worden geoptimaliseerd: (1) optimaal ontwerp qua compactheid en functieervulling, (2) gebruik maken van vrij beschikbare gratis energie (daglicht, zonnewarmte, wind), (3) maximaal investeren in passieve technieken die energiediensten leveren met geen of zeer weinig aangekochte energie, (4) dan de energiebehoefte maximaal aanvullen met hernieuwbare energiebronnen, en (5) tot slot de overblijvende energiebehoefte dekken met de meest efficiënte technieken en praktijken.

Penta energetica wordt toegepast op de drie onderdelen van *Climate responsive design*: *keep it warm* in de winter (CRD1), *keep cool* in de zomer (CRD2), en *turn off the light* (CRD3).

De nieuwbouw is een redelijk compact gebouw met veel ramen en een patio in het midden. Zonnescreens beperken de oververhitting en de nood aan actieve ventilatie en de bleke kleuren van de gevels hebben een groot weerkaatsingsvermogen. IVAGO in het zuiden van het gebouw zorgt voor beschaduwing en ook de bomen rondom het gebouw, voornamelijk in het noorden en oosten, kunnen schaduw werpen en voor verkoeling zorgen door middel van evapotranspiratie. Op ongeveer 50 meter ligt bovendien een buffervijver van ongeveer 20 x 60 m. Evaporatie van water zorgt eveneens voor afkoeling.

HOOFDSTUK 4. RESULTATEN

Climate Responsive Design	"het ecosysteemdenken in bouwen en gebouwen brengen"
"optimaal gebruik maken van natuurlijke low-tech om energievretende technieken te beperken"	
PENTA ENERGETICA	natuurlijke ventilatie > hoogtechnologische oplossingen
1. <u>ontwerp</u> optimaliseren qua plaatsbesteding en functievervulling van de schaarse ruimte	
2. <u>vrij beschikbare energie</u> zoals daglicht en wind toepassen in het concept	
3. maximaal investeren in <u>passieve technieken</u> die energiediensten leveren ± zonder aangekochte energie	
4. dan energiebehoefte maximaal aanvullen met <u>hernieuwbare energiebronnen</u>	actieve koeling beperken
5. overblijvende energiebehoefte dekken met de meest <u>efficiënte technieken</u> en praktijken	
CRD1. keep it warm: ok	
1. <u>warmteverliezen reduceren</u> : isolatie (ja), compact (goede verhouding gevelschil/volume) (+-), koudebruggen en ventilatieverliezen beperken (ja), sas aan inkom (nee), toegangen aan windluwe zijde	
2. <u>passieve zonnepanelen</u> : (a) directe: door transparante delen (afweging oriëntatie, vorm, grootte, helling, beschaduwing); (b) indirecte: zonder lichtinval: bv trombe-muren; (c) combinatie: bv serres	
CRD2. keep cool: onvoldoende kennis om dit te beoordelen koelvraag > warmtevraag	
microklimaat rond gebouw/site inzetten: bescherming tegen zon, gebruik van windstromen, evaporatie van water, evapotranspiratie van planten	
1. <u>directe zonne-instraling en contact met opgewarmde lucht beperken</u> : grondige analyse van zonnetoetreding, site en omgeving: (a) optimalisatie inplanting en microklimaat. (i) beschaduwing opake en transparante gevelschil door vegetatie (bomen) of omliggende gebouwen (IVAGO). heeft potentieel; (ii) gebruik van natuurlijke koeleffect van water. heeft potentieel; (iii) schouweffecten gebruiken; (iv) temperatuurverlaging mbv vegetatie; (b) optimalisatie grootte en oriëntatie van openingen (<i>balans tussen solare warmtegewinsten, daglichttoetreding en voorkomen van oververhitting</i>) (veel en grote ramen(-)); (c) aanpassen gebouwvorm ifv windchanneling, luchtstromen, daglicht; (d) verhoging compactheid door beperking geëxponeerde oppervlaktes: ja; (e) inschakeling tussenruimtes zoals patio's (eigen microklimaat). heeft potentieel; (f) buitenafwerking: materiaal en kleur (hoe hoger het weerkaatsingsvermogen, hoe beter): ja, bleke kleuren; (g) (vaste en/of mobiele) zonnewering: ja, op alle bezonde gevels zonnescreeën om oververhitting te beperken	
2. <u>ongewenste warmte in gevelschil reduceren</u> : (a) thermische inertie: zware constructies bufferen warmte/koelte, kunnen temperatuurstijgingen afzwakken; (b) opbouw gevelschil: transport van warmte die door gevel naar binnen geabsorbeerd wordt beperken: ja; (c) luchtdichtheid: infiltratie van buitenlucht beperken: ja	
3. <u>interne warmtegewinsten minimaliseren</u> : (a) uit kunstverlichting; (b) efficiënte elektrische apparatuur; (c) hoeveelheid apparatuur beperken (labo's: veel toestellen)(-); (d) apparatuur met hoge warmteafgifte clusteren (bovenste verdieping; technische lokalen boven elkaar)(+) (gescheiden van warmtegevoelige zones)	
4. <u>passieve koelmogelijkheden</u> : (a) koelpotentieel van omgeving gebruiken (water, grond, wind, vegetatie). heeft potentieel; (b) natuurlijke ventilatie; (c) afvoer overbodige warmte via passieve ventilatiestrategieën (bv nachtkoeling); (d) gebouwdelen die grond raken: vaak koeler ovw bijna constante temperatuur van de grond; (e) evaporatieve koeling: passief (groendak) of mechanisch (ventilatie-unit); (f) thermische zonering naargelang functies en oriëntatie (ok)	
5. <u>regelsystemen</u> : goede afstemming van passieve systemen en aanvullende actieve technieken. passieve zonnepanelen, verwarming, koeling, ventilatie, daglichttoetreding zo sturen dat energieverbruik minimaal bij aangenaam thermisch en visueel comfort	
CRD3. turn off the light: ok glazen gevel kost meer dan gesloten gevel	
1. <u>behoefte analyseren</u> ovw tijd, soort licht (noord vs zuid), functionaliteit, welke ruimtes veel daglicht nodig	
2. <u>daglichttoetreding maximaliseren</u> en optimaliseren: patio, ± 2060m ² vensters (+)	
3. <u>controle</u> lichtinval (daglichttoetreding, zonnepanelen en verblinding beheersen)	
4. <u>afstemming</u> natuurlijk daglicht en kunstverlichting (zonering, sturing, controle)	
5. <u>verblinding voorkomen</u> : onaangename contrasten vermijden, metalen oppervlakken vermijden	

Figuur 4.15: Overzicht van de aspecten omtrent *Climate Responsive Design* (CRD) (paragraaf 4.2.4) en de verklaring voor de gegeven score in tabel 4.3. De achtergrondkleuren van de kaders en/of tekst geven aan waar de informatie vandaan is gehaald. Legende: zie figuur 4.12.

De vele en grote vensters hebben een positieve invloed op de daglichttoetreding, maar kunnen grote uitdagingen vormen voor het zomercomfort. Zonnewering is voorzien en noodzakelijk, maar de vraag stelt zich of dit de meest duurzame oplossing is gezien het meer en meer voorkomen van hittegolven. Gebouwen moeten op een manier ontworpen worden dat ze kunnen omgaan met de klimaatverandering. Een ander ontwerp met minder of kleinere raampartijen en/of een oversteek kunnen de nood aan technologische systemen verlagen.

Kader 4.12: Loofbomen als mee-evoluerende *compagnons de route*?

In de winter hebben loofbomen geen bladeren en worden zonnestralen en zonnewarmte doorgelaten. In de zomer hebben loofbomen wel bladeren en kan de zon er niet door. Net wat we nodig hebben? Natuurlijke zonnewering? Hiermee rekening houden vraagt een andere manier van denken. Bomen zijn immers geen statische gegevens, maar groeien doorheen de tijd. Er moet rekening gehouden worden met hun uiteindelijke dimensie.

Een belangrijke stap bij *Climate responsive design* is het analyseren van de behoefte met vragen als "moeten we koelen?" en "zijn er 'extra warme' plaatsen nodig?". Vervolgens kan er gewerkt worden met microsites. Bepaalde delen van het gebouw zijn warmer dan andere. Door de functies op de juiste manier ruimtelijk in te delen, kan dit beperkt worden.

De zuid- en westkant van het gebouw worden ingezet voor practica en laboratoria terwijl het cafetaria, kantoren, vergaderzalen en verpozingsruimtes in het noordelijke en oostelijke deel van het gebouw gesitueerd zijn. Het noordelijke en zuidelijke deel van het cafetaria (gelijkvloers) zijn overkapt door de hogere verdiepingen van het gebouw. De circulatie gebeurt aan de west- en oostkant van de patio. Datalokalen (waar veel warmte geproduceerd wordt) zijn boven elkaar gelegen aan de westkant van de patio. Daarnaast (ten westen) zijn de afvallokalen, eveneens boven elkaar, gelegen.

Algemeen is de zuidelijke kant het warmste, maar door de beschaduwing door het IVAGO gebouw lijkt dit beperkt te worden. De bomen in het oosten worden verwacht eveneens voor aanzienlijke schaduw te zorgen en de patio in het midden zorgt waarschijnlijk ook voor verkoeling. Er wordt verwacht dat de westkant het warmste is. Daar zijn voornamelijk de laboratoria gesitueerd. Het had overwogen kunnen worden om de afvallokalen op te schuiven naar de buitenkant zodat de laboratoria gebruik konden maken van de koelte van de patio.

De vele toestellen van labogebouwen zorgen sowieso voor een vrij grote koudevraag, veel groter dan de warmtevraag. Op passieve zonnewinsten (Kader 4.13) wordt daarom niet sterk ingezet. De patio in het midden creëert een eigen microklimaat dat kan ingeschakeld worden in de energieregeling van het gebouw. Ook de vegetatie (bomen, gras) en het water op de site kunnen een rol spelen door de temperatuur rond het gebouw te verlagen door middel van evapo(transpi)ratie.

Kader 4.13: Passieve zonnewinsten

Passieve zonnewinsten worden ingedeeld in directe en indirecte zonnewinsten. Directe zonnewinsten is de warmte door vensters bijvoorbeeld, terwijl trombe-muren een voorbeeld zijn van indirecte zonnewinsten. Trombe-muren zijn muren met een hoge thermische massa, gelegen op het zuiden achter een glazen gevel. Uit de circulatiegaten komt 's nachts warme lucht die overdag in de muren wordt opgeslagen. Een combinatie van directe en indirecte passieve zonnewinsten, is het gebruik van serres en atriums. Daarin wordt overdag warmte opgeslagen die vervolgens gebruikt kan worden om aanpalende ruimtes te verwarmen.

Climate responsive design wordt niet gekwantificeerd in de GRO. Andere energiecriteriën wel (Figuur 4.16).

De score voor ENE1 (energieprestatie) wordt gegeven op basis van de meerprestatie van het E-peil ten opzichte van de geldende EPB-regelgeving (Kader 4.14). Het Energiebeleidsplan schrijft voor dat gebouwen bijna-energie neutraal (BEN) (Kader 4.15) moeten zijn, maar de exacte E-score voor de nieuwbouw is nog niet gekend. De EPB-regelgeving is al zeer hoog (BEN) waardoor het moeilijk is om op dit punt goed te scoren. De vraag stelt zich bovendien of het nodig is om beter te presteren dan het E-peil van BEN. Energiezuinig bouwen heeft immers ook implicaties voor GEB1 (invloed van de gebruiker). Hoe energiezuiniger het gewenste gebouw, hoe minder ruimte voor de gebruiker om het comfort te beïnvloeden. Ramen mogen er bijvoorbeeld niet zonder meer geopend worden.

4.2. CASESTUDY: NIEUWBOUW FBW OP CAMPUS PROEFTUIN (GRO)

ENE1. energieprestatie: <i>niet voldaan</i>	legende oorsprong info:
"streven naar energiezuinige gebouwen, performante gebouwschil".	
"goed" als E-peil minstens 10% beter dan EPB-regelgeving. BEN	(-) GRO aspecten
GEB1. invloed van de gebruiker op het individueel comfort: <i>onvoldoende info</i>	GRO
"mogelijkheid om comfort individueel te beïnvloeden verhoogt tevredenheid van de gebruiker"	interview
zonwering, verblinding, temperatuur in winter en zomer, verlichting, ventilatie	eigen interpretatie
bonus: innovatieve oplossingen	plannen CS
ENE2. hernieuwbare energie. fossielvrij: <i>uitstekend</i>	MAP Proeftuin
warmtepompen, bijna fossielvrij (wel nog aardgas voor laboepassingen), misschien windturbine	OWRL
1. haalbaarheid/rendabiliteit hernieuwbare energieën: "welke maatregelen voor hernieuwbare energie kunnen op economisch verantwoorde manier toegepast worden?": <i>uitstekend</i>	EBP
2. aandeel hernieuwbare energie. "uitstekend" (≥ 25%)	
bonus: aandeel hernieuwbare energie: ≥ 50% (ja), ≥ 75% (ja), ≥ 100%	
ENE3. energiezuinige installaties/toestellen: <i>onvoldoende info</i>	
Europese energielabels ≥ A: <i>buitenverlichting, binnenverlichting, liften, verwarmingstoestellen, warmwaterbereiders</i> ; ≥ A++: <i>elektrische huishoudelijke toestellen (koelkasten, diepvriezers, wasmachines, ovens ...)</i>	
BEH1. energiemonitoring: <i>onvoldoende info</i>	
nodige voorzieningen om het energieverbruik te registreren, analyseren en indien nodig bij te sturen en te optimaliseren	
1. basis energiemonitoring: telemeters op hoofdnutsaansluitingen. energieboekhouding. ja	
2. update energiemonitoring: + dataloggers: continu uitleesbaar	
3. submetering van grootste verbruikers (bv ruimteverwarming, koeling, ventilatie, verlichting), gebruikers en zones	
LCC3. energieverbruik, -kosten en CO ₂ -uitstoot berekenen: <i>niet voldaan</i>	
"voldaan": <i>rekenblad ingevuld + beschrijvende nota (goede en minder goede punten en waarom)</i>	
BIN2. thermisch comfort in alle seizoenen (<i>welk thermisch comfort wordt nagestreefd heeft invloed op het energieverbruik</i>): <i>onvoldoende info</i>	
1. wintercomfort. <i>uitstekend: 22 ± 1°C beter: 22 ± 2°C goed: 22 ± 3°C</i>	
2. zomercomfort: a. adaptief: nachtventilatie, voldoende opengaande ramen (1 opengaand raam per 2 personen). b. niet-adaptief: actieve/mechanische koeling	
3. lokale behaaglijkheid: a. verticale temperatuurgradiënt (<i>te groot temperatuurverschil tussen hoofd en enkels kan een thermische onbehaaglijkheid veroorzaken</i>); b. tocht	
4. relatieve vochtigheid	

Figuur 4.16: De kwantitatieve GRO-aspecten aangaande energie en de verklaring voor de gegeven score in tabel 4.3. De achtergrondkleuren van de kaders en/of tekst geven aan waar de informatie vandaan is gehaald. EBP = Energiebeleidsplan, BEN=bijna-energieneutraal.

Kader 4.14: EPB

De meeste nieuwe gebouwen in Vlaanderen moeten aan bepaalde energienormen voldoen. Die normen worden de EPB-eisen genoemd. EPB staat voor 'Energieprestatie en Binnenklimaat'. De EPB-eisen omvatten energieprestatie, thermische isolatie, binnenklimaat en een minimumaandeel hernieuwbare energie (Figuur 4.17).

Voor energieprestatie speelt luchtdichtheid een belangrijke rol. Vaak sijpelt er koude buitenlucht langsheen kieren en spleten aan bijvoorbeeld ramen en deuren naar binnen. Dit worden lekverliezen of ongecontroleerde ventilatieverliezen genoemd. Door die verliezen te beperken, worden zowel het E-peil als het S-peil verlaagd (Figuur 4.17).

De EPB-eisen hangen af van de bestemming van het gebouw, de aard van de werken (nieuwbouw of renovatie) en het jaar van de bouwaanvraag. Wanneer één of meerdere EPB-eisen niet zijn voldaan, wordt een boete geriskeerd. Om de paar jaren worden de EPB-eisen strenger. Vanaf 2021 moeten alle nieuwe gebouwen bijna-energie neutraal (BEN) gebouwd worden (Kader 4.15).

Kader 4.15: BEN

Bijna-energie neutraal (BEN) bouwen is vanaf 2021 verplicht in Vlaanderen. BEN-gebouwen verbruiken weinig energie voor verwarming, ventilatie, koeling en warm water en de energie die nog nodig is, wordt grotendeels uit groene energiebronnen gehaald.

In het masterplan van campus Proeftuin wordt voorgesteld om een globale visie rond energieopwekking op de campus te ontwikkelen. Daarin wordt de campus als een systeem bekeken en worden kansen bekeken voor onderlinge energie-uitwisseling en integratie van van seizoens- en dag/nacht buffering. Er zijn verschillende opties onderzocht. Een van de opties was het gebruik van de restwarmte van IVAGO (warmtewarmte), maar hier werd ondertussen van afgestapt omwille van budgettaire redenen en geen garantie inzake beschikbaarheid en bedrijfszekerheid. Een andere overwogen optie was een BEO-veld (BoorgatEnergieOpslag), een gesloten leidingsysteem waarbij energie wordt uitgewisseld met de bodem en grondwater rond de boorput. Het rendement is afhankelijk van de mate waarin gelijktijdigheid van warmte- en koudebehoefte optreedt. Koudewarmteopslag (KWO) (open bronnen) hebben een rendementsvoordeel, maar dit is enkel mogelijk op specifieke locaties. Bij KWO wordt er gewerkt met warme en koude putten en wordt grondwater uit de bodem onttrokken uit de ene put

en teruggepompt in de andere in functie van de cyclus. De gegeven site is hiervoor ongeschikt. Omwille van een beperkt rendement van een BEO-veld en budgettaire redenen wordt uiteindelijk geopteerd voor (niet-geothermische) lucht-water warmtepompen. Deze warmtepompen samen met zonnepanelen op het dak maken het gebouw bijna fossielvrij. Enkel voor labotoepassingen (onder meer bunzenbranders) wordt nog aardgas gebruikt. De genoemde elementen geven GRO-criterium ENE2 de score "uitstekend".

invloedfactoren	EPB		
	maat	onderdeel	eis (2021, nieuwbouw, niet-residentieel)
compactheid, oriëntatie, bezonning, vaste installaties	E-peil	energieprestatie	≤ E30 (BEN)
luchtdichtheid	S-peil	thermische isolatie	≤ S31
vormefficiëntie, isolatie van de schildelen, verhouding glas-vloeroppervlakte	U-waarden (W/m ² K)		≤ 0.24 voor daken, buitenmuren en vloeren; ≤ 1.50 voor vensters; ≤ 2.00 voor deuren
grootte en oriëntatie van vensters, zonnewering	ventilatie	binnenklimaat	goed ventilatiesysteem aanwezig
beschaduwning vensters	oververhittings-indicator		≤ 6500 Kh
	hoeveelheid	hernieuwbare energie	≥ 20 kWh/m ² jaar

Figuur 4.17: Overzicht van de EPB-eisen 2021 voor een niet-residentiële nieuwbouw en enkele invloedfactoren. De energieprestatie, uitgedrukt in een E-peil, moet sinds 2021 voldoen aan de eisen van bijna-energieneutraal (BEN). Het S-peil (schilpeil) drukt de energie-efficiëntie van de gebouwschil uit en is onder meer afhankelijk van de luchtdichtheid, de vormefficiëntie (hoe goed de geometrie van het gebouw aansluit bij de meest compacte vorm, een bol) en de isolatie van de schildelen (dak, vloer, muur). De U-waarde is de warmtedoorgangscoefficiënt van een constructiedeel en geeft aan hoeveel warmte er per seconde en per vierkante meter verloren gaat als het temperatuurverschil tussen binnen en buiten 1 °C is. De aanwezigheid van een ventilatiesysteem en -voorzieningen voor de toe- en afvoer van lucht is verplicht, maar de eisen en noodzakelijke debieten verschillen. De oververhittingsindicator moet onder een drempelwaarde van 6500 Kh (Kelvinuur) blijven om het risico op oververhitting te beperken. Beschaduwning van vensters door bijvoorbeeld luifels verlaagt deze indicator. Onder hernieuwbare energie vallen volgende opties: zonnepanelen, zonneboiler, warmtepomp, verwarmingssysteem op biobrandstof, aansluiten op een hernieuwbaar warmtenet of participeren in een project voor hernieuwbare energie. (Eigen schema, gebaseerd op Vlaanderen.be.)

Daarnaast wordt ook een windmolen gepland op de site, maar hierbij zijn er problemen met de omgevingsvergunning. Het gebouw en de windmolen zijn aparte dossiers en in het ontwerp van het gebouw wordt geen rekening gehouden met de eventuele komst van een windmolen.

Om aan LCC3 te voldoen dient het energieverbruik, de energiekosten en de CO₂-uitstoot berekend te worden op basis van de gegevens uit een EPB-berekening. Per EPB-eenheid (bijvoorbeeld "labo 1") wordt voor verwarming, koeling, sanitair warm water, verlichting, en hulpenergie (ventilatie, pompen ...) de netto energiebehoefte, het eindenergieverbruik, de primaire energiefactor, het primaire energieverbruik, de

CO₂-uitstoot en de energiekosten bepaald waarna die van zonnepanelen en warmtekrachtkoppeling worden afgetrokken. Voor dit criterium geldt enkel 'voldaan' of 'niet voldaan'.

Zowel in de GRO als in het Energiebeleidsplan wordt niet gesproken over ingebedde energie, terwijl het aandeel daarvan (zoals besproken in paragraaf 2.2.1) in de totale energie stijgt naarmate gebouwen energiezuiniger worden. Het verlagen van de energie is een belangrijke maatschappelijke en economische context en dit moet op alle vlakken en in alle stadia gebeuren, niet enkel in het operationele stadium. De materialen die nodig zijn om gebouwen zo energie-efficiënt te maken als vandaag vereist wordt, hebben veel energie nodig voor hun productieprocessen. Er moet een balans gevonden worden tussen energie en materialen.

4.2.5 Groen, biodiversiteit en waterberging

"We moeten stoppen met voor nieuwbouwprojecten steeds opnieuw groene ruimte aan te snijden."

Zoals besproken in paragraaf 2.5 heeft vegetatie belangrijke functies. Niet alleen houdt vegetatie de grondtemperatuur lager dan asfalt doet (paragraaf 4.2.4) en beperkt vegetatie het hitte-eilandeffect, ook voor waterberging speelt vegetatie een belangrijke rol. Deze paragraaf bestaat uit twee delen: het eerste deel gaat in op 'groen' (Figuur 4.18) en het tweede deel geeft een overzicht van de GRO-criteria rond 'water' (Figuur 4.19).

Voor de bouw van het case study gebouw wordt een bestaand loofbos aangesneden (MA2). Het Biodiversiteitsplan (paragraaf 4.1.3) is er onder meer naar aanleiding van deze nieuwbouw gekomen, "weeral bouwen op groen gebied". MA2 (bodemgebruik) heeft tot doel het aansnijden van ecologisch waardevolle terreinen te vermijden en het gebruik van verontreinigde gronden en bestaande gebouwen te bevorderen. Ecologisch minder waardevolle terreinen, *brownfields* (Kader 4.16) en gesaneerde gronden krijgen een betere beoordeling dan het aansnijden van onontgonnen terreinen. Ook het gebruik van bestaande gebouwen krijgt een betere beoordeling. Op het feit na dat een deel van de verhuizende mensen van de FBW in bestaande gebouwen op de site wordt gehuisvest, scoort de nieuwbouw slecht op het criterium MA2. Wel geeft het masterplan van de campus aan dat de gebouwen zo compact mogelijk zijn en de bezette grondoppervlakte geminimaliseerd wordt door functies te stapelen.

4.2. CASESTUDY: NIEUWBOUW FBW OP CAMPUS PROEFTUIN (GRO)

GROEN	legende
MA2. bodemgebruik: <i>niet voldaan</i>	oorsprong info: eigen interpretatie MAP Proeftuin plannen CS interview MOBER
<i>aansnijden van ecologisch waardevolle terreinen vermijden, gebruik van verontreinigde gronden en bestaande gebouwen bevorderen</i>	
(1) biologische waarde (hoe lager, hoe beter). BWK: " <i>biologisch waardevol</i> " (niet voldaan); (2) bodemgebruik (loofbos) (niet voldaan); (3) brownfield (nee); (4) gebruik van gesaneerde vervuilde gronden (" <i>geen ernstige vervuiling</i> ") (nee); (5) hergebruik van bestaande gebouwen (deels)	
OMG1. biodiversiteit: opmaak inrichtings- en beheerplan: <i>beter</i>	
1. inventarisatie: vegetatieopnamen (bomen, geen andere soorten) + kartering: BWK, Natura2000, VEN, IVON, ferraris kaarten (cultuurhistorische landschapselementen), reliëf, bodemtype (ja, alluviale klei, opgespoten baggerslib), type begroeiing (ja), bestaande verharding, bomen, bos en waardevolle landschapselementen (ja), natuurverbindingen/blauwgroene netwerken (ja), eventuele aanwezigheid van planten uit de blacklist / watchlist / alertlist van invasieve exoten (nee); berekening BAF (nee) inventarisatie van het aanwezige groen en de waardevolle bomen op de campus. een deel van de campus behoorde tot het voormalig kasteelpark d'Uplinter 2-3. analyse resultaten en integratie in het ontwerp: advies inwinnen van ecoloog (van een landschapsarchitect), juiste plant op juiste plaats (ja), maximaal behoud van bomen (ja) en boomgroepen en waardevolle elementen, diversiteit aan soorten (plantensoorten), voorkeur voor inheems (ja) en autochtoon plantmateriaal, soorten die goed zijn voor bestuivers/vogels (ja), onderhoudsarme omgevingsaanleg (voor extensief beheer) (ja, bepaalde delen), waar mogelijk spontane processen (ja, "ruimte en tijd geven aan spontane ontwikkeling, met gericht extensief beheer"), zo veel mogelijk waterretentie en infiltratie, doorlatende verharde zones (ja, deels), gazon = uitzondering, aangepaste verlichting met laag aantrekkingseffect voor insecten en vleermuizen (ja), zo veel mogelijk variatie (-> gradiënten creëren: nat/droog (ja), zon/schaduw (ja), gelaagdheid vegetatie (ja), reliëfverschillen (ja) ...), natuurinclusieve bouwelementen (extensief groendak, daktuinen, gevelbeplanting, nestkastjes, nestgelegenheid, insectenhôtels), bestaande groen-blauwe corridors versterken en nieuwe creëren, natuurlijke waterhuishouding tijdens en na werken zoveel mogelijk in stand houden en versterken	
LCC1. onderhoudsvriendelijk ontwerpen - onderhoudsvriendelijke planten (<i>beter</i>)	
potentieel: extensief beheer: versralen -> planten groeien minder snel; minimale verharding (" <i>betreding is de goedkoopste onkruidbestrijder</i> ")	
LCC2. schoonmaakbewust ontwerpen - olifantenpaadjes vermijden (-> toegangswegen logisch) (<i>beter</i>)	
4. minimale schade voor fauna en flora tijdens werffase: bodemverdichting vermijden waar vegetatie gewenst is, te behouden planten en bomen + natuurlijke waterlopen beschermen, verontreiniging van bodem, water en lucht voorkomen	
5. plan voor beheerfase (ja): samenwerken met UGent groendienst (nee), geen pesticiden (ja), informatiepaneel indien extensieve of wild groeiende groenaanleg gepland is, detectie en verwijdering van invasieve exoten, lijst van streekeigen planten voor extra aanplantingen ...	
campusbeheerplan: opwaardering boslandschap en waterpartijen met aandacht voor inheemse soorten, diversiteit en structuur	
bonus: min 30% verbetering BAF+ indicator tov oorspronkelijk	
MA1. synergieën met de buurt en ruimtelijke kwaliteit: <i>beter</i>	
1. aftoetsing aan beleidskader ruimtelijke structuur (ja: gewestplan ('industrie': grootschalige, evt storende ontwikkelingen mogelijk), GRUP ('afbakening grootstedelijk gebied Gent'), RSG ('kennispolen in Zuidelijke Mozaiëk'))	
2. inventaris van netwerken: groen en blauw (ja, groenas G4 Bovenschelde ; de site is waterrijk, maakt deel uit van het overstromingsgebied van de Schelde en van het valleigebied van de Bovenschelde), OV (ja), wegen (ja), diensten en voorzieningen (nee), recreatief (nee), energie (ja, IVAGO): 1 overzichtsplan? <i>niet voldaan</i>	
3. potentiële synergieën met de omgeving en versterking van de ruimtelijke kwaliteit: (a) aanwezigheid van functies die elkaar verder gaan aanvullen? (deel van kennispool RSG, +); (b) multifunctionele invulling? (onderwijs, onderzoek, recreatie, +); (c) hefboom voor positieve ontwikkeling van de buurt? (verhoogde dynamiek op de campus, potentieel om recreatieve ruimten te verbinden, +); negatieve invloed zoals verkeersbelasting? (ja, -); (d) deel van MAP/ontwikkelingsproject? (ja), (e) versterking blauwgroene verbindingen? (bos wordt opgewaardeerd, groenas versterken, +; bos wordt gekapt, -); (f) site open voor publiek? (overdag wel, +; buiten werkuren niet, -); (g) recreatievoorzieningen? (Stad Gent wil fietspad over de site, jogging-/denkpaden, ontmoetingen stimuleren, +)	

Figuur 4.18: Overzicht van de GRO-criteria gerelateerd aan groen (paragraaf 4.2.5) en de verklaring voor de gegeven score in tabel 4.3. De achtergrondkleuren van de kaders en/of tekst geven aan waar de informatie vandaan is gehaald. BD = biodiversiteit, BWK = Biologische Waarderingskaart, OV = Openbaar Vervoer, MAP = masterplan, MOBER = mobiliteitseffectenrapport (andere afkortingen en verdere uitleg: kader 4.18, kader 4.19 en 4.20).

Kader 4.16: *Brownfields*

Een *brownfield* is verlaten of onderbenut terrein dat moeizaam tot herontwikkeling komt door bijvoorbeeld complexiteit, hoge ontwikkelingskosten of onzekerheden (GRO, 2020).

Kader 4.17: *OMG1 in GRO 2017*

Waar er nu drie OMG-criteria zijn, waren dat er in de GRO 2017 vier (Figuur 3.4). De toenmalige OMG1 (grondgebruik) is vervallen en wordt (deels) opgenomen in MA2. 'OMG2, OMG3 en OMG4' in de GRO 2017 werden 'OMG1, OMG2 en OMG3' in de GRO 2020. De oorspronkelijke OMG1 omvatte de doelstelling 'het beperken van de inname, wijziging en verharding van de oppervlakte'. Hierbij golden twee eisen: (1) footprint van het gebouw minimaliseren door een compact gebouw en verticale stapeling van functies en (2) verharde oppervlakken beperken. Hoewel verharding gerelateerd is aan de deeleisen van MA2 in de GRO 2020 en gelinkt aan het beperken van de waterafvoer (WAT3.1) en aan de berekening van de Biotope Area Factor (BAF) (OMG1.1), wordt het beperken van verharding en het stapelen van functies weinig expliciet gemaakt in de GRO 2020. Dit is echter wel bijzonder belangrijk voor de waterhuishouding.

Essentieel voor het behoud en de uitbouw van de lokale biodiversiteit is de inventarisatie en de analyse van de bestaande situatie, de integratie van de analyseresultaten en aandacht voor biodiversiteit in het ontwerp, als ook een plan voor de werffase en de beheerfase. Dit alles wordt in het inrichtings- en beheersplan gebundeld (OMG1). De inventarisatie van het aanwezige groen en de waardevolle bomen op de campus was een belangrijke eerste stap in de opmaak van het masterplan van Campus Proeftuin.

Kader 4.18: 1 extra zin bij enkele kaarten aangaande biodiversiteit

Natura2000 is een Europees netwerk van beschermde natuur (soorten en habitats). Het Vlaams Ecologisch Netwerk (**VEN**) en het Integraal Verwevings- en Ondersteunend Netwerk (**IVON**) zijn een verzameling van waardevolle en gevoelige groene gebieden in Vlaanderen. Ze vormen de belangrijkste beleidskaders voor het behoud en de ontwikkeling van biodiversiteit in Vlaanderen.

De **Ferrariskaart** ('kabinetskaart van de Oostenrijkse Nederlanden') is een gedetailleerde topografische kaart van België en het Groothertogdom-Luxemburg opgemaakt in de periode 1771-1778.

Kader 4.19: Invasieve exoten

Invasieve uitheemse soorten (exoten) in België worden ingedeeld in drie groepen: *alert list*, *watch list* en *black list*. Deze indeling wordt opgemaakt op basis van de impact van een soort op het milieu (laag tot hoog) en de huidige invasiestatus (afwezig tot wijd verspreid). Soorten op de *alert list* zijn invasief in buurlanden, maar nog niet genaturaliseerd (gevestigd met een zelfvoorzienende populatie) in België. De *watch list* zijn soorten in verschillende fases van invasie met een matige impact op het milieu en de *blacklist* zijn soorten met een hoge impact op het milieu.

Kader 4.20: BAF(+)

BAF staat voor *Biotope Area Factor* (biotoop-oppervlakte factor) en is een indicator die de vergroening van een site kwantificeert. Hoe groter de waarde, hoe groter de vergroeningsgraad. BAF wordt berekend als de verhouding van de ecologisch nuttige oppervlakte op de totale perceeloppervlakte. Voor de ecologisch nuttige oppervlakte worden de oppervlaktetypes gewogen voor hun biodiversiteitspotentieel. Verschillende habitats hebben verschillende wegingsfactoren, van 0 per m² (volledig verharde oppervlakte zoals beton en asfalt) tot 1 per m² (open vegetatie in volle bodem). Zowel open vegetatie als groengevels, groendaken en wateroppervlakken tellen mee. Meer informatie en enkele rekenvoorbeelden kunnen gevonden worden op berlin.de/BAF.

BAF+ is een verderontwikkeling van BAF voor de stedelijke context. BAF+ rekent niet met de werkelijke ecologische waarde, maar met het potentieel van een site.

Voor de analyse van de resultaten en integratie in het ontwerp dient advies ingewonnen te worden van een ecooloog of een specialist inzake omgang met bestaande en uit te bouwen biodiversiteit. Het masterplan van campus Proeftuin werd mee vormgegeven door een landschapsarchitect (Ontwerpbureau Pauwels). De inplanting van de nieuwbouw (en de toekomstige volumes) werd gestuurd door de inventarisatie van de waardevolle bomen. Het gebouw wordt geplaatst ten zuiden van de te behouden waardevolle bomen en zo westelijk mogelijk om een minimale hoeveelheid bos aan te snijden en toekomstige ontwikkelingen maximaal toe te laten. Op het dak van het gebouw wordt (conform de stedelijke bouwvoorschriften) een (extensief) groendak

aangelegd om het hitte-eiland effect te verminderen. Het masterplan geeft aan dat er ingezet zal worden op een opwaardering van het bos met aandacht voor inheemse soorten, diversiteit en structuur. Voor bepaalde delen wordt extensief beheer gepland met ruimte voor natuurlijke processen.

"Betreding is de goedkoopste onkruidbestrijder" (Jan Mertens, docent Groenbeheer UGent).

Ook LCC1 en LCC2 gaan in een deelaspect in op de groenaanleg. Een van de deelelementen van LCC1 (onderhoudsvriendelijk ontwerpen) is het gebruiken van onderhoudsvriendelijke planten. In het masterplan wordt aangegeven dat bepaalde delen extensief beheerd zullen worden. Extensief beheren en verschralen biedt potentieel voor onderhoudsvriendelijk ontwerp aangezien planten op verschraalde bodems minder snel groeien. Ook het kiezen voor minimale verharding heeft voordelen voor onderhoudsvriendelijk ontwerp. Op verharding die intensief belopen wordt, maakt onkruid weinig kans. In het kader van LCC2 (schoonmaakbewust ontwerpen) dienen toegangswegen logisch aangelegd te worden zodat olifantenpaadjes vermeden worden.

Als vierde stap in OMG1 dient een werkplan te worden opgesteld over hoe de aannemer het project kan realiseren met minimale schade voor fauna en flora tijdens de werffase. Verdichting wordt vermeden op plaatsen waar vegetatie gewenst is en er dient bijzondere aandacht te gaan naar de wortels van bomen. De (oppervlakkige) fijne wortels van bomen zijn van groot belang voor opname van voedingsstoffen. Als algemene regel geldt dat de boom minstens voor de oppervlakte van de projectie van de kruin beschermd moet worden.

De laatste eis van OMG1 is een plan voor de beheerfase. Hiervoor dient samengewerkt te worden met lokale partners. In het geval van de UGent is dit de UGent groendienst.

"Door netwerken en structuren in kaart te brengen, kunnen mogelijke synergieën tussen de site en de omgeving ontdekt en ruimtelijke kwaliteiten versterkt worden" (GRO, 2020).

MA1 (ruimtelijke kwaliteit) bestaat uit drie deeleisen: (1) aftoetsing aan beleidskader ruimtelijke structuur, (2) inventaris van netwerken en (3) potentiële synergieën met de buurt. Hier werd in het masterplan sterk op ingezet.

Om aan de eerste deeleis te voldoen, dient een nota 'aftoetsing ruimtelijk beleidskader' opgesteld te worden. In die nota wordt het project afgetoetst aan relevante ruim-

telijke instrumenten. Dit werd opgenomen als deel van het masterplan. Hierin worden het gewestplan, het gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan (GRUP), het Ruimtelijk Structuurplan Gent (RSG) en de Structuurvisie 2030 'Ruimte voor (alle) Gent(enaars)' bekeken.

In het gewestplan is de campus ingekleurd als industriegebied en in het GRUP ligt de site binnen de contour van 'Kennispolen in de Zuidelijke Mozaïek'. In het RSG wordt het bos op de site omschreven als een belangrijk kleiner natuurgebied op gemeentelijk niveau. Gebaseerd op het RSG werd de Structuurvisie 2030 'Ruimte voor (alle) Gent(enaars)' opgemaakt. In die visie wordt gehamerd op het belang van groene ruimte (Kader 4.21). De site situeert er zich in de 'Zuidelijke strategische zone' die verder wordt uitgebouwd als kennispoort van de stad door toe te spitsen op kennisbedrijvigheid, kantoren en onderwijs.

Kader 4.21: Belang van groen volgens Stad Gent

Stad Gent zet sterk in op de klimaatrobuuste stad en uit dat in de Structuurvisie 2030 'Ruimte voor (alle) Gent(enaars)': Groene onverharde ruimte is noodzakelijk voor de sponswerking van de stad, zorgt dat hemelwater kan infiltreren, grondwaterreserves aangevuld worden en wateroverlast vermeden wordt. Daarvoor wordt de verharding teruggedrongen. Groen, zeker in combinatie met water, verkoelt de stad in de zomer en mildert het stedelijk hitte-eiland-effect. Daarenboven heeft groen ook een positieve invloed op de luchtkwaliteit.

In de tweede deeleis worden verschillende netwerken geïnventariseerd. Ook dit kwam aan bod in de opmaak van het masterplan. De noord- en oostzijde van de campus maken deel uit van de Groenas G4 Bovenschelde uit het RSG (Kader 4.22). De site is waterrijk, maakt deel uit van het overstromingsgebied van de Schelde en van het valleigebied van de Bovenschelde.

Kader 4.22: Groenassen

Groenassen zijn radiale verbindingen in de open ruimte tussen de kernstad en het buitengebied. Water, groen en een doorlopende (recreatieve) fietsas vormen de dragers.

De derde eis bekijkt de potentiële synergieën. De beoordeling gebeurt aan de hand van een nota die ingaat op de kansen om verschillende functies in het gebied beter in samenhang te laten functioneren en de eventuele negatieve impact van het project op de buurt. Het opgestelde masterplan vult de functie van de nota in.

Waar geen drinkwater vereist is, wordt geen drinkwater gebruikt (GRO, 2020).

Waterhuishouding is een belangrijk maatschappelijk thema. Zoals aangehaald in paragraaf 2.5 speelt groen hierin een belangrijke rol. Figuur 4.19 geeft een overzicht van de GRO-criteria rond water, maar dit is niet de scope van dit onderzoek en er wordt niet verder op ingegaan.

Stad Gent heeft bepalingen in verband met hemelwaterbeheer, groendaken en het beperken van verharding tot het minimum noodzakelijke voor ontsluiting en functioneren. Dit gegeven is de aanleiding tot de sterke inzet op water in het masterplan van campus Proeftuin. De kleibodem maakt infiltratie van water moeilijk waardoor wordt ingezet op open wadi's en het gebruik van de bestaande vijver om het water vast te houden en niet te laten afstromen naar de riolering. Ook wordt water maximaal hergebruikt voor de toiletten.

4.3 De case study, UGent beleidskaders en de GRO

In tabel 4.8 wordt de casestudy in perspectief geplaatst ten opzichte van de UGent beleidskaders en figuur 4.20 geeft een vergelijking van de belangrijkste elementen uit de UGent beleidskaders en de GRO. Bijna alle elementen van de GRO komen terug in de UGent beleidskaders. Enkel milieu-aspecten (MIL1-MIL3: overstromingsrisico, buitenluchtkwaliteit en buitengeluid) en materialenpaspoort (MAT3) werden niet expliciteerd in de UGent beleidskaders. De UGent beleidskaders zetten bovendien extra in op efficiënt ruimtegebruik, interdisciplinariteit, gevarieerde ruimtebeleving en klimaatrobuuste campussen.

WATER. ter plaatse hergebruiken en infiltreren van hemelwater	legende oorsprong info: MAP Proeftuin eigen interpretatie interview OWRL
WAT1. drinkwaterverbruik beperken: <i>onvoldoende info</i>	
(1) <u>waterbesparende</u> toestellen, kranen, douches (<i>bv toiletten en urinoirs: dubbele spoelknop</i>); (2) waterteller (monitoring): gewone waterverbruik + regenwaterverbruik opgesplitst; (3) goed ontwerp waterdistributie (<i>beperken materiaal, energieverliezen, waterverbruik en wachttijden</i>)	
WAT2. hergebruik van water: <i>onvoldoende info</i>	
na WAT1: "optimale afstemming beschikbare waterkwaliteit met benodigde waterkwaliteit" (' <u>geen drinkwater gebruiken waar het niet vereist is</u> '): zwartwater van toiletten en grijswater van douches biologisch zuiveren met rietveld -> gebruiken voor toiletten; kleine regenwaterput voor irrigatie	
berekening totale waterbehoefte; hoeveelheid beschikbaar regen- en grijswater; dimensionering tank voor regenwateropslag en grijswaterrecuperatie: <i>niet voldaan</i>	
1. dekingsgraad door hergebruik water (hergebruik water / totale waterbehoefte) ($\geq 50\%$: " <i>uitstekend</i> "): <i>onvoldoende info</i>	
2. benut potentieel van beschikbaar regenwater (hergebruik regenwater / beschikbare regenwateraanbod) (<i>soms is de dekingsgraad klein, maar is het beschikbare regenwater wel maximaal benut</i>) ($\geq 90\%$: " <i>uitstekend</i> "): <i>onvoldoende info</i>	
bonus: 90% van de waterbehoefte die door grijs-/regenwater gedekt kan worden, wordt zo gedekt	
WAT3. waterafvoer: <i>onvoldoende info</i>	
<i>volume en afvoerdebiet van te lozen water beperken en vervuiling van water tegengaan (3-stapsstrategie: "vasthouden, bufferen, afvoeren")</i>	
1. <u>lekdebiet naar afvoerpunt beperken</u> ($\leq 1\text{L/s/ha}$: " <i>uitstekend</i> "): waterhuishouding: hoge grondwatertafel, weinig infiltrerende kleigrond/baggerspecie -> water maximaal bufferen in <u>wadi's</u> , afloop naar vijver zodat geen regenwater naar riolering; overloop van vijver komt in de Schelde terecht; <u>verhardingen beperken</u> , bij voorkeur grasdallen (" <i>verzamelplaatsen voor bij evacuatie bij voorkeur verhard</i> "): <i>echt nodig?</i> ; verhardingen beperken tot enkele structurerende, functionele wegen en paden, maximaal inzetten op waterdoorlatende verhardingen: (a) gemotoriseerd verkeer: (i) wegen voor hulpdiensten en onderhoud: grastegels; (ii) dienstweg voor zwaar verkeer en leveringen: beton / asfalt (<i>afwatering in zijdelingse, versterkte groenstroken, geen goot</i>); (b) voet- en fietspaden: beton; aan weerszijden grastegels (brandweerweg); (c) inkomplein en rustplaatsen in de centrale groenzone en aan ieder gebouw (<i>echt nodig?</i>)	
2. <u>ledigingstijd buffer</u> (buffervolume/lekdebiet) <u>zo klein mogelijk</u> ($\leq 6\text{u}$: " <i>uitstekend</i> ")	
3. <u>watervervuiling vermijden</u> : regenwater laten infiltreren zo dicht mogelijk bij plaats waar neerkomt; lekkages van technische installaties of gevaarlijke stoffen opvangen en los van afvoernet verwijderen; ecologische materialen; groen(daken) zonder kunstmest en pesticiden (<i>UGent als overheid: geen pesticiden bij groenaanleg</i>); zuiveringsvoorzieningen)	

Figuur 4.19: Overzicht van de GRO-criteria gerelateerd aan water (paragraaf 4.2.5) en de verklaring voor de gegeven score in tabel 4.3. De achtergrondkleuren van de kaders en/of tekst geven aan waar de informatie vandaan is gehaald. Het lekdebiet (WAT3) is de hoeveelheid regenwater die vanuit het perceel naar de collectieve afvoer stroomt (riool, rivier, watervlak, lager gelegen collectieve ruimte ...). De ledigingstijd is de maximale tijd vooraleer de buffervoorziening leeg is en een volgende bui gebufferd kan worden.

HOOFDSTUK 4. RESULTATEN

		Nieuwbouw N16 campus Proeftuin		
1. RUIMTE: efficiënt en zuinig ruimtegebruik				
1a. niet bouwen als niet noodzakelijk	ruimtetekort, maar waarom niet Sterre?			
1b. gedeeld gebruik van ruimte en infrastructuur				
1b1. functioneel zoneren en groeperen van soortgelijke activiteiten	3 gerelateerde vakgroepen			
1b2. 'Anders Werken', geen individueel toegewezen werkplekken				
2. ENERGIE				
2a. energiezuinig (BEN, isolatie, energiezuinige installaties)				
2a1. energieboekhouding				
2a2. daglicht				
2a3. trapgebruik stimuleren				
2b. hernieuwbare energie				
2b1. fossielvrij	bijna, enkel voor labtoepassingen nog gas			
3. SOCIAAL				
3a. kwantitatief en kwalitatief voorzien in behoefte van alle gebruikers	het is zeer krap			
3a1. comfort (thermisch, akoestisch, visueel, luchtkwaliteit)				
3a2. gevarieerde ruimtebeleving				
3a3. aantrekkelijke campussen				
3a4. integraal toegankelijk	'rationeel'			
3a5. veilig				
3a6. bereikbaar	auto	fiets en te voet	OV	
3b. erfgoedwaarde				
3c. interdisciplinariteit				
3d. openstellen voor buurtbewoners / samenleving				
4. ORGANISATIE				
4a. beheersbaar				
4a1. robuust en onderhoudsvriendelijk				
4b. functioneel				
4c. flexibiliteit: modulair, generiek, aanpasbaar, uniform				
4d. masterplan (op campusniveau / over campussen heen)				
4e. overleg	veel 'heen en weer'			
4f. klimaatrobuuste campussen				
5. GROEN				
5a. behoud van groen en biodiversiteit				
5b. versterking van biodiversiteit				
5c. uitbreiding: ontharding, vergroening	gepland, maar geen budget voorzien			
5d. vermijd > minimaliseer > herstel > compenseer	hebben hun best gedaan, maar groen verdwijnt			
6. WATER				
6a. gesloten waterkringlopen				
6a1. regenwaterrecuperatie				
7. CIRCULAIR BOUWEN				
7a. veranderingsgericht, aanpasbaar, shearing layers of Brand	! budget			
7b. milieuvriendelijke materialen	beton			

Tabel 4.8: De belangrijkste elementen uit de UGent beleidskaders en de mate waarin er op wordt ingezet in de nieuwbouw case study (groen = sterk op ingezet, geel = matig, rood = niet op ingezet; grijs = niet van toepassing).

4.3. DE CASE STUDY, UGENT BELEIDSKADERS EN DE GRO



Figuur 4.20: Vergelijking van de belangrijkste elementen in de UGent beleidskaders en de GRO. De kleuren en stijlen van de lijnen hebben enkel als functie het overzicht te vergroten en hebben verder geen betekenis.

HOOFDSTUK 5

DISCUSSIE

Even if the finish line is 30 years away, the race starts now. The 2020s is the 'make or break decade' (Ursula von der Leyen, 2021).

De Europese Unie (EU) is vastberaden om uiterlijk in 2050 klimaatneutraliteit te bereiken. Dat wordt beschreven in de Europese Green Deal, voorgesteld in december 2019, en vastgelegd in de Europese klimaatwet die in juni 2021 in werking is getreden (Kader 5.1). Als tussentijds doel moet de EU haar netto broeikasgasemissies tegen 2030 met ten minste 55% verlagen ten opzichte van het niveau van 1990. Die verlaging van emissies moet op alle niveaus gebeuren: niet enkel op het operationele niveau, maar ook in de productieprocessen.

Kader 5.1: De eerste Europese klimaatwet

Met de eerste Europese klimaatwet wordt het politieke engagement van de EU om tegen 2050 klimaatneutraal te zijn in wetgeving verankerd. De klimaatwet verplicht de EU-instellingen en lidstaten om de nodige maatregelen te nemen om deze doelstelling te bereiken op een rechtvaardige en onderling solidaire wijze.

De doelstellingen zijn de volgende: (1) de langetermijnkoers uitzetten om tegen 2050 klimaatneutraliteit te bereiken; (2) een systeem opzetten voor de monitoring van de vooruitgang en zo nodig verdere actie ondernemen; (3) zorgen dat investeerders en andere economische actoren weten waar ze aan toe zijn; en (4) zorgen dat de overgang naar klimaatneutraliteit onomkeerbaar is.

De klimaatwet omvat onder andere: (1) de doelstelling om uiterlijk in 2050 klimaatneutraliteit te bereiken en (2) om de netto broeikasgasemissies uiterlijk in 2030 met ten minste 55% te verlagen in vergelijking met 1990; (3) de erkenning van de noodzaak om de EU *carbon sinks* te versterken; (4) een proces om een klimaatdoelstelling voor 2040 vast te stellen; (5) een verbintenis tot negatieve emissies na 2050; (6) sterke samenhang met de doelstelling van klimaatneutraliteit in alle beleidsmaatregelen van de EU; en (7) een toezegging om, samen met de desbetreffende sectoren, sectorspecifieke stappenplannen op te stellen

om verschillende sectoren van de economie op weg naar klimaatneutraliteit te helpen.

De circulaire economie is een van de belangrijkste bouwstenen van de Europese Green Deal. Een circulaire economie vermindert de druk op de natuurlijke hulpbronnen en is een voorwaarde om de doelstelling van klimaatneutraliteit te behalen en het verlies van biodiversiteit een halt toe te roepen. De helft van de totale broeikasgasemissies en meer dan 90% van het verlies van biodiversiteit en waterstress worden veroorzaakt door de winning en verwerking van hulpbronnen. Een circulair en duurzaam beheer van hulpbronnen is noodzakelijk. De nadruk wordt gelegd op de sectoren die de meeste hulpbronnen verbruiken en waar het potentieel voor circulariteit hoog is, zoals de bouwsector.

Kader 5.2: Bevoegdheden van de EU

Voor enkele sleutelthema's zoals milieu, energie en landbouw heeft de EU een gedeelde bevoegdheid met de lidstaten. Dit betekent dat zowel de EU als de lidstaten hierin beleidsinitiatief kunnen opnemen. Voor handel, douane en de bescherming van biologische mariene rijkdommen heeft de EU een exclusieve bevoegdheid. Dit betekent dat de lidstaten voor die domeinen de volledige bevoegdheid hebben overgeheven aan de EU.

In juli 2021 wordt een pakket voorstellen goedgekeurd om de klimaatdoelstellingen voor 2030 te halen. Deze omvatten onder andere een herziening van de energiebelastingsrichtlijn en van de richtlijn hernieuwbare energie.

Energieverbruik vertegenwoordigt 75% van de emissies van de EU. Dit maakt ook van energieverbruik en hernieuwbare energie een van de prioriteiten. Om een omschakeling naar schonere energie en een groenere industrie te stimuleren, wordt in het kader van de Europese Green Deal de energiebelastingsrichtlijn herzien. Hierdoor zullen brandstoffen belast worden op basis van hun energie-inhoud en milieuprestaties in plaats van op volume. Op die manier worden de meest vervuilende brandstoffen het zwaarst belast, komen de milieugevolgen per brandstoftype beter tot uiting en worden bedrijven en consumenten gemotiveerd om schonere, klimaatvriendelijkere keuzes kunnen maken.

Ook de richtlijn hernieuwbare energie wordt herzien. Tegen 2030 moet het aandeel van hernieuwbare energie in de EU-energiemix 40% bedragen, komende van bijna 20% in 2019. Een aanzienlijk aandeel (60% van de verbruikte hernieuwbare energie, 12% van de totale energiemix) wordt in 2019 ingevuld door bio-energie. Het gebruik van biomassa moet binnen duurzaamheidsgrenzen gehouden worden. Grondstofzui-

nig gebruik wordt aangemoedigd in overeenstemming met het cascaderingsbeginsel: houtproducten > levensduur verlengen > hergebruik > recycleren > bio-energie > verwijdering. Het gebruik van biomassa afkomstig van primaire bossen voor energieproductie wordt verboden, alsook het gebruik van nationale financiële stimuli voor energieopwekking met voor verzaging of finer geschikte stammen, blokken en wortels.

De natuur reguleert het klimaat, zorgt voor koolstofopslag en levert waardevolle hernieuwbare bronnen voor de bio-economie. Bossen zijn van essentieel belang om de emissies te compenseren en klimaatneutraliteit te bereiken (Commission, 2021). Bossen kunnen bovendien de gevolgen van de klimaatverandering beperken, onder meer door steden af te koelen, ons te beschermen tegen zware overstromingen en de gevolgen van droogte te beperken (EU-bosstrategie, juli 2021).

5.1 Duurzaamheidsmeter

Het opstellen van een eenvoudige tool die de duurzaamheid van gebouwen evalueert en bijgevolg rekening moet houden met zeer veel elementen, is niet evident. Duurzaamheid is zeer complex (Figuur 5.1) en moeilijk te kwantificeren. Bovendien is het moeilijk om een goede opdeling te maken van de elementen. De GRO behandelt veel verschillende aspecten, wordt terecht een holistische tool genoemd en geeft handvaten om ambities te structureren en op te volgen. De bonuspunten motiveren daarenboven extra om het beste van zichzelf te geven.

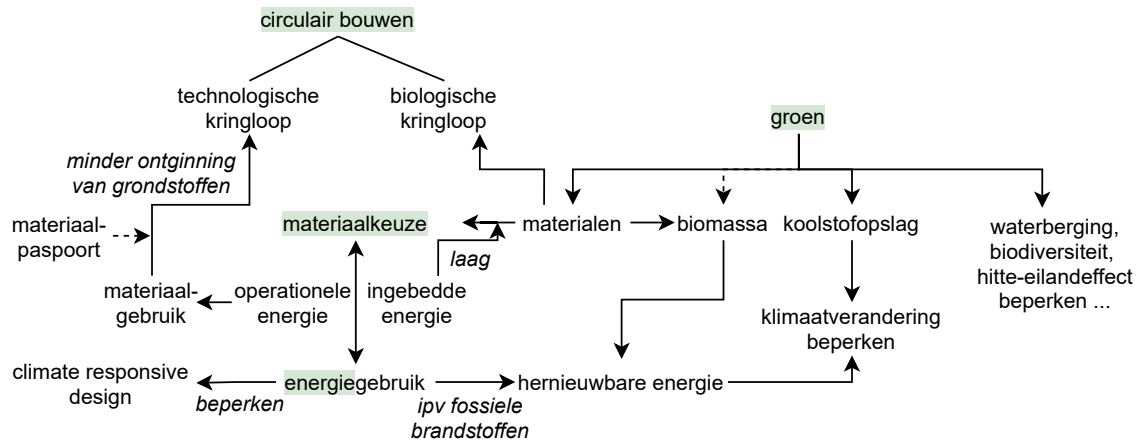
Kader 5.3: Bomen kappen

Bomen kappen hoort bij bosbeheer, helpt bossen gezond te houden en als het hout wordt gebruikt in duurzame toepassingen zoals in constructiesystemen blijft de koolstof soms langer opgeslagen dan in een bos. Toch moet er bewust omgegaan worden met het kappen van bomen en bossen. Houtkap kan (zeker in de tropen) ook nefaste effecten hebben op de biodiversiteit en andere omgevingsfactoren.

Toch kan de GRO waarschijnlijk gebruiksvriendelijker gemaakt worden. De vele aspecten, grote mate van detail en vaak grote bewijslast maken de GRO zeer administratief en behoorlijk omslachtig om in te vullen. Bij bepaalde aspecten kunnen bovendien enkele vragen gesteld worden.

De opdeling in 'gebouw' en 'site' lijkt niet altijd eenduidig en lijkt weinig meerwaarde te hebben. Ook de opdeling in People, Planet, Profit lijkt niet altijd relevant en ver-

helderend aangezien in elk criterium vaak iets van de drie pijlers voorkomt en duurzaamheid net het punt is waar de drie pijlers samenkomen. Ook de verdere opdeling in groepen van criteria en de criteria zelf is niet steeds eenduidig. Bepaalde deelelementen komen voor in verschillende criteria.



Figuur 5.1: Een schematische weergave van enkele verbanden tussen beschouwde aspecten in het kader van duurzaam bouwen. Groen heeft verschillende functies en kan allerlei diensten bieden. Het behoud van groen is cruciaal om biodiversiteit en waterberging te vrijwaren. Via koolstofopslag draagt groen bij tot het beperken van klimaatverandering. Bossen en landbouw bieden bovendien biogebaseerde materialen voor de bio-economie. Die spelen een rol in de biologische kringloop van circulair bouwen. Gebruikte biologische materialen kunnen ingezet worden als bio-energie. Bij materiaalkeuze zijn zowel ingebedde als operationele energie van belang. Het beperken van de operationele energie zorgt vaak voor een toename van het materiaalgebruik en zo de ingebedde energie. Het materiaalgebruik kan beperkt worden door in te zetten op de technologische cyclus van circulair bouwen, waarin materiaalpaspoorten een belangrijke rol kunnen spelen.

Van de GRO 2017 naar de GRO 2020 zijn enkele wijzigingen gebeurd (Figuur 3.4) waarvan bepaalde wijzigingen inderdaad een verbetering zijn (zoals het toevoegen van MAT3, SOC3 en TOTEM in MAT2). Andere wijzigingen zijn waarschijnlijk gebeurd om de tool beknopt te houden, maar zo zijn er enkele belangrijke aspecten verloren gegaan. De voornaamste wijziging waarbij vragen gesteld kunnen worden is de wijziging aan MAT1. In de GRO 2017 omvatte MAT1 ('Afvalpreventie') een deelelement 'rationeel materiaalgebruik'. Die is grotendeels weggefallen in de GRO 2020 (Figuur 4.13), waarmee het preventie aspect quasi niet meer aanwezig is in de GRO 2020.

"Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (Brundtland et al., 1987).

Terug naar de quote van in het begin, de definitie van duurzame ontwikkeling in het Brundtland rapport (1987). De vraag kan gesteld worden in welke mate alle GRO-criteria nog onder die definitie vallen. Duurzaamheid wordt in zeer brede zin bekeken

en comfort speelt een grote rol. Bepaalde criteria (zoals BIN1, BIN2, BIN4, SOC1 en GEB1) voelen eerder aan als luxecriteria dan als duurzaamheidscriteria. De vraag is of comfort zo sterk aanwezig moet zijn in een duurzaamheidsmeter en hetzelfde gewicht moet krijgen als energie- en materiaalgebruik aspecten. Werken met wegingsfactoren of een prioritering lijkt relevant.

Kader 5.4: Comfort vs energie?

In de GRO worden volgende thermische grenswaarden gegeven voor wintercomfort (BIN2.1): $22 \pm 1^\circ\text{C}$ voor prestatieniveau 'Uitstekend', $22 \pm 2^\circ\text{C}$ voor prestatieniveau 'Beter' en $22 \pm 3^\circ\text{C}$ voor prestatieniveau 'Goed'. Die temperatuurgrenzen kunnen in vraag gesteld worden om het energiegebruik te verlagen. Vaker inzetten op *dikke truiendag* kan een energie- en milieubesparing opleveren.

De GRO laat vrijheid aan de opdrachtgever om te bepalen welke criteria in rekening dienen te worden gebracht, hanteert geen wegingsfactoren en geeft geen prioritering van de criteria. Het niet hanteren van een prioritering houdt de keuzevrijheid en flexibiliteit van de tool groot en het niet toepassen van wegingsfactoren houdt de tool eenvoudig en transparant. Toch kan de GRO veel waarde verliezen als enkele belangrijke criteria niet in rekening worden gebracht. Een prioritering en vereenvoudiging lijkt relevant (Tabel 5.1). Een beknoptere tool zal de gebruiksvriendelijkheid bovendien ten goede komen.

Ook kan nagedacht worden over een meer dynamische tool. De GRO maakt gebruik van (redelijk 'platte') excels waarbij veel informatie handmatig moet worden opgezocht en ingegeven. Met de mogelijkheid om de locatie in te geven waarna de tool onder meer de bereikbaarheid (inclusief openbaar vervoer connecties, fietsvoorzieningen ...), bodemtype, bodemgebruik, bodemwaarderingskaartwaarde en overstromingsrisico bepaalt en weergeeft zou de GRO sterk winnen in gebruikersgemak.

5.2 Hoe ambitieus is de UGent?

De UGent Ontwerprichtlijn 2020 geeft een duidelijke visie van de UGent en omvat zowel praktische als beleidsmatige elementen. Een beknopte checklist kan een meerwaarde zijn om de belangrijkste aspecten van de 152 pagina's Ontwerprichtlijn in 1 opslag mee te geven.

De Ontwerprichtlijn includeert reeds enkele belangrijke GRO-criteria (tabel 5.1), maar er wordt voorgesteld om enkele bijkomende criteria expliciet op te nemen. Het GRO-criterium MA2 (bodemgebruik) is volgens dit onderzoek het belangrijkste criterium

van de GRO. Dit criterium is onder meer gelinkt aan het UGent Biodiversiteitsplan, maar het is goed om MA2 ook expliciet op te nemen in de UGent Ontwerprichtlijn. Ook OMG1 (biodiversiteit) kan opgenomen worden. OMG1 is zeer concreet en uitgebreid over de omgang met biodiversiteit. Hoewel er bovendien in de Ontwerprichtlijn reeds enkele aspecten voorkomen zoals de voorkeur voor natuurlijke ventilatie, een energiezuinig concept (oriëntatie, compactheid), een optimale bruto/netto verhouding, de bundeling van koelcellen aan de schaduwzijde en de beperking van beglazing om oververhitting te vermijden, mag *Climate Responsive Design* en *Penta Energetica* prominenter naar voren komen en is het goed om ook de drie GRO-criteria daarrond expliciet op te nemen. Het ecosysteemdenken in bouwen en gebouwen brengen biedt groot potentieel voor klimaatrobuuste campussen en het beperken van het energieverbruik.

<u>bodemgebruik</u> (MA2) (niet bouwen als niet noodzakelijk, niet bouwen op groen, verhardingen beperken), overstromingsrisico (MIL1)
<u>behoud grondstoffen</u> en gesloten waterkringlopen (MAT1, MAT3, LCC1, LCC2, TOE1, OMG3, OMG1, WAT1, WAT2, WAT3)
<u>rationeel en 'proper' energiegebruik</u> (ingebbede en operationele energie) (CRD1-3, ENE1-3, LCC3, BEH1, MAT2)
<u>bereikbaarheid</u> (MOB1-4) en integrale toegankelijkheid (SOC3)
<u>gezondheid</u> (mentaal en fysiek): buiten- (MIL2) en binnenluchtkwaliteit (BIN3), groene omgeving (MA3.1), OMG3
comfort: akoestiek (BIN1) en buitengeluid (MIL3), thermisch (BIN2), visueel (BIN4), invloed gebruiker (GEB1)
synergieën (MA1, TOE2)
sociaal veilig ontwerpen (SOC2)
erfgoedwaarde (SOC1)
nabijheid voorzieningen (MA3.2)

Tabel 5.1: Een voorstel tot prioritering en groepering van de GRO-criteria voor UGent nieuwbouw vanuit het perspectief van een bio-ingenieur bos- en natuurbeheer in opleiding. De criteria in het vet zijn expliciet opgenomen in de UGent ontwerprichtlijn. De onderlijnde elementen zijn de elementen waarvan voorgesteld wordt om die te verplichten terwijl de andere elementen eerder bijkomend zijn en projectafhankelijk kunnen ingezet worden. Het onderscheid tussen onderlijnd en niet onderlijnd is een inschatting van wat noodzakelijk is en wat eerder luxecriteria zijn.

Noch in de Ontwerprichtlijn, noch in het Energiebeleidsplan, wordt gesproken over ingebbede energie, terwijl de evolutie naar bijna-energieneutraal (BEN) bouwen gepaard gaat met een belangrijke toename van de ingebbede energie (paragraaf 2.2.1). Dat is een gemiste kans. Energie moet immers op alle vlakken gereduceerd worden, ook buiten de grenzen van de universiteit (in productieprocessen van materialen). De hele levenscyclus moet in rekening worden gebracht.

De Ontwerprichtlijn legt voor een klein aantal criteria een minimum prestatieniveau op (Tabel 4.3). Waar dit gebeurt, is het opgelegde prestatieniveau 'goed'. Zoals aangegeven in paragraaf 3.3 is voor de Vlaamse overheid (ontwikkelaar van de GRO) het prestatieniveau 'goed' een ondergrens, een minimaal niveau dat de Vlaamse overheid wil garanderen in haar patrimonium. De UGent is hierin dus weinig ambitieus.

De opmaak van een masterplan voor campus Proeftuin was een zeer goede eerste stap. Ook al werd de GRO niet specifiek toegepast door het studiebureau, kwamen verschillende GRO-criteria terug in het masterplan. De GRO had eventueel handvaten kunnen geven om de doelstellingen en ambities te structureren.

Behalve de beperkte bereikbaarheid (die buiten de scope van dit onderzoek valt), is het kappen van bos het grootste pijnpunt van de case study. Samen met een nieuwe studentenhome aan de Sterre en een nieuwbouw voor de faculteit farmacie waar eveneens bos voor werd gekapt, was de beschouwde case study de aanleiding tot de opmaak van het biodiversiteitsplan. Dit biodiversiteitsplan (goedgekeurd in maart 2020) moet het kappen van bos voor bouwwerken vermijden naar de toekomst toe. Het belang hiervan moet nogmaals benadrukt worden. Het behoud van groen is noodzakelijk voor de biodiversiteit, waterinfiltratie en het beperken van het hitte-eilandeffect. Het uitgangspunt moet zijn: Waar groen is, is het bezet; waar het bebouwd is en niet (optimaal) gebruikt wordt, daar is plaats, daar is ruimte voor ontwikkeling. Maar al te vaak wordt groene ruimte gezien als open ruimte, plaats om iets te doen. Dat is het niet. Zoals besproken in paragraaf 2.5, staat de biodiversiteit, die cruciale diensten biedt aan de mensheid, sterk op de helling. Het groen dat er is, moet behouden, versterkt en uitgebreid worden. Daarnaast kan de UGent ook sterker inzetten op natuurinclusief bouwen met integratie van groengevels en nestplaatsen bijvoorbeeld. Groen en ruimte voor groen moeten hoog op de agenda staan.

Doordat het beperken van onderhoud een dermate belangrijke factor is in de ontwerprichtlijn, vallen biogebaseerde materialen vaak buiten de mogelijkheden, op linoleum na (Kader 5.5) en hardhout voor deurlijsten. Nochtans hebben biogebaseerde materialen belangrijke voordelen. Ze slaan koolstof op tijdens hun groeifase en hebben vaak een beperkte hoeveelheid ingebedde energie en gerelateerde CO₂-uitstoot (afhankelijk van de oorsprong van het materiaal). Biogebaseerde materialen moeten in grotere mate overwogen worden.

Toch is de onderhoudsfactor niet te onderschatten omwille van de grote schaal van de UGent. Alles moet zeer robuust zijn en lang meegaan. Bovendien zijn er voor bouwen op grote schaal grote hoeveelheden materialen nodig. Afhankelijk van over welk materiaal dit gaat, kan dit al dan niet een beperkende factor zijn. Daarnaast is er in de universiteit vaak minder een gevoel van eigenaarschap. Als iemand thuis ziet

dat er iets mis is, er een lek is bijvoorbeeld, zorgt die dat dat opgelost wordt. In universitaire gebouwen is er meer een gevoel van anonimiteit en minder eigenaarschap. Bio-ecologisch bouwen op kleinere schaal, voor huizen bijvoorbeeld, is een heel ander verhaal.

Kader 5.5: Linoleum

Linoleum is een vloerbedekkingsmateriaal bestaande uit lijnzaadolie, hars, kalk en houtmeel op een jute doek.

Kader 5.6: Voorbeelden van hoe het ook kan

Het Stads kantoor van Venlo is zo ontworpen dat alle gebruikte materialen kunnen hergebruikt worden aan het einde van hun levenscyclus (*cradle-to-cradle*). Daglicht wordt omgeleid doorheen het gebouw om de nood aan kunstlicht te beperken, er wordt maximaal ingezet op natuurlijke ventilatie en een zeer aanwezige houten wenteltrap stimuleert fysieke activiteit. Bovendien heeft het gebouw een groengevel, een serre op het dak, wordt regenwater gebruikt en heeft het een eigen waterzuiveringssysteem.

Zo zijn er nog veel inspirerende voorbeelden. Met de *Tree-House School* bijvoorbeeld, gemaakt uit natuurlijke materialen, wil Valentino Gareri gebouwen maken die ervaringen worden. Een onderzoeksgebouw van 8 200m² in Slovenië (ter referentie: het beschouwde case study gebouw is 8 500m²) is opgebouwd uit een combinatie van hout, beton en staal. Ook *Green and Transportable Modular Building* is gebaseerd op houttechnologie en het *Salt House* is opgebouwd uit lokale materialen. *OpenAD architects* zetten in op hergebruik van bestaande gebouwen voor duurzame stadsvernieuwing (*urban regeneration*) met gebruik van hout. Bij *Participatory building* wordt gekeken hoe onze fysieke ruimtes *enablers* kunnen worden voor *community building*.

(Klik op de verschillende voorbeelden om meer informatie te krijgen.)

Om gebouwen als materialenbanken te kunnen gebruiken, zijn materiaalpaspoorten van groot belang. Materiaalpaspoorten zijn tools waarmee de hoeveelheid en gegevens over de kwaliteit, het gebruik en de geschiedenis van materialen kunnen bijhouden en opgevolgd worden. Dit verbetert het hergebruikpotentieel wat materiaalpaspoorten een cruciaal element maakt in de evolutie naar circulair bouwen. Het gebruik van materiaalpaspoorten kan vereenvoudigd worden door gebruik te maken van een BIM (Kader 5.7).

Kader 5.7: BIM

Building Information Modelling (BIM) is meer dan een 3D-model. BIM kan helpen bij procesoptimalisatie, samenwerking doorheen de keten, rendabel ontwerpen en gebouwbeheer.

Binnen DGFB werd gediscussieerd in hoeverre BIM opgelegd kan worden aan studie-bureaus. Er werd beslist om dit nog niet te doen. De winst is volgens DGFB niet groot genoeg ten opzichte van de kost, onduidelijkheden en grote inspanningen. De bedoeling van een BIM is dat het als een *digital twin* mee evolueert met het gebouw. Om een 3D model van het UGent patrimonium op te maken en actueel te houden is personeel en tijd nodig, die er vandaag niet zijn. Ook vreest DGFB dat het opleggen van BIM aan studie-bureaus de studiekost zal verhogen (verslag bouwcommissie 18/6/2020). De architect van de case study geeft echter aan dat de dwg-bestanden waar DGFB vandaag mee werkt technologie is van jaren geleden en dat de systemen waar architecten vandaag mee werken daar niet meer op zijn afgestemd. De dwg-bestanden die DGFB wenst, kunnen niet altijd eenvoudig uit de gebruikte systemen gehaald worden. De meerkost van het gebruik van BIM kan dus meevallen.

BIM is de toekomst, heeft potentieel om verschillende processen te vereenvoudigen en moet bijgevolg een beleidsprioriteit zijn. Er moeten middelen voor vrijgemaakt worden en personen voor ingezet. Verschillende architectenbureaus hebben reeds een BIM-afdeling. De UGent moet dat ook kunnen.

“Het duurzaamste gebouw is het gebouw dat niet gebouwd wordt.”

Een belangrijk uitgangspunt van duurzaam bouwen aan de UGent is de compacte universiteit. Er wordt niet gebouwd als dat niet nodig is. Toch wordt in investeringsplan 3 (2019-2028) nog 54 000m² uitbreiding gepland. Dat kan op het eerste zicht tegenstrijdig lijken, maar studenten- en personeelsaantallen zijn sterk gestegen doorheen de tijd (Kader 5.8).

Kader 5.8: De groei van de UGent

De UGent opende in 1817 met 190 studenten, 14 professoren, 1 hoofdbibliothe-caris ("15de prof") en 4 faculteiten (Letteren en Wijsbegeerte, Rechten, Wetenschappen en Geneeskunde) (Danniau and Loockx, 2017a, 2016). Doorheen de tijd groeide de UGent stap voor stap. De meest spectaculaire stijging was er in de jaren 1950 en 1960. De democratisering van het onderwijs met studiebeurzen en sociale maatregelen van de overheid ten dienste van de naoorlogse economie

zorgde voor een sterke stijging van de studentenaantallen. Het ging toen van 2552 studenten in 1949 naar 11 165 in 1969, een viervoudiging (Danniau and Loockx, 2017b). Ook nu nog stijgen de studentenaantallen jaarlijks (5.3). Met die stijging aan studenten- en personeelsaantallen, is ook het UGent patrimonium sterk gegroeid (Figuur 5.2).

Bijbouwen is niet per se in tegenstrijd met een compacte universiteit, tenzij er elders lege ruimte is die benut kan worden. Verschillende kantoren, labo's, klimaatkamers, en zelfs volledige gebouwen zijn onderbenut (Figuur 5.4). In de fysische inventaris UGent wordt bijgehouden hoeveel ruimte er leegstaat (Kader 5.9). Op 30 juli 2021 geeft de databank aan dat in totaal bijna 33 000 m² (3.6%) van de bijna 1 miljoen m² UGent-ruimte leegstaat. Het grootste percentage leegstand bevindt zich op campus Proeftuin: bijna 3 500 m² (22%) van de 15 000 m² staat er leeg op dat moment. Er dient opgemerkt te worden dat er verhuisbewegingen gepland zijn.

Kader 5.9: Fysische inventaris UGent

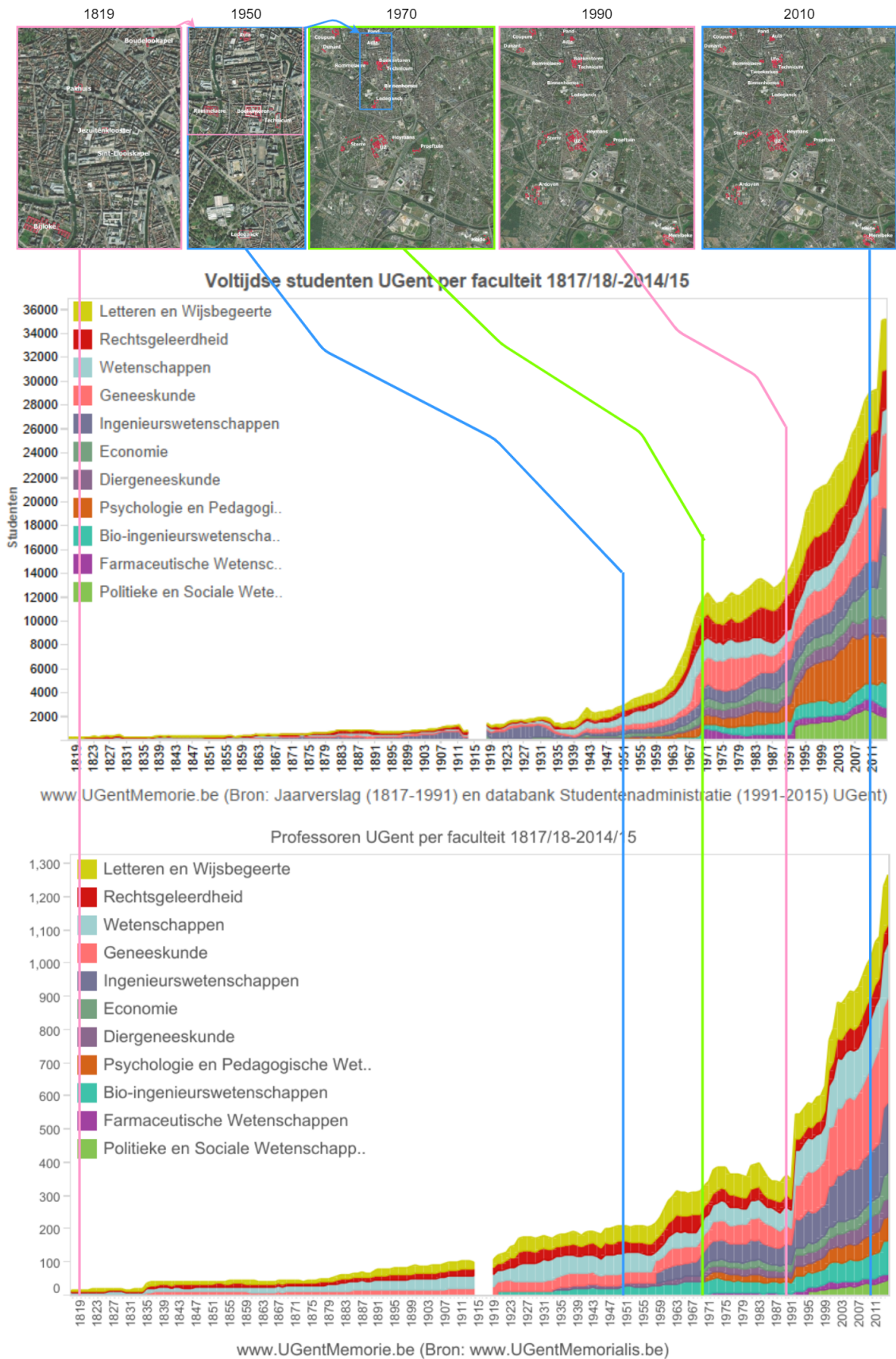
De fysische inventaris UGent is een databank waarin eigenschappen van gebouwen verzameld worden. Waar vroeger alle papieren plannen in het archief werden bijgehouden, kwam in de jaren '90 AutoCAD op (digitale plannen). Sinds een tiental jaren werkt de UGent met een 'Facility Management Informatie Systeem' (FMIS), meer specifiek "Spacewell". Dit zijn pakketten die bestaan op de markt en een databank faciliteren met enerzijds numerieke gegevens (wanneer het gebouw is en hoeveel vergaderzalen er zijn bijvoorbeeld) en anderzijds de mogelijkheid om er digitale plannen aan vast te hangen. Er kunnen ook materialen aan vastgehangen worden, maar dit gebeurt bijna niet aan de UGent, behalve hier en daar voor vloerbekleding voor bij het aanstellen van een schoonmaakploeg bijvoorbeeld. Hoewel Spacewell 3D Building Information Modelling (BIM) toelaat, maakt de UGent daar geen gebruik van.

5.3 Beslissingsproces

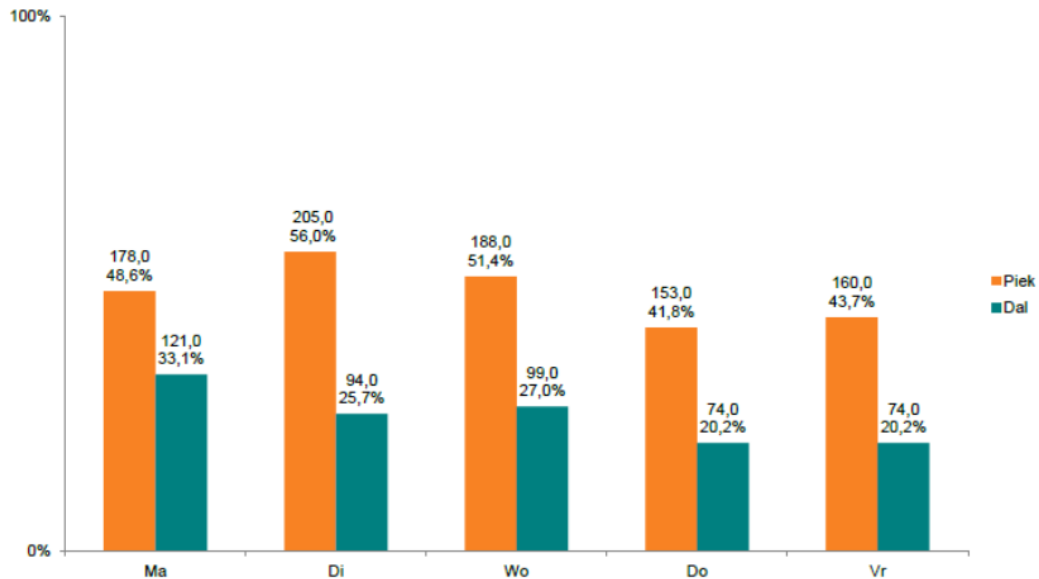
“De UGent is een dynamische universiteit waar de vraag naar ruimte constant wijzigt. Er zijn steeds meer studenten en personeelsleden, er komen nieuwe noden voor onderzoek door nieuwe technologieën of nieuwe speerpunten, nieuwe lesvormen, ...” (UGent duurzaamheidsverslag, 2020).



Figuur 5.2: Het UGent patrimonium doorheen de tijd. De jaartallen geven aan wanneer de UGent de gebouwen in gebruik nam. Dit komt niet steeds overeen met de leeftijd van de gebouwen. De jaartallen zijn gebaseerd op verschillende internetbronnen en eerder indicatief te beschouwen. Voor de leeftijd van het patrimonium wordt verwezen naar (Huyghe et al., 2009). Enkele oorspronkelijke gebouwen zijn ondertussen niet meer in gebruik (Figuur 5.3). Schoonmeersen en Mercator zijn geen UGent patrimonium, maar in 2013-2014 (weergegeven jaartal) zijn enkele HOGENT-opleidingen ingekanteld en vaak grotendeels op de HOGENT campussen gesitueerd gebleven. De campussen in Gontrode, Melle, Kortrijk, Oostende en andere zijn niet gevisualiseerd. (Eigen figuur.)



Figuur 5.3: De evolutie van het patrimonium, van het aantal studenten (Danniau and Lockx, 2017a) en van het aantal professoren sinds het ontstaan van de UGent (Danniau and Lockx, 2016).



Figuur 5.4: De lage bezetting van kantoren en laboratoria. Uit presentatie van Ellen Lauwereys, adviseur infrastructuurbeleid bij DGFB. (19/11/2020).

De uitdaging is dat het patrimonium die dynamieken kan beantwoorden en dat is niet evident. Tussen het definiëren van de noden en de ingebruikname verstrijken verschillende jaren (Tabel 4.1). Dit maakt het moeilijk om in te spelen op acute noden.

"Er wordt in ontwerpfase intensief overlegd met de gebruikers, DGFB en departement Veiligheid om de procedures en werking van een labo goed te begrijpen en de noden te vertalen in een concreet en future proof ontwerp" (Ontwerprichtlijn, pagina 23).

Volgens de architect van het case study gebouw verloopt het proces zo traag en met veel omwegen door het grote aantal betrokkenen. Voor een bepaalde goedkeuring moet hij 40 mensen aanschrijven.

Er is een constante strijd tussen ruimte creëren enerzijds en nieuwbouw beperken anderzijds, en tussen wensen enerzijds en geld en middelen anderzijds. Er moeten voortdurend afwegingen gemaakt worden en compromissen gesloten en er moet met verschillende aspecten rekening gehouden worden. Om efficiënt met die trade-offs om te gaan is een duidelijke beslissingsmethode nodig.

Een bouwproject komt voor op verschillende commissies en raden en de visie van de UGent is niet altijd even gedragen door de faculteiten. Iedereen samen rond de tafel met vragen als "Wat hebben jullie nodig? Past dat binnen het beschikbare budget?- ingebed in een duidelijke beslissingsmethode (paragraaf 2.2.3), zal voordelen opleveren.

	<i>op basis van</i>	<i>maar</i>
aantal?	oppervlaktebehoeftestudie	≠ aantal potentiële verhuizers sinds OBS: aantal onderzoekers gestegen
opp?	aantal * oppervlaktenormen	opstellingsruimte

Tabel 5.2: De theoretische bepaling van de nodige ruimte en de implicaties bij de omzetting in de praktijk in het geval van de beschouwde case study.

Voor het bepalen van de nodige ruimte werd bij het ontwerp van het case study gebouw uitgegaan van de (theoretische) facultaire nood die voortvloeide uit de oppervlaktebehoeftestudie in plaats van het specifieke aantal potentiële verhuizers. Bij het schetsontwerp was het aantal onderzoekers bovendien al sterk gestegen ten opzichte van het aantal ten tijde van de uitvoering van de oppervlaktebehoeftestudie. Ook werd het ontwerp in eerste instantie enkel afgestemd op basis van oppervlaktenormen om na maanden te merken dat er te weinig plaats was voor het plaatsen van toestellen (Tabel 5.2). Die wijzigingen door verkeerde inschattingen en alles zeer krap te doen, hebben het proces sterk vertraagd. Het streven naar een compacte universiteit is belangrijk, maar wat ruimte bieden voor de gebruikers van in het begin kan het proces sterk versnellen.

Voor kantoorruimte lijkt een algemene oppervlaktenorm werkbaar, maar voor laboruimte is de benodigde oppervlakte zeer afhankelijk van de onderzoekers, het onderzoek en de toestellen waardoor een algemene norm voor de nodige labo-oppervlakte niet evident is. De algemene oppervlaktenormen per voltijdse equivalent moeten genuanceerd worden op basis van de nodige toestellen. Hierbij wordt het aantal toestellen beperkt door gebruik te maken van *core facilities* (Kader 5.10). Ook kan een BIM het ontwerpproces misschien vereenvoudigen (Kader 5.11).

Kader 5.10: Core facilities

Core facilities is het gedeeld gebruik van infrastructuur, materiaal en/of diensten over verschillende vakgroepen en onderzoeksgroepen heen en eventueel ook extern. Hiervoor worden specifieke infrastructuur en toestellen geïnventariseerd. Het lijkt waarschijnlijk dat bepaalde faculteiten gelijkaardige onderzoeksinfrastructuur gebruiken waardoor *core facilities* ook potentieel zullen hebben over faculteitsgrenzen heen. Een tool waarmee een bepaald toestel gezocht kan worden en dan bekeken kan worden waar zich dat bevindt lijkt waardevol om laboruimte te beperken. Daarnaast kan het ook bekeken worden in welke mate het mogelijk is om tijdelijke onderzoeksinfrastructuur te huren in plaats van aan te kopen om ook zo opstellingsruimte te beperken.

Kader 5.11: Samen simpel ontwerpen in BIM?

Een BIM heeft potentieel om de verschillende visies en ideeën samen te leggen en te visualiseren om zo samen tot oplossingen te komen. Een BIM kan bovendien trade-offs duidelijk laten worden en in een BIM kunnen kosten en toestellen al eens virtueel geplaatst worden.

Kader 5.12: Meer inzetten op UGent expertise?

De bouwcommissie speelt een belangrijke rol in het bouwproces en betreft experts inzake architectuur, uitrustingstechnieken en juridische zaken. De UGent heeft echter ook daarbuiten belangrijke expertise in het kader van bouwen. Zo zijn er even goed UGent-experten rond groene ruimte en biodiversiteit, rond water, energie en beslissingsprocessen. Er zijn verschillende werkgroepen rond bepaalde thema's, maar die werkgroepen zijn weinig betrokken in concrete bouwprojecten. Door volop in te zetten op de expertise die de UGent in huis heeft, kan meer eigenaarschap, betrokkenheid en tevredenheid gecreëerd worden. Veel onderzoekers hebben het al bijzonder druk, maar de UGent als *living lab* mag misschien meer prioriteit krijgen.

Elke euro kan slechts één keer worden uitgegeven (Dominique, directeur Studentenvoorzieningen UGent).

Het budget speelt een belangrijke rol bij bouwen aan de UGent en bepaalt verschillende keuzes. De UGent is vaak zeer ambitieus, maar volgens de architect zijn het programma en de verwachtingen in de case study niet in lijn met het budget dat ze willen voorzien. Het projectbudget wordt vastgelegd op basis van een eerste ruwe raming en er wordt sterk vastgehouden aan dit budget. Marktprijzen fluctueren echter sterk en veel zaken zijn moeilijk in te schatten aan het begin. Iets ruimer budgetteren lijkt veel vertraging en iteraties te kunnen vermijden.

Het is voortdurend schipperen tussen meer ruimte voor personeel en studenten enerzijds en energiezuinige, klimaatadaptieve gebouwen waarvan de kost vaak een stuk hoger is anderzijds. "Gaan we voor die ene werkplek meer, die voor een personeelslid wel van belang is, of gaan we voor het klimaataspect, biodiversiteit ..."? "De hoeveelheid geld ligt vast."

Kader 5.13: De kosten zijn er. De vraag is alleen wie ze betaalt.

In bepaalde specifieke gevallen (zoals het beperken van grondverzet, MAT1.2) stimuleert een zekere geldlimitatie duurzaamheid, maar veel duurzame keuzes hebben een grotere initiële kost. Dit zijn investeringen voor de toekomst. Ofwel betalen ze zich na verloop van tijd terug aan de investeerder, ofwel betekenen deze duurzame investeringen het beperken van kosten elders. Denk bijvoorbeeld aan duurzame energie, stel zonnepanelen. De installatie van zonnepanelen is waarschijnlijk duurder dan een gasinstallatie, maar na de installatie geven de zonnepanelen gratis energie en na een bepaalde tijd heeft de grotere initiële kost zichzelf terugbetaald. Anderzijds zorgt het beperken van het gebruik van fossiele brandstoffen ook voor het beperken van klimaatverandering. Deze vermeden kost komt vaak minder direct terug naar de investeerder, maar is wel van belang voor iedereen.

5.4 Limitaties van dit onderzoek en aanbevelingen voor vervolgonderzoek

Dit onderzoek omvat slechts één case study, is geschreven vanuit het perspectief van een bio-ingenieur bos- en natuurbeheer in opleiding, gebeurt voornamelijk op basis van één tool (de GRO) en beschouwt de verschillende aspecten met beperkte diepgang.

Meer case studies (zowel nieuwbouw als renovatie en vanuit verschillende disciplines) zijn nodig om een vollediger antwoord te geven op de vraag hoe duurzaam de UGent bouwt en op welke vlakken de UGent zich kan verbeteren. Bovendien kan er met meer diepgang ingegaan worden op de verschillende aspecten. Zo is het interessant om te bekijken hoe er meer rekening gehouden kan worden met de ingebedde energie van bouwmaterialen en hoe biogebaseerde materialen duurzaam toegepast kunnen worden in UGent bouwprojecten. Op vlak van ingebedde energie kan er bovendien ingegaan worden op de afweging tussen bijna-energieneutraal (een zeer performante gebouwschil, vaak een hoge ingebedde energie en een bijna robotisch aangestuurd binnenklimaat) enerzijds en een toename in het operationele energiegebruik anderzijds. Hierbij kan bekeken worden of sterker inzetten op duurzame energie 'bijna-energieneutraal' onnodig kan maken.

Daarnaast is het interessant om de frequentie van verandering van functie-invulling van een UGent-gebouw of ruimte te analyseren om zo in te schatten hoe ver er bij

voorkeur gegaan wordt in veranderingsgericht bouwen (bijvoorbeeld op vlak van demonteerbaarheid en overdimensionering).

Het onderzoek geeft bovendien aan dat er veel potentieel zit in een duidelijke beslissingsmethode. Die moet enerzijds voldoende inspraak toelaten van verschillende belanghebbenden en anderzijds efficiënter zijn zodat het bouwproces versneld kan worden. Daarbij is het nuttig om te kijken naar een alternatief of een uitbreiding van de oppervlaktenormen. De uitdaging is om een eenvoudig middel te maken om inschattingen te kunnen maken en toe te werken naar een compacte universiteit, maar waarbij ook rekening gehouden wordt met contextspecifieke aspecten zoals toestellen en type onderzoek. Daarnaast is het interessant om te analyseren hoe vaak en hoe grote budgetverhogingen gebeuren in UGent bouwprojecten en of er mogelijkheden zijn om een betere budgetbepaling te doen.

Interviews kunnen inzicht geven in wat mogelijk is en waarom bepaalde keuzes gemaakt worden. De in deze paragraaf aangehaalde aspecten dienen bovendien gebenchmarkt te worden met andere universiteiten, instanties en organisaties om te kijken of de UGent een goed voorbeeld is en waarin de UGent zich kan verbeteren.

HOOFDSTUK 6

CONCLUSIE

Bouw compact, maar niet te krap. Niet in ruimte en niet in budget.

De biodiversiteits- en klimaatcrisis zijn zeer ernstig. Hiervoor moeten alle neuzen in dezelfde richting, om een gemeenschappelijk doel te bereiken. Het is van groot belang dat er in alle sectoren op ingezet wordt om die crisissen een halt toe te roepen. Een transformatieve verandering is nodig. De bouwsector heeft een grote impact op het leefmilieu, wat grote kansen biedt voor significante verbeteringen.

Gebouwen zijn symbolen in een stad en creëren samen met de groene ruimte hoe een stad eruitziet, welke sfeer er hangt en hoe de stad beleefd wordt. Als grootgrondbezitter en met haar grote aanwezigheid in de stad speelt de UGent hierin een belangrijke rol. Bovendien wordt van de UGent als kennisinstelling verwacht een voorbeeldrol uit te oefenen.

De UGent is ambitieus, heeft omvangrijke beleidsplannen en ontwerprichtlijnen, zet sterk in op een compacte universiteit en heeft een groot streven naar duurzaamheid. Toch kan de UGent op bepaalde vlakken haar voorbeeldrol sterker uitspelen.

Een belangrijk aspect is het behoud (en de creatie) van groene ruimte. Het uitgangspunt moet zijn: waar groen is, is het bezet. Bouwen op groene ruimte moet absoluut vermeden worden. Groene ruimte is van groot belang voor koolstofopvang, waterberging, biodiversiteit en het beperken van het hitte-eilandeffect. Geen groene ruimte aansnijden is een grote uitdaging gegeven de blijvende toename in studenten- en personeelsaantallen, maar is cruciaal om te kunnen spreken van duurzaam bouwen aan de UGent.

Een ander element waar de UGent sterker op kan inzetten, zijn materiaalpaspoorten, bij voorkeur gelinkt aan de digitalisering van het patrimonium in BIM. Materiaalpaspoorten zijn een belangrijke stap in de evolutie naar circulair bouwen. Ze geven aan welke materialen in de gebouwen aanwezig zijn en wat de staat ervan is. Zo wordt het hergebruikpotentieel sterk vergroot. Het hergebruik van bouwelementen is aan de UGent vandaag nog zeer beperkt.

Een derde element waarin de UGent haar voorbeeldrol verder kan uitspelen, is het sterker overwegen van materialen met een lage ingebedde energie, zoals biogebaseerde materialen. Zoals opgelegd door Vlaanderen, zet de UGent sterk in op energie-efficiënte gebouwen met een performante gebouwschil. Dit is ook de Europese trend. Toch moet het energiegebruik niet enkel op vlak van operationele energie verlaagd worden. De evolutie naar energie-efficiënte gebouwen gaat immers gepaard met een toename van het materiaalgebruik en de daarbij behorende ingebedde energie.

Ook kan de UGent sterker inzetten op *Climate responsive design*, natuurinclusief bouwen en het ecosysteemdenken in bouwen en gebouwen brengen. Gebouworientatie, maar ook het gebruik van groenelementen en water kunnen het energiegebruik verlagen.

Een gebouw zetten is een complex proces waarbij rekening gehouden moet worden met tal van factoren. Aan de UGent duurt het van conceptfase tot realisatie typisch verschillende jaren. Hierdoor is het moeilijk om in te spelen op acute noden. Verschillende iteraties kunnen vermeden worden door een duidelijk beslissingsproces te hanteren. Hierbij is het belangrijk om aantallen en oppervlaktes niet puur op theorie te baseren. Compact bouwen is belangrijk en heeft grote duurzaamheidsvoordelen (beperken van grondinname, energiezuiniger, minder onderhoudskosten, makkelijker te beheersen), maar ruimte bieden voor de gebruikers van in het begin, kan het proces sterk versnellen.

Het budget speelt een zeer grote rol voor de UGent en beperkt de mogelijkheden in de praktijk. Duurzame keuzes betekenen misschien hogere initiële kosten, maar moeten gezien worden als investeringen voor de toekomst. De schaal van de UGent maakt dat het beperken van onderhoud een zeer belangrijke rol speelt.

De kost is er. De vraag is alleen wie ze zal betalen. Laten we als UGent doen wat we ook voorschrijven aan de hele wereld.

NAWOORD

Het ecosysteemdenken in bouwen en gebouwen te brengen.

Al is mijn thesis behoorlijk atypisch voor een thesis bio-ingenieur bos- en natuurbeheer en heb ik me in het begin zelf ook veel afgevraagd wat mijn meerwaarde is met een thesis over bouwen, ik ben er ondertussen helemaal van overtuigd dat bio-ingenieurs een belangrijke rol kunnen spelen in het verduurzamen van de bouw-wereld.

Ik vond het een bijzondere meerwaarde dat mijn promotoren en begeleiders een interdisciplinair team vormden: Joris en Liselotte van de Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen (houtlabo) enerzijds en Marijke en Lisa van de Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur (architectuur en stedenbouw) anderzijds. De contactmomenten waren de hoogtepunten van mijn thesis geloof ik, ongelooflijk interessant en inspirerend. Echt tof ook om jullie onderlinge interacties te zien, jullie aanvullingen, nuanceringen ... Zulke interdisciplinariteit lijkt me de *way to go* om de grote problemen van vandaag aan te pakken.

In mijn opleidingsjaren aan de UGent hoorde ik heel vaak 'dat zou eens een masterproefonderwerp kunnen zijn' en toen ik dan een relevant thesisonderwerp zocht, bleek dat toch niet zo eenvoudig. Een platform voor onderzoeksvragen dat een duidelijk overzicht biedt van mogelijke onderzoeksonderwerpen en dat beschikbaar is voor alle UGent'ers, lijkt me een grote meerwaarde. Gebruik de capaciteit van studenten en de expertise van het academisch personeel om vraagstukken aan onze universiteit te onderzoeken. *De UGent als Living Lab*. Hoe dan ook ben ik heel blij met de thesis die het uiteindelijk geworden is.

Bouwen aan de UGent: Hoe duurzaam is het en wat kan er beter?

Er kunnen heel veel verschillende thesissen geschreven worden met deze onderzoeksvraag. Ik hoop van harte dat dit werk een start kan zijn van nog vele andere thesissen en dat het een aanzet kan zijn om bezig te zijn met een van de grote uitdagingen van onze tijd: bouwen voor mensen, binnen de draagkracht van onze planeet.



BIBLIOGRAFIE

- Anand, C. K. and Amor, B. (2017). Recent developments, future challenges and new research directions in Ica of buildings: A critical review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 67:408–416.
- Andrews, D. (2015). The circular economy, design thinking and education for sustainability. *Local Economy*, 30(3):305–315.
- Arroyo, P. (2014). *Exploring decision-making methods for sustainable design in commercial buildings*. PhD thesis, UC Berkeley.
- Asif, M. (2009). Sustainability of timber, wood and bamboo in construction. In *Sustainability of construction materials*, pages 31–54. Elsevier.
- Azari, R. and Abbasabadi, N. (2018). Embodied energy of buildings: A review of data, methods, challenges, and research trends. *Energy and Buildings*, 168:225–235.
- Banos, R., Manzano-Agugliaro, F., Montoya, F., Gil, C., Alcayde, A., and Gómez, J. (2011). Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15(4):1753–1766.
- Benachio, G. L. F., Freitas, M. d. C. D., and Tavares, S. F. (2020). Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 260:121046.
- Bianchi, D. (2008). *Il riciclo ecoefficiente: performance e scenari economici, ambientali ed energetici*. Edizioni Ambiente.
- BIMTAG (2018). Sfb. <http://www.bimtag.nl/files/NL-SfB-Codering.pdf>.
- Bond, D. (2005). Technical and cost benefits of recycled and secondary aggregates: Supply chain case studies (infrastructure). *The Waste & Resources Action Programme*.
- Brand, S. (1995). *How buildings learn: What happens after they're built*. Penguin.
- Brundtland, G. H., Khalid, M., Agnelli, S., Al-Athel, S., and Chidzero, B. (1987). Our common future. *UN Documents*, 8.

- Buyle, M., Braet, J., and Audenaert, A. (2013). Life cycle assessment in the construction sector: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 26:379–388.
- Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., and Castell, A. (2014). Life cycle assessment (lca) and life cycle energy analysis (lcea) of buildings and the building sector: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 29:394–416.
- Cao, X., Dai, X., and Liu, J. (2016). Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade. *Energy and buildings*, 128:198–213.
- Chastas, P., Theodosiou, T., and Bikas, D. (2016). Embodied energy in residential buildings-towards the nearly zero energy building: A literature review. *Building and environment*, 105:267–282.
- Chastas, P., Theodosiou, T., Kontoleon, K. J., and Bikas, D. (2018). Normalising and assessing carbon emissions in the building sector: A review on the embodied co2 emissions of residential buildings. *Building and Environment*, 130:212–226.
- Chu, S., Cui, Y., and Liu, N. (2017). The path towards sustainable energy. *Nature materials*, 16(1):16–22.
- Chu, S. and Majumdar, A. (2012). Opportunities and challenges for a sustainable energy future. *nature*, 488(7411):294–303.
- Coelho, A. and De Brito, J. (2012). Influence of construction and demolition waste management on the environmental impact of buildings. *Waste Management*, 32(3):532–541.
- Commission, E. (2021). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=CELEX:52021DC0550>.
- Danniau, F. and Loockx, K. (2016). Professoren ugent in cijfers. www.ugentmemorie.be/artikel/professoren-ugent-in-cijfers. Laatst gewijzigd 14.03.2016. Bekeken op 25.11.2020. UGentMemorie.
- Danniau, F. and Loockx, K. (2017a). Dossier faculteiten in cijfers. www.ugentmemorie.be/dossiers/faculteiten-in-cijfers. Laatst gewijzigd 25.08.2017. Bekeken op 25.11.2020. UGentMemorie.
- Danniau, F. and Loockx, K. (2017b). Studenten van de ugent in cijfers. www.ugentmemorie.be/artikel/studenten-ugent-in-cijfers. Laatst gewijzigd 25.08.2017. Bekeken op 25.11.2020. UGentMemorie.
- Eberhardt, L. C. M., Birgisdóttir, H., and Birkved, M. (2019). Life cycle assessment of a danish office building designed for disassembly. *Building Research & Information*, 47(6):666–680.

- Field, C. B., Barros, V. R., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Abdrabo, M.-K., Adger, N., Anokhin, Y. A., Anisimov, O. A., Arent, D. J., Barnett, J., et al. (2014). Summary for policymakers. In *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, pages 1–32. Cambridge University Press.
- Galle, W. (2016). Scenario based life cycle costing. *An enhanced method for evaluating the financial feasibility of transformable building*.
- Galle, W. and Herthogs, P. (2015). Veranderingsgericht bouwen: ontwikkeling van een beleids-en transitiekader (gemeenschappelijke taal). page 8.
- Ghisellini, P., Cialani, C., and Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner production*, 114:11–32.
- Ghisellini, P., Ripa, M., and Ulgiati, S. (2018). Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. a literature review. *Journal of Cleaner Production*, 178:618–643.
- Guest, G., Cherubini, F., and Strømman, A. H. (2013). Global warming potential of carbon dioxide emissions from biomass stored in the anthroposphere and used for bioenergy at end of life. *Journal of industrial ecology*, 17(1):20–30.
- Haapio, A. and Viitaniemi, P. (2008). Environmental effect of structural solutions and building materials to a building. *Environmental impact assessment review*, 28(8):587–600.
- Heisel, F. and Rau-Oberhuber, S. (2020). Calculation and evaluation of circularity indicators for the built environment using the case studies of umar and madaster. *Journal of Cleaner Production*, 243:118482.
- Huyghe, M., Bussche, J. V., and Alkemade, F. (2009). Campus and the city : de ruimtelijk-functionele ontwikkeling van de universiteit als een stedelijk orgaan. Master's thesis. <https://lib.ugent.be/catalog/rug01:001418350>.
- IPBES (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*.
- IPCC (1990). Climate change: The ipcc scientific assessment.
- IPCC (2007). *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

- ISO14040 (2006). Environmental management—life cycle assessment—principles and framework. *Environmental Management*, 3(1):28.
- Kovacic, I., Reisinger, J., and Honic, M. (2018). Life cycle assessment of embodied and operational energy for a passive housing block in austria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82:1774–1786.
- Larson, E. D. (2006). A review of life-cycle analysis studies on liquid biofuel systems for the transport sector. *Energy for sustainable development*, 10(2):109–126.
- Latif, E., Lawrence, M., Shea, A., and Walker, P. (2015). Moisture buffer potential of experimental wall assemblies incorporating formulated hemp-lime. *Building and Environment*, 93:199–209.
- Levasseur, A., Lesage, P., Margni, M., Deschenes, L., and Samson, R. (2010). Considering time in Lca: dynamic Lca and its application to global warming impact assessments. *Environmental science & technology*, 44(8):3169–3174.
- Lindsey, R. (2020). Climate change: atmospheric carbon dioxide. *NOAA Climate. gov, Maryland, News and Features, Understanding Climate*, 14.
- Lior, N. (1997). Advanced energy conversion to power. *Energy conversion and management*, 38(10-13):941–955.
- Liu, Y., Guo, H., Sun, C., and Chang, W.-S. (2016). Assessing cross laminated timber (clt) as an alternative material for mid-rise residential buildings in cold regions in china—a life-cycle assessment approach. *Sustainability*, 8(10):1047.
- Lund, H. (2007). Renewable energy strategies for sustainable development. *Energy*, 32(6):912–919.
- Lundmark, T., Bergh, J., Hofer, P., Lundström, A., Nordin, A., Poudel, B. C., Sathre, R., Taverna, R., and Werner, F. (2014). Potential roles of swedish forestry in the context of climate change mitigation. *Forests*, 5(4):557–578.
- Mallo, M. F. L. and Espinoza, O. (2016). Cross-laminated timber vs. concrete/steel: cost comparison using a case study. In *World Conference on Timber Engineering–WCTE, Vienna, Austria*.
- Marsh, R. (2017). Building lifespan: effect on the environmental impact of building components in a danish perspective. *Architectural Engineering and Design Management*, 13(2):80–100.
- Narayan, R. (2006). Biobased and biodegradable polymer materials: rationale, drivers, and technology exemplars. ACS Publications.

- Narayan, R. (2011). Carbon footprint of bioplastics using biocarbon content analysis and life-cycle assessment. *MRS bulletin*, 36(9):716–721.
- Omer, A. M. (2008). Ground-source heat pumps systems and applications. *Renewable and sustainable energy reviews*, 12(2):344–371.
- Østergaard, N., Thorsted, L., Miraglia, S., Birkved, M., Rasmussen, F. N., Birgisdóttir, H., Kalbar, P., and Georgiadis, S. (2018). Data driven quantification of the temporal scope of building lcas. *Procedia CIRP*, 69:224–229.
- Palacios-Munoz, B., Peuportier, B., Gracia-Villa, L., and López-Mesa, B. (2019). Sustainability assessment of refurbishment vs. new constructions by means of lca and durability-based estimations of buildings lifespans: A new approach. *Building and Environment*, 160:106203.
- Pawelzik, P., Carus, M., Hotchkiss, J., Narayan, R., Selke, S., Wellisch, M., Weiss, M., Wicke, B., and Patel, M. (2013). Critical aspects in the life cycle assessment (lca) of bio-based materials—reviewing methodologies and deriving recommendations. *Resources, Conservation and Recycling*, 73:211–228.
- Peñaloza, D. (2015). *Exploring climate impacts of timber buildings: The effects from including non-traditional aspects in life cycle impact assessment*. PhD thesis, KTH Royal Institute of Technology.
- Peñaloza, D., Erlandsson, M., Berlin, J., Wålinder, M., and Falk, A. (2018). Future scenarios for climate mitigation of new construction in sweden: Effects of different technological pathways. *Journal of Cleaner Production*, 187:1025–1035.
- Peñaloza, D., Erlandsson, M., and Falk, A. (2016). Exploring the climate impact effects of increased use of bio-based materials in buildings. *Construction and Building Materials*, 125:219–226.
- Pomponi, F. and Moncaster, A. (2017). Circular economy for the built environment: A research framework. *Journal of cleaner production*, 143:710–718.
- Pomponi, F., Piroozfar, P. A., and Farr, E. R. (2016). An investigation into ghg and non-ghg impacts of double skin façades in office refurbishments. *Journal of Industrial Ecology*, 20(2):234–248.
- Rees, W. E. (1999). The built environment and the ecosphere: a global perspective. *Building Research & Information*, 27(4-5):206–220.
- Sartori, I. and Hestnes, A. G. (2007). Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. *Energy and buildings*, 39(3):249–257.

- Silva, R., De Brito, J., and Dhir, R. K. (2017). Availability and processing of recycled aggregates within the construction and demolition supply chain: A review. *Journal of Cleaner Production*, 143:598–614.
- Stahel, W. R. and Reday-Mulvey, G. (1981). *Jobs for tomorrow: the potential for substituting manpower for energy*. Vantage Press.
- Tellnes, L. G., Ganne-Chedeville, C., Dias, A., Dolezal, F., Hill, C., and Zea Escamilla, E. (2017). Comparative assessment for biogenic carbon accounting methods in carbon footprint of products: A review study for construction materials based on forest products. *iForest: Biogeosciences and Forestry*, 10:815–823.
- Thiel, C. L., Campion, N., Landis, A. E., Jones, A. K., Schaefer, L. A., and Bilec, M. M. (2013). A materials life cycle assessment of a net-zero energy building. *Energies*, 6(2):1125–1141.
- van Nederveen, S. and Gielingh, W. (2009). Modelling the life-cycle of sustainable, living buildings. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 14(44):674.
- Vieira, D. R., Calmon, J. L., and Coelho, F. Z. (2016). Life cycle assessment (lca) applied to the manufacturing of common and ecological concrete: A review. *Construction and Building Materials*, 124:656–666.
- Weiss, M., Haufe, J., Carus, M., Brandão, M., Bringezu, S., Hermann, B., and Patel, M. K. (2012). A review of the environmental impacts of biobased materials. *Journal of Industrial Ecology*, 16:S169–S181.
- Weißenberger, M., Jensch, W., and Lang, W. (2014). The convergence of life cycle assessment and nearly zero-energy buildings: The case of germany. *Energy and Buildings*, 76:551–557.
- Wijkman, A. and Skånberg, K. (2015). *The circular economy and benefits for society*. Club of Rome.