

OPSTELLEN VAN INDICATOREN

VOOR HET UGENT-

BIODIVERITEITSPLAN

Johanna Daems

Benoît de Smet

Anton Dhaese

Jeroen Van Mullem

Promotoren: Prof. dr. ir. Lander Baeten, Prof. dr. ir. Jan Mertens

Bachelorproef voorgelegd voor het behalen van de graad Bachelor of Science in de
biowetenschappen

Academiejaar: 2020-2021

OPSTELLEN VAN INDICATOREN **VOOR HET UGENT-** **BIODIVERITEITSPLAN**

Johanna Daems

Benoît de Smet

Anton Dhaese

Jeroen Van Mullem

Promotoren: Prof. dr. ir. Lander Baeten, Prof. dr. ir. Jan Mertens

Bachelorproef voorgelegd voor het behalen van de graad Bachelor of Science in de
biowetenschappen

Academiejaar: 2020-2021

AUTEURSRECHTELIJKE BESCHERMING

De auteurs en promotoren 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.

Gent, 12 mei 2021

De auteurs,

Johanna Daems Benoît de Smet

Anton Dhaese Jeroen Van Mullem

De promotoren en tutoren,

Prof. dr. ir. Lander Baeten Prof. dr. ir. Jan Mertens

VOORWOORD

Graag zouden we onze promotoren, Prof. dr. ir. Jan Mertens en Prof. dr. ir. Lander Baeten bedanken voor hun hulp en steun tijdens het schrijven van deze bachelorproef. Ook onze familie en vrienden die ons bijstonden met steun en hulp verdienen een dankwoordje.

INHOUDSOPGAVE

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Literatuurstudie	3
2.1	Wat zijn groen en biodiversiteit?	3
2.2	Wat is groene infrastructuur?	3
2.3	Biodiversiteit in een stedelijke context	3
2.4	Het belang van biodiversiteit	5
2.5	Indicatoren	7
2.5.1	Het doel van indicatoren	8
2.5.2	Eigenschappen van een goede ecologische indicator	8
2.5.3	Schaal	9
2.6	Aspecten van biodiversiteit	11
2.6.1	Groen	11
2.6.2	Ecosysteemdiensten	14
2.6.3	Druk	16
3	Materiaal en methode	20
3.1	Selectie van indicatoren	20
3.2	Aftoetsen van selectie aan criteria	20
3.2.1	Desktop inschatting	20
3.2.2	Selectie van batterij indicatoren	21
4	Resultaten	24
4.1	Evaluatie indicatoren	24
4.2	Categorisatie indicatoren	25
5	Bespreking	26
5.1	Bespreking evaluatie	26
5.2	Bespreking niet geselecteerde indicatoren	26
5.2.1	Oppervlakte groene infrastructuur: Categorie 1, 2 en 3	26
5.2.2	Waterniveaus, monetair	27
5.2.3	Recreatie, kwantitatief	27
5.2.4	Recreatie, monetair	27
5.2.5	Natuurwaardeverkenner	27
5.2.6	Decibelwaarde	27
5.2.7	Isolatie rond de campus	27
5.3	Veldprotocol	28
5.3.1	Werk vooraf	28

5.3.2	Veldwerk	29
5.3.3	Verwerking	30
6	Conclusie	35
7	Referentielijst	36
8	Bijlage 1: uitgeschreven indicatoren	44
8.1	Selectie van indicatoren voor groen	44
8.1.1	Ecosystemen	44
8.1.2	Soorten	48
8.2	Selectie van indicatoren voor ecosysteemdiensten	49
8.2.1	Waterretentie	50
8.2.2	Recreatie	51
8.2.3	Natuurwaardeverkenner	52
8.3	Selectie van indicatoren voor druk	53
8.3.1	Antropogene stoffenverontreiniging	53
8.3.2	Omgevingsdruk	54
8.3.3	Fragmentatie	56
8.3.4	Invasieve exoten	57
8.4	Referentielijst bijlage 1	59
9	Bijlage 2	60
10	Bijlage 3: Evaluatie van de indicatoren	63

ABSTRACT

Dezer dagen wordt er veel aandacht besteed aan thema's als duurzaamheid, klimaatcrisis, ecologie, opwarming van de aarde, biodiversiteit, en dergelijke. Er worden vanuit allerlei sectoren van de maatschappij initiatieven ondernomen om de bevolking milieubewuster te maken. Zo wenst ook de UGent haar steentje bij te dragen en mee te helpen aan het 'oplossen' van de biodiversiteitscrisis door haar 250 hectare aan terrein natuurvriendelijker te beheren en extra in te zetten op ecologisch groenbeheer.

Aangezien biodiversiteit een complex begrip is dat niet met één enkele indicator gemeten kan worden, werd een set indicatoren opgesteld om de biodiversiteit op UGent-campusen in te schatten. Een eerste selectie gebeurde door relevante, bestaande indicatoren te selecteren of zelf op te stellen aan de hand van literatuur. Daarna werden deze getoetst aan dertien criteria en degene die daarna nog overbleven werden verwerkt in het veldprotocol. Na de evaluatie bleek dat er bepaalde criteria waren die extra aandachtig moeten bekeken worden tijdens een veldevaluatie.

1 INLEIDING

The global assessment rapport on biodiversity and ecosystem services (2019) van het Intergouvernementeel Platform voor Biodiversiteit en Ecosysteemdiensten (IPBES) stelt dat de huidige schaal en snelheid van biodiversiteitsverlies een even sterke bedreiging vormen voor het welzijn van de mens als de klimaatverandering. Ongeveer de helft van de levende koraalbedekking van koraalriffen is sinds 1870 verloren gegaan, met toenemende verliezen in de voorbije decennia als gevolg van de klimaatverandering (IPBES, 2019). De gemiddelde abundantie van inheemse soorten van de meest belangrijke terrestrische biomen is globaal met minstens 20% gedaald. Deze daling heeft zich grotendeels gemanifesteerd sinds 1900 (IPBES, 2019). In gebieden met een hoge endemie is de inheemse biodiversiteit vaak ernstig aangetast door invasieve uitheemse soorten. De populatiegrootte van gewervelde soorten is de afgelopen vijftig jaar op het land, in zoet water en in zee afgenomen (IPBES, 2019). Wereldwijde trends in insectenpopulaties zijn niet gekend, maar snelle dalingen zijn op sommige plaatsen goed gedocumenteerd (IPBES, 2019).

Biodiversiteit is de basis voor het functioneren van ecosystemen en staat zo in voor het leveren van essentiële diensten, meer bepaald ecosysteemdiensten, aan mens en maatschappij. Voedselvoorziening, zuiver water en propere lucht, gewasbestuiving, plaagbeheersing en natuurlijke materialen als hout zijn sprekende voorbeelden van deze ecosysteemdiensten. Maar evengoed bieden natuurlijke ecosystemen veel potentieel voor bescherming tegen overstromingen en voor de aanpak tegen klimaatverandering. Uiteraard vormen ze ook een zeer rijke bron voor menselijk welzijn, door tal van mogelijkheden op vlak van recreatie, toerisme en (psychische) gezondheid.

De UGent is ervan overtuigd dat zorg voor groen en biodiversiteit een essentieel deel zouden moeten uitmaken van elke organisatie die zijn verantwoordelijkheid wil opnemen voor een meer duurzame samenleving. In het jaar 2019 heeft de UGent zo'n 250 hectare terrein in gebruik, waarvan een kwart verhard is. De rest bestaat uit gras, bos, struweel, water en landbouwgrond. Volgens de UGent draagt het als grote grondeigenaar een verantwoordelijkheid en kan het met een visionair beleid op vlak van groen en biodiversiteit een verschil maken. De universiteit kan tonen hoe er met biodiversiteit, al dan niet in een stedelijke context, kan omgegaan worden en zou op die manier een belangrijke voorbeeldfunctie vervullen. Naar haar studenten en personeel toe, maar evenzeer naar de hele maatschappij.

Uit bezorgdheid en vanuit het engagement van een aantal UGent experten-academici groeide het 'Biodiversiteitsplan 2020-2030 voor de UGent'. Een plan dat de ambitie heeft om in de komende jaren de oppervlakte groen op de UGent-campussen te vergroten en om de biodiversiteit te verhogen. Concreet houdt dit in dat de UGent:

- het aanwezige groen en biodiversiteit op haar terreinen behoudt;
- werkt aan een uitbreiding en kwaliteitsverhoging van het groen op haar campussen;
- groen en biodiversiteit als een volwaardige leidraad gebruikt bij beleidsbeslissingen.

Om deze ambitie waar te maken is er nood aan een meetmethode voor biodiversiteit. Hierbij dient de waarde en de evolutie van de biodiversiteit doorheen de tijd bepaald te worden. Als respons hierop is het doel van deze bachelorproef dan ook om een methode op te stellen die het mogelijk maakt om de verandering in biodiversiteit op de UGent-campussen te meten. In dit werk werd reeds op voorhand beslist om de meting van biodiversiteit uit te voeren aan de hand van een set

indicatoren. Hieruit volgt dat dit werk zich vooral zal toespitsen op het opstellen van een set aan indicatoren voor biodiversiteit die bruikbaar zijn op UGent-campusen.

Hoewel er al heel wat werken bestaan waarin er methodes opgesteld werden om de biodiversiteit te meten aan de hand van indicatoren, onderscheidt dit werk zich daarvan op twee punten. Ten eerste liggen de campussen van de UGent, op enkele campussen na, allemaal in stedelijke gebieden. Doordat bestaande methodes zich vaak focussen op natuurlijke gebieden zijn deze methodes niet altijd even bruikbaar. Ten tweede zullen de indicatoren op een theoretische manier aan een aantal vooropgestelde criteria getoetst worden. Pas wanneer er aan deze criteria voldaan is kunnen deze indicatoren daadwerkelijk uitgetest worden op campussen.

De indicatoren die hiervoor opgesteld worden, zullen drie verschillende vlakken beschouwen. Het eerste vlak zal de aanwezige biodiversiteit meten. Het tweede vlak zal de geleverde ecosysteemdiensten meten en het derde de druk op milieu- en omgevingscondities. Het geheel van deze indicatoren zal de toestand en eventuele veranderingen van de biodiversiteit weergeven.

2 LITERATUURSTUDIE

2.1 Wat zijn groen en biodiversiteit?

Groen kan eenvoudig gedefinieerd worden als alles wat bedekt wordt met gras, bomen en andere planten (Cambridge University Press, 2020). Biologische diversiteit (kortweg biodiversiteit) definiëren is daarentegen complexer, er bestaan talloze definities die variëren van eenvoudige, korte omschrijvingen tot zeer uitgebreide definities. Zelfs binnen het vakgebied ecologie bestaat er geen eenduidige definitie (Holt, 2006). De meest eenvoudige definitie is dat biodiversiteit een maatstaf is voor het aantal soorten (Lovejoy, 1980). In het biodiversiteitsverdrag van Rio de Janeiro uit 1992 werd biodiversiteit omschreven als de variabiliteit tussen levende organismen uit alle ecosystemen en de ecologische complexen waarvan ze deel uitmaken. Dit omvat de diversiteit binnen soorten, tussen soorten en van ecosystemen (Convention on Biological Diversity [CBD] & United Nations [UN], 1992). Swingland (2001) voegde daar ook nog abiotische factoren aan toe zoals landschapselementen, ontwateringssysteem en het klimaat.

De definitie van DeLong (1996) luidt als volgt:

“Biodiversity is a state or attribute of a site or area and specifically refers to the variety within and among living organisms, assemblages of living organisms, biotic communities, and biotic processes, whether naturally occurring or modified by humans. Biodiversity can be measured in terms of genetic diversity and the identity and number of different types of species, assemblages of species, biotic communities, and biotic processes, and the amount (e.g., abundance, biomass, cover, rate) and structure of each. It can be observed and measured at any spatial scale ranging from microsites and habitat patches to the entire biosphere” (DeLong, 1996, p. 745).

Deze definitie sluit het beste aan bij deze bachelorproef aangezien een groot deel van de UGent-campussen in verstedelijkt gebied ligt waar de invloed van de mens op de biodiversiteit groot is. We hanteren deze definitie van biodiversiteit dus verder in dit werk.

2.2 Wat is groene infrastructuur?

Groene infrastructuur bestaat uit landschappen als bossen, vijvers en bloemenweides maar ook uit parken, privétuinen, heggen en zelfs groendaken en groengevels. Het wordt gedefinieerd als een strategisch gepland netwerk van natuurlijke en half natuurlijke gebieden die ontwikkeld zijn voor het leveren van verschillende ecosysteemdiensten zoals waterzuivering, luchtzuivering, klimaatmitigatie en -adaptatie (European Commission, 2020). De geleverde ecosysteemdiensten kunnen zowel een gezonde omgeving als fysieke en mentale gezondheidsvoordelen leveren aan de omwonenden (Tzoulas et al., 2007). Door stedelijke parken en andere gebieden op een doordachte manier in te richten, kan een hogere biodiversiteit bekomen worden (European Commission, 2020).

2.3 Biodiversiteit in een stedelijke context

In stedelijke context zijn de omstandigheden anders dan in een natuurlijke context. Steden kennen een verschillende abiotiek en dynamiek dan het omringende platteland. Dit vertaalt zich meestal in een hoger temperatuurgemiddelde, minder wind, een lagere luchtvochtigheid, een drogere bodem en een lagere grondwatertafel. Ook het gebruik van groen is anders in de stad dan erbuiten (Mabelis, 1998).

Steden zijn doorgaans warmer dan het omringende platteland, en vormen zo een hitte-eiland (Frumkin, Frank, Frank & Jackson, 2004). De temperatuur kan hier op warme dagen tot wel 9 °C hoger liggen dan op het platteland (Klok, Schaminée, Duyzer & Steeneveld, 2012). Deze verhoogde temperaturen kunnen een risico zijn voor de menselijke gezondheid. Het hitte-eilandeffect kent verschillende oorzaken: meer zonlichtabsorptie dan op het platteland, warmte uitstraling van bouwmaterialen, beperkte waterbeschikbaarheid en antropogene warmtebronnen (Steeneveld & Van Hove, 2010). Groen kan op verschillende manieren dit effect tegengaan. Bomen kunnen voor schaduw zorgen door zonnestralen op te vangen en daardoor de zonlichtabsorptie verminderen (Oke, 1989). Ook de evaporatie kan het hitte-eilandeffect verminderen. Wanneer de zonnestraling op een blad terechtkomt in plaats van op beton of asfalt zal de stralingsenergie omgezet worden naar latente warmte en niet naar voelbare warmte. Dit zal zorgen voor een verkoelend effect rond bladeren (Bowler, Buyung-Ali, Knight & Pullin, 2010).

Vanwege de speciale omstandigheden die heersen in steden, denk daarbij aan een hogere graad van fragmentatie en een verschillende abiotiek ten opzichte van rurale gebieden, zullen steden een mozaïek aan habitattypes vormen. Deze habitattypes verschillen van de traditionele en beschermde habitats, namelijk de referentie natuurtypes, waardoor ze andere soorten kunnen herbergen. Hoewel deze soorten niet altijd passen binnen de klassieke habitatrichtlijnen, hebben ze ook een invloed op de biodiversiteit van het ecosysteem, denk hierbij aan warmteminnende soorten bijvoorbeeld. Door de hogere gemiddelde temperatuur vinden ze een gunstig klimaat in de stad terwijl ze erbuiten niet voorkomen (Mabelis, 1998). Daarnaast kan aan een bepaald natuursysteem een ecologische waarde toegekend worden: zeldzame of bedreigde soorten, soortengemeenschappen en habitats krijgen een hogere waarde. Binnen dit werk wordt er voor gekozen om ecologische waarde en referentie natuurtypes niet in rekening te brengen, aangezien hier voor een stedelijke context nog weinig informatie beschikbaar is.

In het algemeen kan gesteld worden dat soortendiversiteit voor bepaalde soorten in de stad hoger ligt dan in minder dichtbevolkte gebieden. Zo is, volgens een studie in Duitsland van Kühn, Brandl, & Klotz (2004), waarbij soortendiversiteit werd bepaald in rastercellen van circa 130 km², de gemiddelde diversiteit van vasculaire planten recht evenredig met de gemiddelde bevolkingsdichtheid van de rastercel. Dit geldt zowel voor inheemse als uitheemse plantensoorten. Volgens een Europese studie is deze relatie ook van toepassing voor zoogdieren, reptielen en amfibieën met een groot bereik (Araújo, 2003). Vertebraten met een beperkte dispersiecapaciteit en vogels volgen deze correlatie niet. Andere studies tonen dan weer aan dat bepaalde bedreigde soorten ook in steden voorkomen. Zo zijn twee derde van de plantensoorten op de Zweedse rode lijst ook terug te vinden in de stadsbossen van Stockholm (Alvey, 2006).

Bij het bestuderen van biodiversiteit in stedelijke context is het interessant om te weten dat steden slechts 3% van het wereldwijde landoppervlak innemen. In het eerste decennium van de 21e eeuw bereikte de mens een historisch punt. Maar liefst de helft van de wereldwijde bevolking leeft sindsdien in de stad. In tegenstelling tot een eeuw geleden is dit een enorme toename: toen werden de steden slechts bewoond door een op de zeven mensen. Er wordt verwacht dat tegen 2050 dit percentage zal toenemen tot maar liefst 70% van de wereldpopulatie (Ritchie & Roser, 2018). In Europa heeft men dit punt reeds bereikt, drie van de vier EU-burgers wonen in een stedelijk gebied en deze opmars lijkt voorlopig nog onstuitbaar te zijn (The World Bank Group, 2018). Door deze steeds toenemende mensenmassa in de steden verdwijnt er meer en meer open groene ruimte en dreigen er delen van bestaande en soms erg waardevolle natuur op die plekken te moeten wijken (IPBES, 2019). Daarom wordt het steeds belangrijker om niet enkel op biodiversiteit in natuurlijke gebieden te focussen maar ook op stedelijke biodiversiteit.

2.4 Het belang van biodiversiteit

Biodiversiteit heeft een intrinsieke waarde. Dit betekent dat elke soort waardevol is en het recht heeft op bestaan (Cresswell & Murphy, 2016). Maar daarnaast draagt biodiversiteit ook bij aan het materieel welzijn en levensonderhoud van de mens, alsook aan veiligheid, veerkracht, sociale relaties, gezondheid en aan keuze- en handelingsvrijheid (Duraiappah et al., 2005). Volgens het recente Global assessment rapport van IPBES staat daar echter tegenover dat de actuele schaal en snelheid van biodiversiteitsverlies een sterke bedreiging vormen voor het welzijn van de mens. De biodiversiteit veranderde door menselijke activiteiten de afgelopen vijftig jaar namelijk sneller dan ooit tevoren tijdens het bestaan van de mens (Duraiappah et al., 2005).

Om het belang van biodiversiteit voor de mens te benadrukken, wordt er gebruik gemaakt van de term ‘ecosysteemdiensten’, dit zijn de goederen en diensten die ecosystemen aan de mens leveren. Hoewel de voorziening van natuurlijke hulpbronnen altijd vanzelfsprekend leek, wordt deze op dit moment in gevaar gebracht door de manier waarop de mens er beslag op legt. Het benoemen en het in waarde uitdrukken van deze goederen en diensten, kan zorgen voor bewustwording en zo een groter draagvlak creëren voor het behouden en verhogen van het groen en de kwaliteit van ecosystemen (Melman, van der Heide, Braat & de Haes, 2010).

Ecosysteemdiensten worden klassiek in vier categorieën opgedeeld, namelijk productiediensten, regulerende diensten, culturele diensten en ondersteunende diensten (Veeneklaas, 2012). Deze diensten dragen elk bij tot verschillende aspecten van menselijk welzijn (Figuur 1).

Tot productie- of voorzienende diensten behoort de productie van voedsel, water, brandstof en hout. Regulerende diensten omvatten regulerende processen in de natuur, zoals waterregulatie, bestuiving, plaagbestrijding, maar ook afbraakprocessen van nutriënten en pollutanten. Culturele diensten betreffen de ontastbare producten, zoals ruimte voor recreatie en educatie. De laatste categorie, ondersteunende diensten, omvat diensten zoals bodemvorming, biomassaproductie, fotosynthese en de nutriëntenkringloop (Veeneklaas, 2012). De ondersteunende diensten hebben als enige ecosysteemdienst geen directe invloed op het menselijk welzijn (Figuur 1).



Figuur 1: Een overzicht van verschillende ecosystemediensten en de overeenkomstige aspecten van het welzijn van de mens. Hierbij worden de diensten onderverdeeld in productiediensten, regulerende diensten, culturele diensten en ondersteunende diensten. Het welzijn van de mens wordt door vele factoren bepaald, dit wordt direct of indirect ook gekoppeld aan ecosystemediensten. Ook de intensiteit van deze koppeling en mogelijkheden tot bemiddeling vanuit socio-economische factoren wordt verduidelijkt door respectievelijk de dikte en de kleur van de koppeling. (Duraiappah et al., 2005).

Net zoals bij biodiversiteit is het belangrijk om in een stedelijke context anders naar ecosystemediensten te kijken (Sectie 2.3). De **productiediensten** voorzien mensen van voedsel doordat ze de zonne-energie omzetten naar koolhydraten tijdens de fotosynthese. In steden is de productie van voedsel eerder beperkt maar kan het een mooie aanvulling zijn voor de stedelingen (Gomez-Baggethun & Barton, 2013).

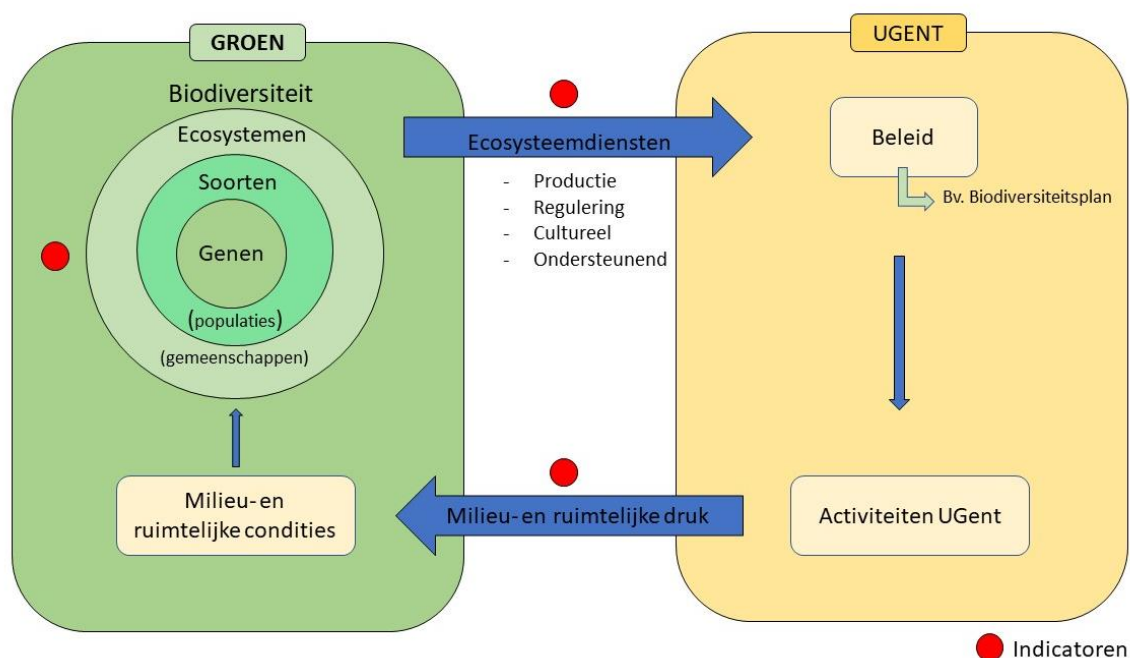
Op vlak van **regulatie** vermindert stedelijk groen onder andere de kans op wateroverlast. De bodem gaat als een spons te werk. In groene gebieden kan water vrij infiltreren in de bodem, vult het grondwaterpeil aan, wordt opgenomen door de plaatselijke vegetatie en verlaagt het de bodem onder gasvormige toestand. Op deze manier ontlast het groen in steden de rioleringen van piekbelastingen en verhindert eventuele overstromingen en de bijhorende schade (Stuiver, Spijker, de Vries, Snep, & Jacobs, 2018). Zoals eerder besproken in sectie 2.3, kan groene infrastructuur ook het hitte-eilandeffect verminderen. Dit is een ecosystemedienst die ook onder de regulerende diensten valt.

In stedelijke context is het **culturele** aspect van ecosystemediensten erg belangrijk. Groen draagt bij tot een verbeterde gezondheid en een beter welzijn. Hoe kwalitatiever het groen in het straatbeeld, hoe groter het effect op de gezondheid (Stuiver et al., 2018). Door de steeds toenemende drukte in steden neemt de druk toe op grond en ruimte en groeit de behoefte aan leefbare structuren ('Stadslandbouw', z.d.). Dichte beplanting kan meer rust brengen door vermindering van bijvoorbeeld visuele vervuiling (Landuyt & Hermy, 1994). De aanwezigheid van groen en natuur werkt ontspannend en stressreducerend op de mens. Mensen die beter in hun vel zitten en minder last van stress hebben, zijn zowel gezonder als productiever (Stuiver et al. 2018).

Gebrek aan groene infrastructuur en contact met natuur zou volgens de Amerikaanse auteur en journalist Richard Louv (2013) ook gekoppeld zijn aan obesitas, concentratiestoornissen en depressie. Er bestaat ook meer wetenschappelijke literatuur die bevestigt dat rechtstreeks contact met natuur de emotionele en algemene gezondheid kan verbeteren. Zo zou de levensvreugde van Europeanen toenemen wanneer het aantal vogelsoorten stijgt. Deze stijging is vergelijkbaar met een even grote stijging van het inkomen. Ook de toegankelijkheid tot openbaar groen draagt bij tot een stijging in levenstevredenheid (Methorst et al., 2020). Een studie van Ulrich (1984) onderzocht de helende effecten van natuurlijke panorama's op pijn, op het gebruik van angstverminderende medicatie en bij het herstel van patiënten die een cholecystectomie ondergingen. Het herstel was op alle vlakken beter bij de patiënten die een uitzicht hadden op groen in vergelijking met de patiënten die enkel gebouwen door het raam zagen.

2.5 Indicatoren

Onderstaand figuur geeft een overzicht van de relatie tussen groen (linkse kader) en de UGent (rechtse kader). Groen levert ecosysteemdiensten aan de UGent-gemeenschap en deze oefent in de andere richting milieu- en ruimtelijke druk uit op het aanwezig groen. Binnen het kader groen wordt er gevisualiseerd dat biodiversiteit gemeten kan worden op drie verschillende niveaus, conform aan de definitie van DeLong (Sectie 2.1): genetische diversiteit, soortendiversiteit en diversiteit aan ecosystemen. De biodiversiteit wordt beïnvloed door de aanwezige ruimtelijke en milieuomstandigheden. Binnen het kader van de UGent oefenen de activiteiten, die bepaald worden door het beleid, druk uit op milieu en omgeving. In dit werk zal deze figuur gebruikt worden als basis voor de opbouw van de tekst. Er zullen indicatoren ontwikkeld worden voor het monitoren van zowel de biodiversiteit als voor het monitoren van ecosysteemdiensten en druk. Dit wordt in figuur 2 gevisualiseerd met de rode bollen.



Figuur 2: De biodiversiteit kan op verschillende niveaus gemeten worden: genetisch diversiteit, soortendiversiteit en diversiteit aan ecosystemen waarin deze leven. Biodiversiteit wordt beïnvloed door de ruimtelijke en milieuomstandigheden. Groen levert ecosysteemdiensten aan de UGent-gemeenschap. Deze ecosysteemdiensten kunnen ingedeeld worden in vier klassen: productiediensten, regulerende diensten, culturele diensten en ondersteunende diensten. De activiteiten, die bepaald worden door het beleid op de campussen, oefenen druk uit om milieu en omgeving. Voorbeelden hiervan zijn stikstofverontreiniging in de bodem,

ruimte inname bij bouwprojecten, en lichtpollutie. De verschillende niveaus van de biodiversiteit, de geleverde ecosysteemdiensten en de drukken kunnen aan de hand van indicatoren gemeten worden. Op die manier kunnen de veranderingen in de biodiversiteit in kaart gebracht worden (figuur aangepast naar CBS, PBL, RIVM & WUR, 2017).

2.5.1 Het doel van indicatoren

Het doel van deze bachelorproef is het uitwerken van een meetmethode om veranderingen in de biodiversiteit te monitoren. Dit is nodig als leidraad voor bepaalde beslissingen aan de UGent naar behoud en beheer toe, maar ook om de evolutie van groen en biodiversiteit in de toekomst te kunnen evalueren. In het UGent biodiversiteitsplan is dit opgenomen onder pijler 3, actie 8.

Er zullen indicatoren opgesteld worden op drie verschillende vlakken aan de hand van figuur 2. Het eerste vlak zal de aanwezige biodiversiteit meten. Het tweede vlak zal de druk op de milieu- en omgevingscondities meten en het derde de geleverde ecosysteemdiensten (Figuur 2). Het geheel van deze indicatoren zal de toestand en eventuele veranderingen van de biodiversiteit weergeven.

Deze indicatoren dienen toepasbaar te zijn op twee schaalniveaus:

1. Ze moeten toepasbaar zijn op het geheel aan UGent-campussen.
2. Ze moeten toepasbaar zijn op individuele UGent-campussen, en dit voor zowel campussen met een grote hoeveelheid aan groen (bijvoorbeeld campus Gontrode) als voor campussen met weinig groen (bijvoorbeeld campus Aula).

2.5.2 Eigenschappen van een goede ecologische indicator

Om bruikbare indicatoren op te stellen worden er enkele voorwaarden opgesomd waaraan een goede indicator zou moeten voldoen, gebaseerd op de voorwaarden waaraan een ecologische indicator (Dale & Beyeler, 2001) en biodiversiteitsindicator (Demolder et al., 2017) moet voldoen.

Ecologische indicatoren dienen de toestand van de omgeving te beoordelen, een vroegtijdige waarschuwing te geven bij een verandering in het milieu of de oorzaak van een probleem vast te stellen. De indicatorenreeks zou informatie moeten bevatten over de structuur, de functie en de samenstelling van het ecologisch systeem (Dale & Beyeler, 2001). In deze studie zullen de indicatoren opgesteld worden om verandering in biodiversiteit te monitoren. Voorwaarden 1 tot en met 12 zijn gelijkaardig aan deze van een ecologische indicator volgens Dale & Beyeler (2001). Criterium 13, mogelijkheid tot beheer, is extra toegevoegd aan deze lijst. Dit criterium geeft weer of het mogelijk is om met aangepast beheer een positief effect te hebben op die indicator.

De criteria waaraan een goede indicator voor het monitoren van biodiversiteit dient te voldoen (Dale & Beyeler, 2001):

1. Wetenschappelijk onderbouwd
2. Relevant
3. Herhaalbaarheid
4. Eenvoudig meetbaar
5. Snel meetbaar
6. Goedkoop meetbaar
7. Eenvoudig te begrijpen
8. Eenduidig
9. Gevoelig voor verandering
10. Voorspelbare respons
11. Voorspelbare reactie op natuurlijke verstoring

12. Voorspelbare reactie op menselijke verstoring
13. Mogelijkheid tot beheer

Het is wenselijk om bij iedere indicator de criteria op exact dezelfde manier toe te passen. Daarom wordt hier voor elk criterium dat opgesteld is door Dale & Beyeler beschreven wanneer deze in dit werk voldaan zal zijn.

Een indicator is wetenschappelijk onderbouwd als deze in de literatuur beschreven werd of indien deze zelf opgesteld werd aan de hand van wetenschappelijke literatuur.

Een indicator is pas relevant voor deze bachelorproef wanneer deze gebruikt kan worden op de UGent-campussen. Daarvoor wordt naar twee zaken gekeken: enerzijds moet een indicator in stedelijke gebieden toepasbaar zijn en anderzijds moet de indicator bruikbaar zijn op de schaal van de campussen.

De herhaalbaarheid geldt wanneer een indicator niet slechts één keer uitgevoerd kan worden, maar ook in de toekomst herhaald zal kunnen worden op exact dezelfde manier waardoor betrouwbare resultaten verkregen zullen worden.

Een indicator is eenvoudig meetbaar wanneer deze uitgevoerd kan worden met een basiskennis van biodiversiteit en natuur in het algemeen. Verder worden er best geen materialen gebruikt die moeilijk te verkrijgen zijn.

Het criterium voor een snelle uitvoering is niet zo eenvoudig te definiëren aangezien tijd een relatief begrip is. Een indicator zal dan ook als snel meetbaar geïdentificeerd worden wanneer deze ten opzichte van de andere indicatoren niet veel meer tijd inneemt.

Voor een goedkope indicator wordt er naar twee zaken gekeken: enerzijds mogen geen dure materialen of software programma's nodig zijn. Anderzijds kan een indicator die veel tijd nodig heeft als dure indicator gezien worden aangezien ook manuren geld kosten.

Een indicator is eenvoudig te begrijpen wanneer de aanleiding de methodiek en de betekenis van het resultaat te begrijpen is voor iemand met een beperkte vakkennis. Eenduidigheid geldt als het resultaat van de indicator slechts één bepaalde oorzaak kan hebben.

Een indicator is gevoelig voor verandering wanneer deze indicator gevoelig genoeg is om bij relatief kleine veranderingen in de biodiversiteit een meetbare verandering te zien in het resultaat.

Voorspelbare respons betekent dat de input, de gemeten parameters, van de indicator, een voorspelbaar output of conclusie hebben.

Veranderingen in de biodiversiteit kunnen ofwel van natuurlijke oorsprong zijn of door menselijke tussenkomst. Voor elk van deze veranderingen moeten voorspellingen overeenkomen met het resultaat van een indicator.

2.5.3 Schaal

Niet elke indicator is bruikbaar op elke schaal. Het kan voorkomen dat een indicator voor één bepaalde schaal zeer goed werkt maar voor een andere schaal onbruikbaar is. Wanneer indicatoren uit de literatuur geselecteerd worden is het dan ook belangrijk om de gewenste schaal zeer goed in gedachten te houden.

Door de doelen, opgesteld door onder andere het CBD van 1992 en het IPBES, om de wereldwijde biodiversiteit te verhogen, bestaan er veel indicatoren die zich daarop richten. Een voorbeeld hiervan zijn de indicatoren die opgesteld zijn bij de 'Aichi biodiversity targets'. De Aichi biodiversity targets werden opgesteld in het kader van de CBD. Hierin werden 20 targets rond biodiversiteit beschreven die tegen 2020 moesten behaald zijn, om het verlies aan biodiversiteit tegen te gaan (CBD & United Nations Environment Programme [UNEP], z.d.). Group on Earth. Het Observations Biodiversity Observation Network (GEO BON) stelde bijvoorbeeld indicatoren op rond Aichi target 5. Dit target houdt in dat tegen 2020 het verliespercentage van alle natuurlijke habitats, inclusief bossen, tenminste gehalveerd is en waar haalbaar tot bijna nul wordt gereduceerd en dat degradatie en fragmentatie aanzienlijk verminderd zijn (CBD, 2016). Hierbij wordt een inschatting gemaakt van de bedekkingsgraad en veranderingen en aantastingen van habitats. Dit wordt gedaan op basis van geavanceerde teledetectie. Doordat de gebruikte satellieten een beperkte resolutie tot 30 meter hebben, is dit enkel nuttig om de diversiteit te meten op globale of nationale schaal (GEO BON, z.d.).

Ook op heel kleine schaal is het mogelijk om indicatoren op te stellen. Zo kan het wenselijk zijn om niet enkel een leefgebied van een bepaalde soort op te volgen, maar ook de soort lokaal op te volgen via een gestandaardiseerde vangst- of telmethode (Inventariseren via gestandaardiseerde methoden, z.d.).

Soorten kunnen opgevolgd worden via een gestandaardiseerde vangst- of telmethode wanneer:

- De soort als doel is opgenomen in het natuurbeheerplan,
- Het beheer impact heeft op het voorkomen van de soort,
- De soort (relatief) eenvoudig te inventariseren is,
- De soort zeldzaam is,
- De soort een kritische populatie vormt in het betreffende gebied.

Wanneer de soort zeer zeldzaam is, wordt ze verplicht opgevolgd via een gestandaardiseerde vangst- of telmethode. Vogels worden enkel opgevolgd indien ze als broedvogel voorkomen in het betreffende gebied. Wanneer voor de soort een soortenbeschermingsprogramma (SBP) bestaat, moet steeds de toets met het SBP gebeuren. Wanneer voor het betreffende gebied de soort in kader van het SBP wordt opgevolgd, kunnen deze gegevens gebruikt worden voor de beheerevaluatie en dient deze soort niet meer apart te worden geïnventariseerd. Wanneer een soort op Vlaams niveau wordt opgevolgd via het soortenmeetnet Natura 2000, moet steeds de toets met het Vlaamse meetnet gebeuren. Wanneer voor het betreffende gebied de soort in het Vlaamse meetnet wordt opgevolgd, kunnen deze gegevens gebruikt worden voor de beheerevaluatie en dient deze soort niet meer apart te worden geïnventariseerd (Inventariseren via gestandaardiseerde methoden, z.d.).

Hoewel veel indicatoren voor kleinere of grotere schalen opgesteld werden, zijn er gelukkig ook indicatoren die bruikbaar zijn op de schaal van de universiteitscampussen. Saetersdal et al. (2004) bepaalden de soortenrijkdom van vasculaire planten en andere organismen in Scandinavische bossen. Hiervoor onderzochten ze het aantal soorten in kwadranten van 250 m². Cornelis en Hermey (2000, 2004) onderzochten dan weer de biodiversiteit in 15 Vlaamse parken aan de hand van 13 indicatoren waaronder de habitatdiversiteit en de soortendiversiteit.

De meeste aspecten van biodiversiteit zijn afhankelijk van de schaal waarop ze gemeten worden. Patronen in de soortendiversiteit bijvoorbeeld die op grote schaal als uniform beschouwd worden, kunnen op kleine schaal helemaal omgekeerd zijn (Dengler, 2009). Het is dus belangrijk om, met betrekking op schaal, de juiste indicatoren te gebruiken.

2.6 Aspecten van biodiversiteit

Het meten van de totale biodiversiteit aan de hand van één duidelijke indicator is onmogelijk. Daarom worden er vaak meerdere aspecten van biodiversiteit gemeten (Spangenberg, 2007). Om een zo ruim mogelijk beeld van de biodiversiteit op een campus te krijgen, zullen, zoals eerder vermeld, indicatoren opgesteld worden die informatie leveren op drie verschillende vlakken (Figuur 2). Aan de hand van de indicatoren voor groen kan ingeschat worden wat de huidige biodiversiteit is. De indicatoren voor de ecosysteemdiensten geven dan weer aan wat de waarde van biodiversiteit op de campus voor de mens is. Ten laatste worden ook indicatoren voor de druk op een campus bepaald. Deze maken het mogelijk om in te schatten welke factoren op een bepaald moment een invloed hebben op de biodiversiteit.

2.6.1 Groen

Zoals weergegeven in figuur 2 kan biodiversiteit in verschillende niveaus opgedeeld worden. Met als kleinste niveau de genetische diversiteit en als hoogste niveau de ecosysteemdiversiteit. De soortendiversiteit bevindt zich daartussen. Alle niveaus kunnen aan de hand van indicatoren gemeten worden. Hoe meer niveaus waarvoor de biodiversiteit berekend kan worden, hoe meer informatie er verkregen kan worden over de algemene biodiversiteit.

2.6.1.1 Genetische diversiteit

In 1987 definieerde Nei genetische diversiteit als de uitgebreidheid van genetische verschillen die beschreven kunnen worden door allel-variatie tussen populaties of soorten en gemeten kunnen worden door een bepaalde numerieke kwantiteit (Mohammadi & Prasanna, 2003). Een indicator voor genetische diversiteit zal dus van numerieke aard moeten zijn. Het bepalen van zo een numerieke kwantiteit is niet zo eenduidig en werd onder andere besproken in het CBD. Het CBD is één van de eerste verdragen die de bescherming van biodiversiteit koppelt aan duurzame ontwikkeling.

Door het CBD werd een Aichi target opgesteld, namelijk:

By 2020, the genetic diversity of cultivated plants and farmed and domesticated animals and of wild relatives, including other socio-economically as well as culturally valuable species, is maintained, and strategies have been developed and implemented for minimizing genetic erosion and safeguarding their genetic diversity (Unit, 2020).

Doordat over het algemeen de genetische diversiteit niet bepaald kan worden aan de hand van kleinschalige, eenvoudige en goedkope indicatoren en dat dit voorwaarden zijn die vereist zijn voor een goede ecologische indicator, kan er geconcludeerd worden dat deze niet bruikbaar zijn in dit werk.

2.6.1.2 Soortendiversiteit

Een veelbesproken concept in de ecologie is de soortendiversiteit (Hamilton, 2005; Peet, 1974). De term soortendiversiteit is de voorganger van biodiversiteit en is een duidelijker wetenschappelijk concept. Hoewel het een niet zo eenvoudig te definiëren begrip is, werd de bepaling ervan wel eenvoudig beschreven (Hamilton, 2005).

De waarde van soortendiversiteit werd klassiek op twee manieren beschreven. Enerzijds kan men geobserveerde patronen van abundantie vergelijken met theoretische abundantie-modellen. Anderzijds kan men ook soortenrijkdom bepalen (Hamilton, 2005). De soortenrijkdom werd een lange tijd in de literatuur aanbevolen als een goede algemene waarde. Soortenrijkdom is het aantal aanwezige soorten in een bepaald gebied en is de meest gebruikte methode om biodiversiteit te bepalen (Dirzo & Mendoza, 2019). Een soort wordt in de biologie beschreven als een classificatie bestaande uit gerelateerde organismen die gemeenschappelijke karakteristieken hebben en in staat zijn te kruisen (Gittleman, 2019). Later beschreef men nog betere concepten zoals het effectieve aantal soorten (Cao & Hawkins, 2019), maar daar gaan we in dit werk niet verder op in.

Metten van soortenrijkdom

Het opsommen van het totaal aantal soorten is in de meeste gebieden een immense onderneming en zo goed als onmogelijk. Daarom wordt de soortenrijkdom meestal gekarakteriseerd door middel van steekproeven en andere bevindingen uit die steekproef (Dirzo & Mendoza, 2019). Soortenrijkdom kan bijvoorbeeld aan de hand van gestandaardiseerde vangstmethodes en waarnemingen onderzocht worden. Niet elke soort komt echter in aanmerking om op deze manieren zijn aanwezigheid vast te stellen. Er moet in dit geval dan ook gefocust worden op soorten die (Inventariseren via gestandaardiseerde methoden, z.d.):

- relatief eenvoudig te inventariseren zijn;
- in natuurbeheerplannen voorkomen;
- waarvan het voorkomen beïnvloed wordt door het beheer;
- die zeldzaam zijn;
- een kritische populatie vormen in het gekozen gebied.

Hermý en Cornelis (2000) bijvoorbeeld kozen hiervoor als doelsoorten in Vlaamse parken vaatplanten, vlinders, vogels en amfibieën.

Om nog meer betekenis te geven aan de soortenrijkdom kan naast hun aanwezigheid ook nog hun abundantie nagegaan worden. Lokale abundantie is het totaal aantal individuen van een soort dat op elk moment in een bepaald gebied leeft (Preston, 1948). De abundantie kan ook in biomassa of bedekkingsgraad uitgedrukt worden. Biomassa is de waarde van de hoeveelheid levend weefsel van een populatie dat aanwezig is op een bepaald tijdstip, met als eenheid massa per oppervlakte (Benke & Huryn, 2007). Op deze manier kunnen hoeveelheden binnen verzamelingen van soorten en gemeenschappen ook bepaald worden.

De verwerking van de meetresultaten gebeurt aan de hand van diversiteitsindexen. Een diversiteitsindex is een wiskundige uitdrukking van de soortendiversiteit van een gegeven gemeenschap of gebied, die ook passend de relatieve abundantie van verschillende aanwezige soorten karakteriseert. Deze indexen (bijvoorbeeld de Shannon-Wiener index) worden in het algemeen beschouwd als belangrijke methoden voor vergelijking van gemeenschapsstructuur en stabiliteit (Allaby, 2010). Bij deze diversiteitsindexen wordt niet de totale soortenrijkdom gemeten, maar wordt er gewerkt met steekproeven (Peet, 1974).

Diversiteitsindexen bepalen de karakteristieken van soortenrijkdom op vlak van het aantal soorten, zoals de Shannon-Wiener index, andere hechten ook belang aan hiërarchische structuur zoals dominantie, zoals de Simpson index (Dirzo & Mendoza, 2019).

2.6.1.3 Ecosystemen

Oppervlakte groen

Hoe groter de groene oppervlakte van een ecosysteem is, hoe hoger de biodiversiteit in een stedelijk gebied zal zijn (Pauleit, Ennos, & Golding, 2005). Het is echter niet mogelijk om alle grijze infrastructuur om te zetten naar groene infrastructuur aangezien deze gebruikt wordt voor de hoofdactiviteiten, onderzoek en onderwijs, van de UGent. Een groot deel van de campussen bestaat uit verharding zoals gebouwen, parkeerplaatsen, voetpaden etc. en kunnen dus niet bijdragen tot de biodiversiteit. Dit klinkt logisch aangezien er weinig of geen soorten zijn die op verharding hun ideale levensbodem vinden. Planten in het algemeen kunnen niet groeien op asfalt doordat hun wortels niet door de verschillende lagen geraken. Daardoor kunnen insecten of andere organismen die deze planten nodig hebben zich ook niet vestigen op asfalt.

Een ander nadeel van verhardingen is dat ze geen ecosysteemdiensten leveren. Regenwater zal afgevoerd worden via rioleringen in plaats van in de bodem te dringen en de watervoorraad in de bodem aan te vullen. Gebouwen met groendaken vormen hier een uitzondering op aangezien zij wel de habitats voor de fauna vergroten en ecosysteemdiensten leveren zoals het verminderen van het hitte-eilandeffect (Oberndorfer et al., 2007). Gebouwen met groendaken worden dan ook bij de groene infrastructuur gerekend.

Ruimtelijke heterogeniteit

Niet alleen de hoeveelheid aan groene oppervlakte heeft een invloed op de biodiversiteit. Ook de ruimtelijke heterogeniteit beïnvloedt de soortendiversiteit (Stein, Gerstner & Kreft, 2014). Een verhoogde heterogeniteit in landbouwlandschappen op kleine schaal zorgt bijvoorbeeld voor een verhoogd aantal soorten vlinders (Weibull, Bengtsson & Nohlgren, 2000). Dit kan aangetoond worden door drie aspecten. Het eerste aspect toont dat hoe hoger de habitatdiversiteit van een ecosysteem is, hoe hoger de soortendiversiteit zal zijn (Tews et al., 2003, Nielsen, Van Den Bosch, Maruthaveeran & van den Bosch, 2014). Het tweede aspect toont aan dat heterogene gebieden meer schuilplaatsen tegen ongunstige omstandigheden bieden waardoor een soort een grotere overlevingskans heeft (Stein et al., 2014). Het laatste aspect toont aan dat de vorming van soorten door isolatie of door het aanpassen aan verschillende omgevingsomstandigheden bevordert wordt bij hogere heterogeniteit (Stein et al., 2014). Voorbeelden van studies die hiermee aan de slag gingen, zijn: Hermý en Cornelis (2000, 2004) in Vlaamse parken en Farinha-Marques et al. (2017) in Portugese parken.

Een methode om de indicator voor de habitatdiversiteit te bepalen is met de methode van Hermý en Cornelis (2000). Deze methode werd opgesteld om de habitatdiversiteit in Belgische parken in te schatten. Daarbij worden de groenelementen in drie categorieën verdeeld: de vlakke, lijn- en puntelementen. Daarvan wordt respectievelijk de oppervlakte, de lengte en het aantal gemeten en verwerkt met de Shannon-Wiener index. Normaal wordt deze index gebruikt om indicatie te krijgen van de soortendiversiteit maar het kan ook gebruikt worden voor de habitatdiversiteit (Pauleit, Ennos & Golding, 2005). Voor deze methode is een zeer nauwkeurige inschatting van de aanwezige habitattypes vereist aan de hand van een Geografisch informatiesysteem (GIS) zoals ArcView.

De BWK is een inventaris van het biologische milieu en de bodembedekking van Vlaanderen en Brussel. De inventaris wordt voorgesteld door karteringseenheden die de bodembedekking, de vegetatie en de kleine landschapselementen weergeven (Instituut Natuur- en Bosonderzoek, z.d.). De kaarten geven ook aan hoe biologisch waardevol een gebied is gaande van zeer biologisch waardevol tot niet biologisch waardevol. De BWK is voor iedereen gratis beschikbaar via geopunt.be (De Saeger et al., 2020). De inventarisatie van de BWK van stad Gent is een alternatief voor de campussen op grondgebied Gent (Stad Gent, z.d.). Hierbij werd de groene oppervlakten in zeven categorieën ingekleurd op kaart. Ook de biologische waarde werd toegevoegd aan de kaart

(Stad Gent, z.d.). Een praktisch nadeel is dat een tool om de oppervlakten van de groene ruimten te berekenen ontbreekt.

Ook ruimtelijke heterogeniteit op verticaal vlak heeft een sterke invloed op de biodiversiteit (Farinha-Marques et al., 2017).

Biotische processen

Bij ecosystemen horen niet enkel de organisatieniveaus en de aanwezigheid van de soorten maar ook de interacties van alle organismen onderling en met hun omgeving. Delong (1996) beschreef dit ook in zijn definitie als onderdeel van biodiversiteit.

Hierbij is het belangrijk om te duiden wat ecologie is. Haeckel definieerde ecologie al in 1866 als de complete wetenschap van de relaties van de organismen met de omgevende buitenwereld, waarbij we met relaties, in de bredere zin, al de condities van bestaan kunnen verstaan. Deze zijn deels van organische en deels van anorganische aard (Friederichs, 1958). Waaruit geconcludeerd wordt dat een groot onderdeel van ecologie structurele relaties tussen soorten, verzamelingen en biotische processen bepaalt. Processen kunnen dus zeer uitgebreid bestudeerd worden. Omdat dit te ver van de essentie van dit werk zou liggen, wordt dit hier niet uitgebreid besproken. Wel kunnen bevindingen vanuit de ecologie en bekende indicatoren aangehaald worden.

Trofische niveaus

Een hoge soortenrijkdom op meerdere trofische niveaus is vereist om een hoge functionaliteit van ecosysteemdiensten te hebben (Soliveres et al., 2016). De trofische niveaus worden in dit werk buiten beschouwing gelaten omdat het meten van de soortenrijkdom op meerdere niveaus te tijdrovend zou zijn. Ook de aanwezige expertise zou op dit moment een heikel punt zijn. Dit zou zeker het geval zijn wanneer de trofische niveaus heel gedetailleerd bekeken worden zoals in de studie van Soliveres et al. (2016). Hierin worden negen niveaus beschouwd waarbij voor sommige heel wat expertise nodig is. Denk hierbij aan detritivoren en bacterivoren.

In dit werk wordt alvast één niveau bekeken, namelijk de soortendiversiteit van planten. Wanneer in de toekomst de expertise en tijd wel beschikbaar zouden zijn om andere niveaus te meten, zou het een optie kunnen zijn om een indicator op te stellen rond trofische niveaus.

Structurele eigenschappen

Het zou ook mogelijk zijn om de heterogeniteit van de planten op de campussen verder te onderzoeken aan de hand van hun structurele eigenschappen. Deze eigenschappen kunnen een beter beeld geven over de kansen en de beperkingen die deze planten hebben in een bepaald habitat (Pérez-Harguindeguy et al., 2013). Er zijn gigantisch veel eigenschappen die onderzocht zouden kunnen worden. De zoutbestendigheid van de aanwezige planten, het specifieke bladoppervlak, de specifieke wortellengte etc. zijn hier enkele voorbeelden van (Pérez-Harguindeguy et al., 2013). Hoewel deze eigenschappen nuttige informatie zouden kunnen leveren, zijn de methodes vaak omslachtig en tijdrovend. Daarom wordt ervoor gekozen om de structurele eigenschappen in dit werk buiten beschouwing te laten.

2.6.2 Ecosysteemdiensten

Om het belang van biodiversiteit voor de mens te benadrukken, wordt er gebruik gemaakt van de term ‘ecosysteemdiensten’. Ecosysteemdiensten zijn de voordelen die de maatschappij van ecosystemen ontvangt onder de vorm van goederen en diensten, zoals reeds besproken in sectie 2.4. Structuren en processen in ecosystemen vervullen bepaalde functies. Deze functies leveren ecosysteemdiensten, die de mens baten opleveren. Deze baten kunnen zowel op een monetaire als niet-monetaire manier gewaardeerd worden door de mens (Meiresonne & De Haeck, 2014).

Opdat een ecosysteem ecosysteemdiensten zou kunnen leveren is er een minimum aantal soorten vereist onder constante omstandigheden (Loreau et al., 2001). Wanneer er echter veranderende omstandigheden zijn zal het aantal soorten hoger moeten liggen om dezelfde ecosysteemdiensten te kunnen leveren (Loreau et al., 2001). Zo toonden Naeem, Thompson, Lawler, Lawton en Woodfin (1994) aan dat ecosystemen met een hogere biodiversiteit een hogere productie en hogere CO₂-fixatie hebben.

De ecosysteemdiensten worden ingedeeld volgens type van dienst (Tabel 1).

Tabel 1: De belangen van biodiversiteit voor de mens kunnen ingedeeld worden volgens type van ecosysteemdienst (Meiresonne & De Haeck, 2014). Deze types zijn: producerende diensten, regulerende diensten, culturele diensten en ondersteunende diensten. Voor elk type worden hier enkele voorbeelden gegeven.

Producerende diensten	Regulerende diensten	Culturele diensten	Ondersteunende diensten
Voedselproductie	Lucht- en waterkwaliteit	Recreatieve waarde	Primaire productie
Watervoorziening	Klimaat- en waterregulatie	Esthetische waarde	Bodemvorming
Energiegewassen en -voorzieningen	Geluidsbuffer	Educatieve waarde	Nutriëntencyclus
Wild- en natuurproducten	Bodemvruchtbaarheid	Spirituele waarde	
Houtproductie	Bestuiving		
	Kust- en erosiebescherming		

Niet alle ecosysteemdiensten waarvan mensen in de stad de voordelen genieten, worden ook daar geproduceerd. CO₂-vastlegging is hier een goed voorbeeld van (Bolund & Hunhammer, 1999). Ecosystemen zoals deze zijn dan ook niet echt bruikbaar om de ecosystemen op een campus na te gaan. Bolund en Hunhammer (1999) selecteerden een aantal ecosysteemdiensten die lokaal en direct in stedelijke gebieden werden geproduceerd. De ecosysteemdiensten die zij hiervoor aanhaalden zijn: lichtfiltering, microklimaatregulering, ruisonderdrukking, regenwaterafvoer, rioolwaterzuivering en recreatieve en culturele waarden.

Een bestaand hulpmiddel om een waarde aan ecosysteemdiensten toe te kennen is de handleiding “Waardering van ecosysteemdiensten in een stedelijke omgeving”, opgesteld in opdracht van LNE (Departement leefmilieu, Natuur en Energie van de Vlaamse overheid), afdeling milieu-, natuur- en energiebeleid en ANB. Deze handleiding biedt de mogelijkheid om ecosysteemdiensten kwalitatief, kwantitatief en monetair te waarderen. De methodes die in deze handleiding beschreven staan, worden ook toegepast in de online tool “Natuurwaardeverkenner”. Beide zijn erop gericht een methode aan te reiken om het maatschappelijk belang van ecosysteemdiensten in kaart te brengen (Hendrix et al., 2018).

2.6.3 Druk

Zoals eerder geïllustreerd (Figuur 2) zorgen de activiteiten van de UGent en de menselijke activiteiten in de nabijheid voor druk op de omgeving die invloed heeft op de biodiversiteit. Aan de hand van de belangrijkste consequenties die druk heeft op een ecosysteem wordt een set aan indicatoren opgesteld. Nadien kan men door het monitoren van druk, door middel van deze indicatoren, ook de staat van de biodiversiteit inschatten. Anderzijds kunnen indicatoren voor druk het beleid ondersteunen. Door de belangrijkste aspecten van druk te identificeren, kunnen er maatregelen genomen worden met maximaal effect op biodiversiteit.

2.6.3.1 Aspecten van druk

Om indicatoren op te stellen die de druk op de biodiversiteit bepalen wordt druk eerst opgedeeld in verschillende aspecten. Zo kan men vervolgens voor elk aspect enkele indicatoren opstellen. Op deze manier tracht men de druk op de biodiversiteit zo volledig mogelijk te beschrijven. Er zijn drie Aichi targets die relevant zijn omtrent druk en de opzet van dit werk.

Een eerste Aichi target dat invloed heeft op deze specifieke opzet luidt als volgt: “By 2020, pollution including from excess nutrients, has been brought to levels that are not detrimental to ecosystem function and biodiversity” (Biosafety Unit 2020). Hieruit wordt bepaald dat nutriëntenaanrijking een eerste belangrijk aspect is van druk. Dit wordt besproken als menselijke of antropogene verontreiniging.

Een tweede Aichi target dat ter sprake komt is: “By 2020, the rate of loss of all natural habitats, including forests, is at least halved and where feasible brought close to zero, and degradation and fragmentation is significantly reduced” (Biosafety Unit 2020). Fragmentatie is hierbij een belangrijk aspect dat verder besproken wordt.

Als laatste is ook het volgende Aichi target hier van belang: “By 2020, invasive alien species and pathways are identified and prioritized, priority species are controlled or eradicated, and measures are in place to manage pathways to prevent their introduction and establishment” (Biosafety Unit 2020). Hieruit volgt dat invasieve exoten ook een belangrijk aspect van druk is.

Deze targets zijn heel grootschalig en zijn niet per se opgesteld voor stedelijke omstandigheden. Dit maakt deze indicatoren echter niet onbruikbaar. Wel moet er rekening gehouden worden met relevante aspecten die niet besproken zijn. Aan de hand van wetenschappelijke literatuur rond druk en biodiversiteit worden hier nog andere aspecten van druk aangehaald. Zo is betredingsgraad, geluidspollutie en lichtpollutie ook van belang. Deze worden vervat onder de categorie omgevingsdruk.

2.6.3.2 Antropogene verontreiniging

Bij de antropogene verontreiniging zijn stikstof (N) en fosfor (P) belangrijke factoren. Deze worden voornamelijk als meststoffen gebruikt in de agro-industrie. Anderzijds komt stikstof ook vrij bij de verbranding van fossiele brandstoffen. Stikstof en fosfor zijn echter een limiterende factor voor ecosystemen en fluctuaties hebben gevolgen op deze systemen. De gevolgen van verhoogde stikstof en fosfor abundantie zijn biodiversiteitsverlies door biotische homogenisatie, verandering in soortenverhoudingen en verlies van biotische interacties (Cleland & Harpole, 2010, Ceulemans et al., 2014)). Ook zorgt stikstofverrijking voor verlies van basische kationen in graslanden met verlies van niches als gevolg (Horswill, O’Sullivan, Phoenix, Lee & Leake, 2008).

2.6.3.3 Fragmentatie

Fragmentatie is een belangrijk probleem waarmee biodiversiteit te kampen heeft. Fragmentatie is echter ook een verzamelnaam geworden voor veel problemen van urbanisatie (Fahrig, 2003). Om dit te verduidelijken wordt fragmentatie gedefinieerd als: “a large expanse of habitat is transformed into a number of smaller patches of smaller total area, isolated from each other by a matrix of habitats unlike the original” (Fahrig, 2003).

Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen verlies aan habitatoppervlakte en effectieve fragmentatie waarbij een gebied wordt opgedeeld in kleinere fragmenten (Fahrig 2013). Het belangrijkste probleem is het verlies aan habitats en habitatoppervlakte wat in een directe lijn het verlies aan biodiversiteit veroorzaakt (Fahrig 2013). De effectieve fragmentatie waarbij een groot gebied wordt ingedeeld in veel kleinere gebieden heeft ook gevolgen. De isolaten kunnen soms te klein zijn om een populatie te laten overleven, dit is vooral een probleem bij soorten die door deze isolatie niet meer kunnen migreren. Anderzijds is er door de toename van randgebieden door het fragmenteren in kleine gebieden meer kans dat een soort bij toeval in de matrix van “grijze zones” terechtkomt wat dan weer kan leiden tot een hogere mortaliteit (Fahrig 2013).

Net als biodiversiteit is fragmentatie in een stedelijke context anders dan in groene omgevingen. Hierbij moet rekening gehouden worden met een erg hoge fragmentatiegraad. Ook de campussen van de UGent die zich in de stad bevinden worden vaak omringd door bebouwing. Hierbij bevindt het dichtstbijzijnde groen zich vaak op een relatief grote afstand en heeft deze dikwijls een geringe oppervlakte. Op deze manier is de problematiek rond migratie en randeffecten beduidend groter. Anderzijds kan ook gesteld worden dat fragmentatie in de stad door de hoge bevolkingsdichtheid een onoverkomelijk probleem is.

2.6.3.4 Omgevingsdruk

Lichtpollutie

Artificiële verlichting heeft voor de maatschappij vele voordelen, maar is vaak nadelig voor de biodiversiteit. In het algemeen worden licht-sensitieve soorten verstoord in hun activiteiten. Ten eerste heeft lichtpollutie een impact op het circadiaans ritme van vele dieren. Deze ritmes hebben dan weer een grote invloed op het gedrag en de inwendige processen waardoor ook deze verstoord geraken. Dit brengt soorten en biotische processen in gevaar. Ten tweede zorgt licht voor afleiding bij bepaalde organismen zoals insecten of trekvogels, waardoor uitputting kan plaatsvinden. Ten laatste worden nachtroofdieren kwetsbaar gesteld. Enerzijds verkrijgen ze echter een verhoogde zichtbaarheid. Anderzijds beginnen roofdieren die enkel overdag actief zijn ook later actief te worden. (Hölker et al. 2010).

Geluidspollutie

Uit meerdere studies blijkt dat er boven 40 dB aan omgevingslawaai een algemeen verlies is aan soortenrijkdom van vogels (Shannon et al., 2016). Vele soorten ondervinden ook sterke hinder in hun communicatie en passen geluiden en echolocatie aan, aan hogere frequenties of verliezen zelf de volledige capaciteit tot communicatie. Daarnaast is er een algemene verandering in soorten interacties en gedragspatronen. Ook het vinden van een partner wordt voor velen bemoeilijkt. Hiernaast vormen ook fysiologische stress, verhoging in hartslag en alertheid grote problemen bij vele soorten (Shannon et al., 2016).

Betreding

Betreding van graslanden heeft verschillende gevolgen voor de biodiversiteit. Enerzijds zorgt een hoge betredingsfrequentie voor het verdwijnen van oppervlaktebegroeiing waarbij de bodem vrij komt te liggen. Anderzijds zal bij lagere betredingsfrequentie de verhouding aan houtachtige

kruiden en grassen dalen in het voordeel van iets flexibelere kruiden. Bovendien zullen ook ruderaal soorten de bovenhand nemen. Uit onderzoek is ook bewezen dat exoten die beter aangepast zouden zijn aan verstoring beter overleven op vaak betrapte gebieden. Als sluitend bewijs blijkt uit onderzoek dat in het algemeen de Shannon index hoger is bij meer betreding (Boudart, 2017).

2.6.3.5 Exoten

Meer en meer soorten verspreiden zich dankzij de mens buiten hun natuurlijk verspreidingsgebied. De meeste uitheemse soorten veroorzaken geen problemen, bijvoorbeeld omdat ze zich in ons klimaat niet blijvend kunnen vestigen. Anderen weten zich wel te vestigen, maar groeien niet uit tot een plaag of richten geen schade aan. Bij een kleine minderheid van soorten wordt, na vestiging en uitbreiding, evenwel een negatieve impact op natuur, landbouw, volksgezondheid of infrastructuur vastgesteld (Exoten, z.d.).

Er zijn ook hoog competitieve exoten die in verstedelijkte gebieden zorgen voor de achteruitgang van inheemse soorten en dit over wijdverspreide gebieden. Dit leidt tot biotische homogenisatie en wordt veroorzaakt door de verzwakking van inheemse habitats, voedsel en grote verspreiding van exoten door inwoners (Alvey, 2006). Zelfs bepaalde vogelsoorten die oorspronkelijk aanzien werden als goed aangepast aan stedelijke gebieden verliezen tegen deze exoten (Colléony et al 2020).

Invasieve planten veroorzaken in de eerste plaats ecologische problemen. Zodra ze in de natuur hun plaats hebben verworven, domineren ze de oorspronkelijke vegetatie en vormen ze een ononderbroken en dicht plantendek. Ze nemen de plaats van inheemse soorten in en hun ontwikkeling kan leiden tot een vermindering van de plantendiversiteit (IPBES, 2019). Deze vervlakking van flora kan gevolgen hebben voor de hele fauna die hetzelfde ecosysteem deelt (insecten, vogels, bodemdieren, enz.). Het resultaat is een verlies aan biodiversiteit. De wildgroei van invasieve planten leidt tot aanzienlijke economische verliezen en kan andere schade veroorzaken zoals problemen voor de volksgezondheid, risico's op kruisingen met inheemse soorten, gevolgen voor bestuivende insecten etc. (IPBES, 2019).

De Europese Commissie stelde in 2014 een lijst op met invasieve uitheemse soorten die de Europese Unie zorgen baren. Lidstaten van de Europese Unie zijn verplicht om maatregelen te nemen tegen de onopzettelijke introductie, vroege opsporing en snelle uitroeiing van deze soorten te stimuleren en om de reeds wijdverspreide soorten op hun grondgebied te beheren ('List of Invasive Alien Species of Union concern - Environment - European Commission', z.d.).

Wanneer exoten worden vastgesteld in het wild worden beheerders en beleidsmakers geconfronteerd met een belangrijke vraag: "In welke mate zijn de exoten invasief?". Op basis van risicoanalyses, uitgevoerd onder coördinatie van het Belgisch forum invasieve soorten, worden exoten geklasseerd in functie van hun invasiestadium en mogelijke impact op biodiversiteit. Hiervoor ontwierp men het ISEIA-protocol (Invasive Species Environmental Impact Assessment), een eenvoudig tool gewijd aan de kwantificering van potentiële invasiviteit van niet-inheemse soorten in België, met de focus op hun impact op de biodiversiteit en ecosysteemfuncties (Branquart, 2009).

Het protocol plaatst een soort in één van de drie volgende risico categorieën met bijhorende subcategorie (Figuur 3) (Branquart, 2009):

- Categorie A: (black list): bevat soorten met een hoog milieurisico;
- Categorie B: (watch list): bevat soorten met een matig milieurisico;
- Categorie C: bevat andere niet-inheemse soorten, die niet worden beschouwd als een bedreiging voor de inheemse biodiversiteit en ecosystemen;

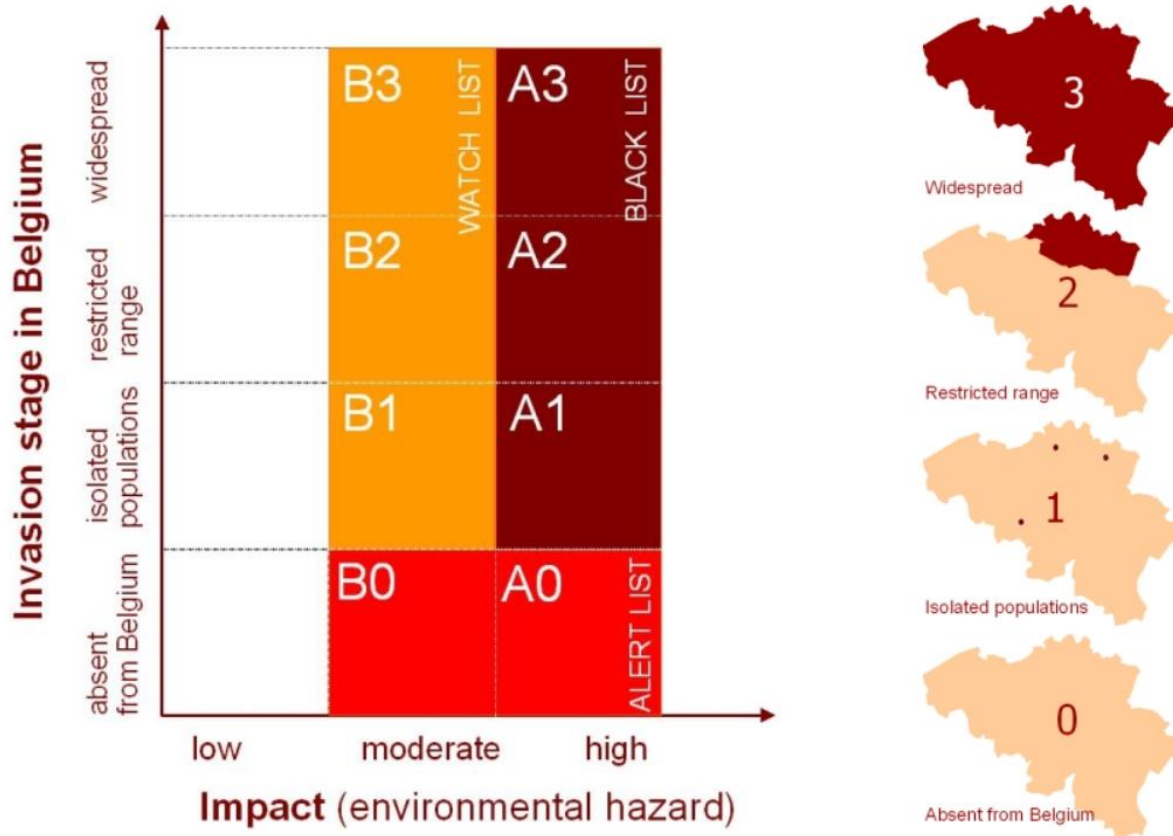


Figure 2 - List system adopted by the BFIS to identify exotic species that make a threat for native biodiversity.

Figuur 3: Men kan dankzij dit protocol nagaan in welke categorie een niet-inheemse soort zich bevindt. Op de x-as vind je de impact terug, deze kan 'low', 'moderate' of 'high' zijn. De impact van de soort wordt bepaald door het ISEIA-protocol. Op de y-as vindt men de mate van verspreiding terug, de mate van invasiviteit. (Branquart, 2009)

3 MATERIAAL EN METHODE

3.1 Selectie van indicatoren

Zoals eerder vermeld is het onmogelijk om de biodiversiteit met één enkele indicator te meten (Spangenberg, 2007). Daarom werden er in de literatuurstudie verschillende aspecten beschreven die invloed hebben op de biodiversiteit. Deze aspecten kunnen wel aan de hand van indicatoren gemeten worden. Met dit geheel aan indicatoren wordt vervolgens getracht een zo volledig mogelijke inschatting te maken van de toestand van de biodiversiteit. Door deze indicatoren herhaaldelijk te meten zal het mogelijk zijn om veranderingen in biodiversiteit te monitoren.

In de literatuurstudie (Sectie 2.6) werden de belangrijkste aspecten van biodiversiteit beschreven en opgedeeld in de drie onderdelen uit figuur 2, namelijk groen, ecosysteemdiensten en druk. In deze opdeling is echter ook al een eerste selectie gemaakt waarbij bepaalde aspecten van biodiversiteit al achterwege werden gelaten door hun niet meetbaar karakter (bv. genetische diversiteit).

Bij het selecteren van de indicatoren zijn twee methoden mogelijk. Enerzijds wordt er gezocht naar reeds bestaande indicatoren in de literatuur, die toepasbaar zijn op UGent-campussen. Anderzijds werd er voor de aspecten waarvoor er geen bruikbare indicatoren gevonden werden en die onmisbaar leken om de biodiversiteit op de UGent-campussen te meten, getracht om zelf een meetmethode op te stellen. In de realiteit werden echter ook indicatoren die overgenomen werden aangepast om aan de schaal en context van dit werk te voldoen. Voor elke indicator zal in de bespreking aangeduid worden welke methode gebruikt werd (Tabel 3).

Per geselecteerde indicator werd in bijlage 1 kort uitgelegd wat deze meet, hoe het gemeten wordt, welke gegevens er hiervoor nodig zijn en hoe de gegevens achteraf verwerkt kunnen worden. Er zijn erg veel indicatoren die gebruikt zouden kunnen worden, daarom beperkt dit onderzoek zich slechts tot een selectie. Deze selectie zal echter onvolledig zijn, er wordt dan ook bewust ruimte gelaten voor verdere aanvulling in de toekomst.

3.2 Aftoetsen van selectie aan criteria

3.2.1 Desktop inschatting

Om na te gaan of de indicatoren geschikt zijn voor gebruik, dienen ze te voldoen aan de criteria die opgesteld werden in sectie 2.5.2. Deze criteria werden opgedeeld in drie groepen (Figuur 4). De wijze waarop een indicator geëvalueerd werd, verschilt per groep.

1. Wetenschappelijk onderbouwd	Groep 1
2. Relevant	
3. Herhaalbaarheid	Groep 2
4. Eenvoudig meetbaar	
5. Snel meetbaar	
6. Goedkoop meetbaar	
7. Eenvoudig te begrijpen	
8. Eenduidig	
9. Gevoelig voor verandering	Groep 3
10. Voorspelbare respons	
11. Voorspelbare reactie op natuurlijke verstoring	
12. Voorspelbare reactie op menselijke verstoring	
13. Mogelijkheid tot beheer	

Figuur 4: De criteria waaraan een indicator moet voldoen, ingedeeld in drie groepen.

Met de criteria van groep 1 (Figuur 4) werd er reeds rekening gehouden tijdens het maken van de eerste selectie van indicatoren (Sectie 2.6). Een indicator is wetenschappelijk onderbouwd wanneer het een methode betreft die in de literatuur beschreven werd. Als het om een zelf opgestelde methode ging, was dit lichtjes verschillend. Wanneer voor een output van een indicator in de literatuur beschreven wordt wat de betekenis zal zijn voor de biodiversiteit, kan er ook vanuit gegaan worden dat deze methode wetenschappelijk onderbouwd is. Een indicator was relevant voor deze bachelorproef wanneer deze gebruikt kan worden op de UGent-campusen. Daarvoor werd naar twee zaken gekeken: enerzijds moest een indicator in stedelijke gebieden bruikbaar zijn en anderzijds moest de indicator bruikbaar zijn op de schaal van de campusen.

De criteria in groep 2 gaan over bruikbaarheid in de praktijk. Er werd bepaald of een indicator voldoet aan deze criteria aan de hand van de uitgeschreven meetmethode van deze indicator. Door deze methodiek volledig uit te werken werd een bepaling gemaakt van de benodigde tijd en materialen. Door de bepaling van benodigde tijd en materialen kunnen ook de nodige financiële middelen ingeschat worden. Hierbij moet rekening gehouden worden met de kostprijs van materialen en de benodigde werkuren. De mate waarin een indicator eenvoudig te begrijpen is kan bepaald worden door de methodiek te laten nalezen door een leek. Ook eenduidigheid wordt bepaald door de methodiek te laten evalueren door verschillende externe lezers. Ten laatste wordt herhaalbaarheid bepaald door de proef meerdere malen uit te voeren.

De criteria in groep 3 gaan over gevoeligheid. Het beoordelen van deze criteria gebeurde met een hypothetische plot waarbij een maatregel genomen wordt die de biodiversiteit doet stijgen. Per indicator moet dan nagegaan worden of deze gevoelig is voor het effect van deze maatregel.

3.2.2 Selectie van batterij indicatoren

De uiteindelijke selectie van de indicatoren, die gebruikt zullen worden in het veldprotocol, werd bekomen door elke indicator te evalueren aan deze criteria. Dat gebeurde door per indicator een score te geven die een antwoord biedt op de vraag: “voldoet de indicator aan volgend criterium?”. De score die gegeven kon worden zal varieerde van “zeker wel”, aangeduid met “+”, “zeker niet”, aangeduid met een “-“, “neutraal”, aangeduid met een “0” tot een “X” voor “te weinig info of

moet op het terrein getest worden” (Tabel 2). Om de evaluatie zo objectief mogelijk uit te voeren, hebben de vier leden van dit onderzoek de evaluatie elk afzonderlijk ingevuld. Wanneer drie of meer keer dezelfde score werd gegeven voor een criterium, werd deze score als conclusie aangenomen. De criteria waar dit niet het geval was, werden onderling besproken om tot een consensus te komen. Hoewel de indicatoren tijdens de literatuurstudie al geselecteerd werden op eigenschappen van groep 1 (wetenschappelijk onderbouwd en relevant), werden deze voor de volledigheid en ter controle toch nog geëvalueerd door elk lid. Om de overige criteria te kunnen evalueren werd de methodiek volledig uitgeschreven (Bijlage 1). Daarna werd op basis daarvan een persoonlijke inschatting gemaakt voor elk criterium.

Tabel 2: De evaluatie van de indicatoren gebeurde door de indicator te toetsen aan criteria van een ecologische indicator. Bij elk criterium werd de vraag gesteld of deze indicator aan die eigenschap voldoet. Op deze vraag zijn vier antwoorden mogelijk.

Antwoord	Betekenis
+	Zeker wel
-	Zeker niet
0	Neutraal
X	Te weinig info of moet op het terrein getest worden

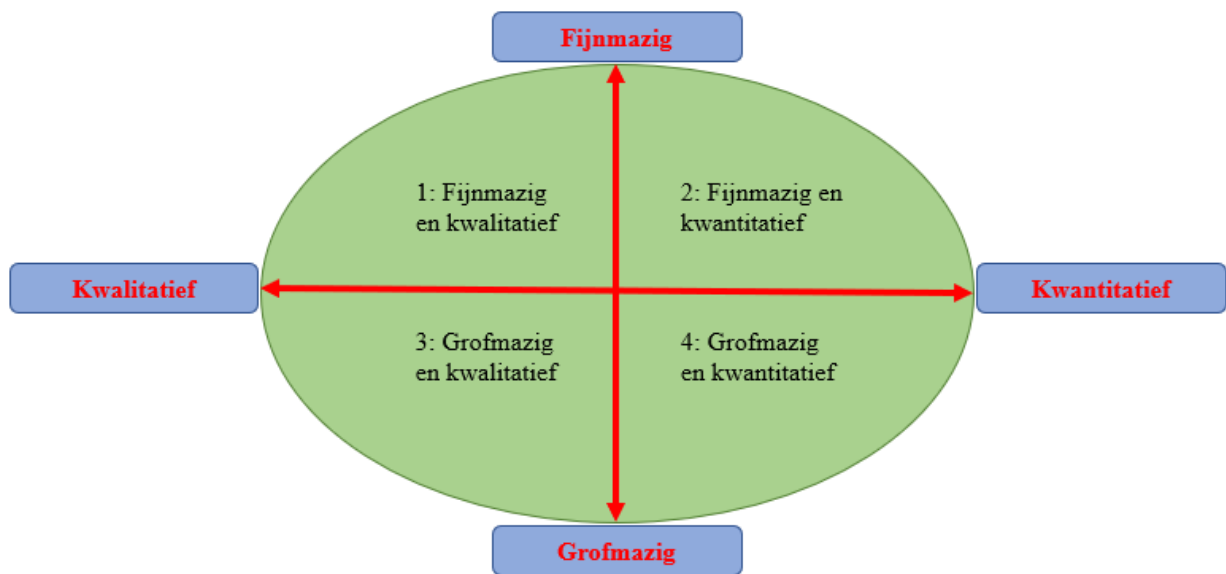
Indicatoren die niet voldeden aan de criteria bij de evaluatie werden verder besproken in de bespreking. Hierbij werd bepaald of criteria waaraan de indicator niet voldoet cruciaal zijn. Indien dit het geval was werden deze indicatoren niet verder besproken.

3.2.2.1 Opstellen van veldprotocol

De overige indicatoren, die wel voldoen aan de criteria, werden verwerkt in het veldprotocol. Dat veldprotocol werd opgesteld om de biodiversiteit op de campussen steeds op een zo eenvoudige mogelijke en gestandaardiseerde wijze te meten. Het veldprotocol bestaat uit drie delen. Het eerste deel gaat over het werk dat uitgevoerd moet worden voorafgaand aan het terreinbezoek. Het tweede deel beschrijft hetgeen tijdens het terreinbezoek op de campus moet gebeuren. Het laatste deel omvat het werk dat achteraf dient te gebeuren. Om efficiënter te werk te gaan, worden in het veldprotocol waar mogelijk de metingen van verschillende indicatoren gecombineerd.

3.2.2.2 Categoriseren van de indicatoren

Elke indicator kan op verschillende manieren gemeten worden. Enerzijds kan er een onderscheid gemaakt worden tussen kwalitatief en kwantitatief meten en anderzijds tussen fijnmazig of grofmazig meten. Een fijnmazige indicator meet op de schaal van een perceel, terwijl een grofmazige indicator op schaal van een campus of op schaal van de gehele UGent gemeten kan worden. Er zijn bijgevolg vier manieren waarop een indicator gemeten kan worden (Figuur 5). Voor één indicator, de oppervlakte groen, werden deze vier manieren uitgewerkt en elke manier van meten werd geëvalueerd a.d.h.v. de criteria. Degene die het beste scoorde op de evaluatie werd vervolgens opgenomen in het veldprotocol. Voor de resterende indicatoren werd telkens slechts één meetmethode uitgewerkt en daarna werd de categorie waartoe ze behoren vermeld. De mogelijke categorieën zijn: 1: fijnmazig en kwalitatief, 2: fijnmazig en kwantitatief, 3: grofmazig en kwalitatief en 4: grofmazig en kwantitatief (Figuur 5).



Figuur 5: Alle indicatoren die beschreven worden kunnen ingedeeld worden in vier categorieën. Die categorieën duiden de verschillende wijzen aan waarop een indicator gemeten kan worden; 1: fijnmazig en kwalitatief, 2: fijnmazig en kwantitatief, 3: grofmazig en kwalitatief en 4: grofmazig en kwantitatief.

4 RESULTATEN

4.1 Evaluatie indicatoren

De volledige evaluatie van de indicatoren is terug te vinden in bijlage 3. De conclusie van de evaluatie wordt per indicator weergegeven in tabel 3. In tabel 4 wordt er per criterium aangegeven hoeveel keer een criterium positief, negatief, neutraal of met een X wordt beoordeeld.

Tabel 3: : Overzicht van de evaluatie van de uitgewerkte set van indicatoren. De volledige versie van de evaluatie is te vinden in bijlage 1. In deze tabel is aangeduid op welke manier een indicator tot stand kwam. “” betekent dat een indicator volledig overgenomen is uit de literatuur, “***” betekent dat de indicator overgenomen is uit de literatuur, maar dat er enkele aanpassingen gebeurd zijn en “****” betekent dat de indicator zelf opgesteld is.*

Criteria Indicatoren	Groep 1		Groep 2						Groep 3				
	Wetenschappelijk	Relevant	Herhaalbaarheid	Eenvoudig meetbaar	Snel meetbaar	Goedkoop meetbaar	Eenvoudig te begrijpen	Eenduidig	Gevoelig voor verandering	Voorspelbare respons	Voorspelbare respons op natuurlijke verstoring	Voorspelbare respons op menselijke verstoring	Mogelijkheid tot beheer
Opp. groene infrastructuur cat. 1 ***	+	+	+	X	+	+	+	0	-	X	+	0	+
Opp. groene infrastructuur cat. 2 ***	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	X	+	+
Opp. groene infrastructuur cat. 3 ***	0	+	+	+	+	+	+	0	-	-	-	-	+
Opp. groene infrastructuur cat. 4 ***	+	+	+	+	X	+	+	+	+	+	X	+	+
Opp. Grijs infrastructuur ***	+	+	+	+	X	+	+	+	+	+	X	+	+
Habitatdiversiteit **	+	+	+	0	-	+	0	+	+	+	X	+	+
Verticale gelaagdheid *	+	+	+	0	-	+	+	X	-	+	X	+	+
Soortendiversiteit **	+	+	+	0	X	+	+	+	+	+	+	+	X
Waterretentie (kwalitatief) **	+	+	+	+	+	+	0	0	+	+	-	+	+
Waterretentie (kwantitatief) **	+	+	+	+	+	+	0	0	+	+	-	+	+
Waterretentie (monetair) **	+	X	+	-	0	+	+	-	+	-	X	-	+
Recreatie (kwantitatief) ***	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	X	+	+
Recreatie (monetair) **	-	-	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+
Natuurwaarde-verkenner *	+	+	-	-	-	+	0	0	X	+	X	+	+
Antropogene verontreiniging **	+	+	+	X	+	+	0	0	0	+	X	+	0
Lichtpollutie ***	+	+	+	+	+	+	0	0	+	+	0	+	+
Geluidspollutie ****	+	+	+	+	+	+	+	0	+	+	-	+	-

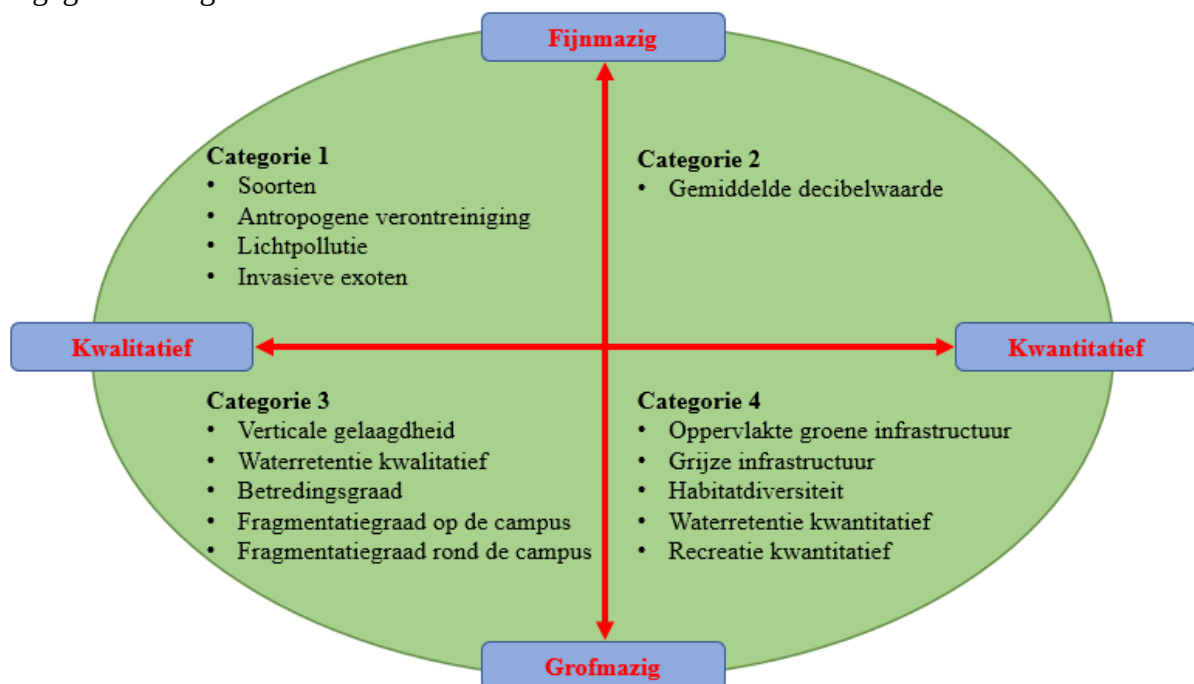
Betreding ***	0	+	+	+	+	+	+	0	+	+	X	+	+
Fragmentatie op de campus ***	+	+	+	-	-	+	0	0	+	+	0	+	+
Fragmentatie rond de campus ***	+	0	0	-	0	+	+	+	0	0	0	-	-
Invasieve exoten ***	+	+	+	+	+	+	+	X	+	-	X	X	+

Tabel 4: Samenvatting van het totaal aantal toegewezen '+'-, '-'-, 'X' – en '0' – tekens per criterium.

	Groep 1		Groep 2				Groep 3						
	Wetenschappelijk onderbouwd	Relevant	Herhaalbaarheid	Eenvoudig meetbaar	Snel meetbaar	Goedkoop meetbaar	Eenvoudig te begrijpen	Eenduidig	Gevoelig voor verandering	Voorspelbare respons	Voorspelbare respons op natuurlijke verstoring	Voorspelbare respons op menselijke verstoring	Mogelijkheid tot beheer
Aantal '+'	14	18	19	11	11	20	14	7	15	16	2	15	17
Aantal '-'	2	1	1	5	5	1	/	2	4	3	5	4	2
Aantal 'X'	/	1	/	2	3	/	/	2	1	1	11	1	1
Aantal '0'	2	1	1	3	2	/	7	10	2	1	3	1	1

4.2 Categorisatie indicatoren

De vijftien indicatoren die overbleven na de evaluatie werden ingedeeld in vier categorieën zoals weergegeven in figuur 6.



Figuur 6: Na de evaluatie van de eigenschappen van een goede ecologische indicator bleven er vijftien indicatoren over. Deze indicatoren kunnen ingedeeld worden in vier categorieën. Die categorieën duiden de verschillende wijzen aan waarop een indicator gemeten kan worden

5 BESPREKING

5.1 Bespreking evaluatie

De evaluatie van indicatoren aan de hand van de criteria verliep vrij objectief. Daarbij waren sommige indicatoren niet zo eenvoudig af te toetsen aan deze criteria. Criteria die vaak slecht scoorden zijn aandachtspunten. Hierbij kan men zich echter afvragen of dit criterium kwalitatief is.

In tabel 4 werd per criterium aangegeven hoeveel keer een criterium positief, negatief, neutraal of met een X beoordeeld werd. Uit deze tabel werd geconcludeerd dat de meeste indicatoren goedkoop meetbaar zijn (20 van de 21). Ook de criteria ‘relevantie’, ‘herhaalbaarheid’ en ‘mogelijkheid tot beheer’ werden meestal positief beoordeeld. Opvallend is dat weinig indicatoren goed scoren op het criterium ‘voorspelbare respons op natuurlijke verstoring’, hiervan werd een groot aantal met een ‘-’ of een ‘X’ aangeduid. Er wordt verwacht dat het beoordelen van dit criterium best gebeurt aan de hand van een hypothetische plot waarbij een maatregel genomen wordt die de biodiversiteit doet stijgen. Per indicator moet dan nagegaan worden of deze gevoelig is voor het effect van deze maatregel.

De vraag of een indicator ‘eenduidig’ is werd vaak met ‘neutraal’ beantwoord. Dit criterium wordt best beoordeeld door de methodiek te laten evalueren door verschillende externe lezers. In dit werk werd er te snel van uitgegaan dat een indicator eenduidig is, de uitgeschreven indicatoren werden enkel nagelezen en geëvalueerd door andere groepsgenoten. In verder onderzoek is het belangrijk om meer aandacht te besteden aan dit criterium.

Om na te gaan of het meten van de verschillende indicatoren haalbaar is in de praktijk (criteria groep 2), is het belangrijk om ze uit te testen op terrein. In dit werk werd dit niet uitgevoerd wegens tijdnood en om de omvang van dit werk te beperken. In verder onderzoek waarbij indicatoren opgesteld worden, zou deze manier van evalueren echter zeer nuttig zijn. Op deze manier kan de bruikbaarheid van een indicator in de praktijk grondiger bepaald worden.

5.2 Bespreking niet geselecteerde indicatoren

5.2.1 Oppervlakte groene infrastructuur: Categorie 1, 2 en 3

Bij wijze van voorbeeld voor de opdeling in de vier verschillende categorieën werd de indicator groene infrastructuur voor elk van deze categorieën uitgewerkt (Bijlage 1, Sectie 1.1.1.1). Deze vier categorieën werden één voor één geëvalueerd met als doel de best scorende indicator over te houden. De indicatoren voor categorie 2 en 3 scoren in de evaluatie niet zo goed. De indicator voor categorie 2 scoorde slecht op vlak van eenvoud wegens het fijnmazig en kwantitatief karakter. Hierbij moet de eenvoud plaatsmaken voor precisie. De indicator voor categorie 3 scoorde dan wel goed op de criteria van groep 2, maar scoorde slecht bij groep 3. De gevoeligheid wordt belemmerd door het kwalitatief en grofmazig karakter van de indicator.

De indicatoren van categorie 2 en 3 zouden dus niet bruikbaar zijn voor dit werk. De indicator van categorie 1 scoort in de evaluatie als een goede indicator. Deze indicator zou dus bruikbaar zijn voor het bepalen van de totale oppervlakte groene infrastructuur. Categorie 4: grofmazig en kwantitatief scoorde nog net iets beter op de evaluatie. Deze indicator zal dan vanaf nu ook de echte indicator

voor oppervlakte groene infrastructuur zijn. De overige categorieën zullen verder niet meer gebruikt worden.

5.2.2 Waterniveaus, monetair

De voorspelbaarheid van de indicator voor stabilisatie van waterniveaus werd negatief geëvalueerd op monetair vlak. Deze indicator is dus niet voorspelbaar en zal weinig betrouwbare informatie bezorgen. Hierdoor wordt deze indicator als minder bruikbaar beschouwd in dit werk en wordt deze niet verder besproken.

5.2.3 Recreatie, kwantitatief

De kwantitatieve indicator voor recreatie werd geëvalueerd als zijnde niet wetenschappelijk onderbouwd. De wetenschappelijke basis van ecosysteemdiensten is echter van minder belang, omdat elke ecosysteemdienst zijn waarde heeft voor de mens.

Hierdoor werd deze indicator toch toegevoegd aan de set van indicatoren maar moet er in beschouwing gelaten worden dat deze niet zo wetenschappelijk onderbouwd is.

5.2.4 Recreatie, monetair

Zowel de accuraatheid als de relevantie als het wetenschappelijk onderbouwd zijn van de monetaire indicator voor recreatie worden negatief geëvalueerd. Hierdoor is deze indicator niet geschikt en zal deze ook niet verder besproken worden in dit werk.

5.2.5 Natuurwaardeverkenner

De natuurwaardeverkenner tool is geëvalueerd als zijnde niet eenvoudig genoeg. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat enige ervaring nodig is om de natuurwaardeverkenner te kunnen gebruiken. Ook het verwerken van de resultaten die de natuurwaardeverkenner genereert vraagt enige aandacht. Hierdoor wordt deze indicator voorlopig niet verder besproken en dus ook niet gebruikt in de uiteindelijke set aan indicatoren.

5.2.6 Decibelwaarde

De indicator voor geluidspollutie is op vlak van mogelijkheid tot beheer geëvalueerd als een minder goede indicator. Omdat geluid van verschillende bronnen kan komen buiten de UGent kan deze druk slechts beperkt vermeden worden. Hierdoor kunnen de beleidsmakers een geringe invloed hebben op de geluidsdruk op de biodiversiteit op campussen. Dit maakt van deze indicator geen ideale indicator. Maar een beperkte invloed is wel mogelijk. Daarenboven is de waarde van deze indicator op vlak van het monitoren van biodiversiteit wel van belang en kan hierbij een verklaring bieden voor een verlaging van de biodiversiteit. Waardoor deze indicator toch toegevoegd wordt aan de set van indicatoren.

5.2.7 Isolatie rond de campus

Net als de indicator voor geluidspollutie is de indicator voor isolatie rond de campus op vlak van mogelijkheid tot beheer geëvalueerd als zijnde een slechte indicator. Aangezien het beheer van de UGent geen invloed heeft op het aanwezige groen in de omgeving kan de waarde voor deze indicator niet gewijzigd worden door de inspanningen van de beleidsmakers.

Anderzijds is de waarde van deze indicator op vlak van invloed op de fragmentatie wel van groot belang. De aanwezigheid van groen in de omgeving van de campus kan wel gebruikt worden om een inschatting te maken van de biodiversiteit op de campus, omdat verlaagde fragmentatie leidt tot een hogere soortenrijkdom.

5.3 Veldprotocol

Dit veldprotocol geldt als leidraad voor hoe de indicatoren op een correcte manier gemeten en verwerkt moeten worden.

5.3.1 Werk vooraf

5.3.1.1 Pc werk

Indeling groen en oppervlaktes bepalen

Zoals eerder besproken (Sectie 3.1.1) wordt het terrein van de campus ingedeeld in habitattypes en hun corresponderende oppervlaktes worden bepaald. Ook wordt de totale oppervlakte van de campus en de oppervlakte aan grijze infrastructuur bepaald.

Deze indeling in habitattypes wordt via Google Earth bepaald. Via de applicatie My Maps wordt een nieuwe kaart gecreëerd. Een eerste laag wordt aangemaakt met de naam “groenelementen”. Vervolgens wordt in de toolbar de figuurfunctie gebruikt om rond elk groenelement een polygoon te tekenen. Elk vlak krijgt ook een letter toegewezen. Vervolgens krijgt ook elk vlak een habitatype (Tabel 11) en de oppervlakte wordt genoteerd bij opmerkingen. De oppervlakte is terug te vinden door te klikken op het vlak. Elk habitatype wordt genoteerd in tabel 11 (Bijlage 2) met de oppervlakte en het corresponderende cijfer van het groenelement (Tabel 5).

In een tweede laag genaamd “geïsoleerde percelen” wordt elk perceel groen afgebakend met de figuurfunctie. Een geïsoleerd perceel wordt volledig omringd door grijze infrastructuur, bijvoorbeeld een verharde weg of een gebouw. Elk van deze percelen krijgt een cijfer toegewezen. Op de volgende laag zal de totale oppervlakte van de gebouwen op de campus gemeten worden. Als laatste wordt ook de volledige campus omringd op dezelfde manier en ook hier wordt de oppervlakte bepaald en in tabel 11 (Bijlage 2) genoteerd. Uiteindelijk wordt de kaart met de vier lagen afgeprint voor verder gebruik in het veldwerk.

Door, in de verwerking, de oppervlaktes van alle elementen op te tellen, kan de totale oppervlakte groene infrastructuur bekomen worden. De totale grijze oppervlakte wordt bepaald door de oppervlakte van de gebouwen en de totale oppervlakte groen af te trekken van de totale oppervlakte. Ook wordt de totaaloppervlakte van elk habitatype bepaald. Verder worden deze gegevens ook gebruikt voor het bepalen van verticale gelaagdheid, waterretentie, recreatie, betreding en fragmentatie op de campus.

Tabel 5: De groene infrastructuur op de campussen zal ingedeeld worden aan de hand van de lijst van groenelementen. Voor de eenvoud worden enkel de elementen die kunnen voorkomen op UGent- campussen in deze tabel opgenomen.

	Mogelijks aanwezige groenelementen
1	Grasland
2	Land- & tuinbouwgrond
3	Stilstaand water

4	Struweel
5	Bos
6	Alleenstaande boom
7	Alleenstaande struik

Aantal studenten en personeel

Zowel voor de indicator voor recreatie als betreding wordt het aantal studenten en personeelsleden bepaald (Sectie 3.1.2.2 en 3.1.3.2). Deze gegevens worden bekomen door een email te sturen naar de administratie van de campus.

Fragmentatie rond de campus

Als laatste wordt op satellietbeelden van Google Earth, in een straal van 500 meter rond de campus, op kwalitatieve wijze bepaald of de omgeving al dan niet voornamelijk groen is. Hierbij wordt aan de hand van de website mapdevelopers.com een radius getekend met de cirkel tool. Ook wordt bepaald of het groen op de campus grenst aan het groen in de omgeving. Waarbij er eventueel verbindingen aanwezig zijn met de omgeving

5.3.1.2 Materialen

- Veldflora, plantengids, app of website flora
- Loupe
- Meter
- Touw
- Piketten, stokken of andere markeringen
- Kopie van satellietbeelden
- Pen en papier
- Decibelmeter (op smartphone)

5.3.2 Veldwerk

5.3.2.1 Controleren van de kaart en indeling en het bepalen van lichtbronnen

Elk groenelement wordt overlopen en er wordt gecontroleerd of de bodembedekking overeenkomt met de inschatting tijdens het voorbereidende werk. Eventuele aanpassingen worden gemaakt in tabel 11 (Bijlage 2). Verder wordt er bepaald of er alleenstaande bomen en struiken aanwezig zijn, deze bomen en struiken worden ook geïnventariseerd in tabel 11 (Bijlage 2).

Ook gebeurt er een controle voor de aaneengesloten percelen groen. Hierbij wordt gecontroleerd of er eventueel groene verbindingen zijn die er nog niet waren of niet zichtbaar waren op de satellietbeelden.

Ook de mogelijke aanwezigheid van lichtbronnen op de aaneengesloten percelen groen dient onderzocht te worden. Indien er een lichtbron aanwezig is op een perceel wordt dit genoteerd in de tabel 12 (Bijlage 2).

5.3.2.2 Decibelmetingen

Op elk perceel aaneengesloten groen wordt eenmalig ‘s ochtends , ‘s middags en ‘s avonds een decibelmeter uitgevoerd. Deze meting wordt uitgevoerd aan de hand van een decibelmeterapplicatie op een smartphone. Elke meting wordt genoteerd in de tabel 12 (Bijlage 2).

5.3.2.3 Vegetatieopname

Zoals besproken in materiaal en methode (Sectie 3.1.2) wordt een vegetatieopname gemaakt om zo de soortendiversiteit op de campus te bepalen.

Er worden drie kwadranten opgesteld per campus die verspreid staan over de groene oppervlakte. Afhankelijk van hoe de campus eruitziet, zullen de kwadranten een verschillende oppervlakte hebben. De kwadranten in graslanden zullen een vierkant zijn met zijden van 4 meter. De kwadranten die in bossen of struwelen liggen, zijn een vierkant met zijden van 10 meter (Hermey & Cornelis, 2000). Van stilstaand water zal geen vegetatieopname opgemaakt worden aangezien dit niet eenvoudig uit te voeren is. Ook van land- en tuinbouwgronden zullen geen vegetatieopnames opgemaakt worden aangezien dit hoofdzakelijk om ingezaaide gewassen zal gaan en dit dus geen relevant beeld zal schetsen. Het is de bedoeling om de locatie van het kwadrant zodanig te kiezen dat het een significant beeld geeft over de campus. De kwadranten in graslanden worden afgebakend door touwen en piketten. In bossen en struwelen volstaat het op de hoeken piketten te plaatsen. Om de locatie van het kwadrant te beschrijven voor volgende metingen wordt er een foto genomen van het proefvlak en de nabije omgeving. Deze foto wordt bewaard of afgeprint en opgeslagen in het dossier.

De planten aanwezig in het kwadrant worden gedetermineerd aan de hand van een veldflora of ander determineermateriaal. Elke soort wordt vervolgens genoteerd in de tabel 13 (Bijlage 2) met de correcte Nederlandse benaming.

5.3.3 Verwerking

5.3.3.1 Ecosystemen

Wanneer blijkt dat de groenelementen op voorhand niet goed ingeschat werden en bijgevolg aanpassingen nodig zijn tijdens het veldwerk, kan het zijn dat er ook nog oppervlaktes opnieuw berekend moeten worden. Indien alle groenelementen definitief gemeten zijn, kan nagegaan worden welke niveaus van de verticale gelaagdheid aanwezig zijn (Tabel 6).

Tabel 6: De verticale gelaagdheid wordt ingedeeld in drie categorieën naargelang de hoogte die ze zullen bereiken. De elementen uit de BWK-lijst aangevuld met alleenstaande bomen en struiken die kunnen voorkomen op UGent-campussen worden ingedeeld in de passende categorie. Stilstaand water wordt hier buiten beschouwing gelaten omdat het niet past binnen de gemaakte indeling.

Lage vegetatie	Middelhoge vegetatie	Hoge vegetatie
Grasland	Struweel	Bos
Land- en tuinbouwgrond	Alleenstaande struik	Alleenstaande boom
Water		

Groene Infrastructuur

De oppervlakte groene infrastructuur wordt bepaald door het optellen van de oppervlakte van de groenelementen. Met deze gegevens wordt de fractie groene infrastructuur bepaald.

De hoeveelheid groene infrastructuur kan bij benadering gemeten worden door:

$$\text{Groene infrastructuur (\%)} = \frac{\text{Opp. groene infrastructuur}}{\text{Opp. totale campus}} * 100$$

Hoe hoger dit percentage, hoe meer groen aanwezig op de campus.

Grijze infrastructuur

Het percentage grijze infrastructuur kan als volgt berekend worden:

$$\text{Grijze infrastructuur (\%)} = \frac{\text{Opp. grijze infrastructuur}}{\text{Opp. totale campus}} * 100 = \frac{\text{Opp. totale campus} - \text{opp. groene infrastructuur} - \text{opp. gebouwen}}{\text{Opp. totale campus}} * 100$$

Hoe hoger het percentage, hoe meer grijze infrastructuur aanwezig is op de campus.

Habitatdiversiteit

De bedekkingsgraad van elk type groenelement wordt bepaald door de oppervlaktes van alle groenelementen van hetzelfde type op te tellen.

De habitatdiversiteit wordt als volgt bepaald:

$$H' = \sum_{i=1}^s p_i * \ln(p_i)$$

Waarbij s het totaal aantal groenelementen is en $p_i = n_i/N$. N_i stelt de bedekkingsgraad van het groenelement voor en N de totale bedekkingsgraad van de groene infrastructuur (Hermij & Cornelis, 2000). Voor alleenstaande bomen en struiken is de berekening iets anders. Aangezien deze niet weergegeven worden als oppervlakte zal n_i het aantal zijn en N de som van de aanwezige alleenstaande struiken en bomen.

Het effectief aantal soorten wordt als volgt bepaald:

$$D = \exp(H')$$

Deze waarde geeft het aantal habitats weer die met gelijke abundantie voorkomen.

Verticale gelaagdheid

Voor elke laag die op een campus aanwezig is, krijgt die campus een punt. Stel dus dat een campus geen enkel groenelement zou bevatten, krijgt die campus nul punten (Tabel 5). Stel dat de campus de drie verschillende lagen bezit, zal deze de maximumscore krijgen van drie (De Vrieze, 2020).

5.3.3.2 Soorten

De soortenaantallen worden bepaald door het aantal soorten per kwadrant te tellen in tabel 13 (Bijlage 2). Vervolgens wordt het gemiddelde aantal soorten over de verschillende kwadranten bepaald voor één campus.

$$\text{Gemiddelde aantal soorten per kwadrant} = \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{n}$$

Met i het nummer van het kwadrant, n_i het aantal soorten van i^{de} kwadrant en n het aantal kwadranten.

5.3.3.3 Ecosysteemdiensten

Waterretentie: kwalitatief

Om de waterretentie kwalitatief te waarderen wordt het gewogen gemiddelde van de verschillende scores berekend. Met volgende formule kan de gemiddelde retentiecoëfficiënt van een campus berekend worden. De gegevens voor de score van de groenvorm zijn terug te vinden in tabel 9 (Bijlage 1).

$$\text{Gemiddelde retentiecoëfficiënt} = \frac{\sum(\text{oppervlakte groenvorm} * \text{Score groenvorm})}{\text{totale oppervlakte}}$$

Waterretentie: kwantitatief

De infiltratie wordt op volgende manier berekend:

$$\text{Infiltratie} = \sum (\text{oppervlakte groenvorm} * \text{RC groenvorm}) * 0,88 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{j}$$

Hierbij wordt een waarde bekomen in m^3/j , deze waarde drukt het volume uit dat jaarlijks opgenomen kan worden door de bodem op het onderzochte terrein.

Recreatie

De schatting van de recreatieve waarde op een campus is de verhouding tussen de jaarlijkse hoeveelheid bezoekers op een campus en het oppervlakte groen op de campus.

$$\text{Recreatie} = \frac{\text{Aantal studenten en personeelsleden horende bij de campus}}{\text{totale oppervlakte groen van de campus}}$$

5.3.3.4 Druk

Ellenbergwaarde

De aanwezige soorten die gedetermineerd zijn tijdens het veldwerk worden opgezocht in de tabel voor Ellenbergwaarden (Hill, 1999). De Ellenbergwaarde voor bodemvruchtbaarheid wordt bepaald onder de letter “N” in deze tabel. Elke N-waarde wordt genoteerd in de tabel voor soorten (Tabel 13). Vervolgens wordt het gemiddelde van de Ellenbergwaarden van het kwadrant genomen:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_i^n x_i$$

Met μ het gemiddelde van de Ellenbergwaarden,
 n het aantal soorten en
 x_i de Ellenbergwaarde van de i^{de} soort

Dit gemiddelde is de Ellenbergwaarde van het kwadrant.

Gemiddelde decibelwaarde

Na meting van de decibelwaarden wordt het gemiddelde berekend van deze waarden.

Dit gemiddelde wordt genomen aan de hand van volgende formule:

$$\mu = \frac{x_o + x_m + x_a}{3}$$

Met μ het gemiddelde van de decibelwaarden,

x_o , x_m en x_a respectievelijk de decibelwaarde in de ochtend, middag en avond

Betredingsgraad

De waarde van het aantal studenten en medewerkers op een campus en waarde van het aantal studenten en medewerkers aan de universiteit, die eerder werden bepaald, zijn hier nodig. Ook het totaal oppervlakte groene infrastructuur dat bepaald werd, wordt hier als gegeven gebruikt. De betredingsgraad wordt als volgt bepaald:

$$\text{Betreding campus} = \frac{\text{Aantal studenten en medewerkers van de campus}}{\text{Opp. groene infrastructuur}}$$

$$\text{Betreding universiteit} = \frac{\text{Aantal studenten en medewerkers van de UGent}}{\text{Opp. groene infrastructuur}}$$

Fragmentatiegraad op de campus

Na het bepalen van het totaal oppervlakte groen en het aantal percelen aaneengesloten groen wordt de fragmentatiegraad als volgt bepaald:

$$\text{Fragmentatiegraad} = \frac{\text{Opp. groene infrastructuur}}{\text{Aantal aaneengesloten percelen groen}}$$

Fragmentatie rond de campus

Voor de campus in kwestie wordt bepaald of de volgende vragen met 'Ja' of 'Nee' beantwoord worden. Per vraag die met 'Ja' beantwoord wordt, krijgt deze indicator 1 punt, zo bedraagt de waarde van deze indicator 0, 1 of 2 (Tabel 7).

Tabel 7: invultabel voor fragmentatie rond de campus

	Ja/Nee
De omgeving rond de campus is voornamelijk groen	
Het groen van de campus is verbonden aan het omliggende groen	

Invasieve exoten

Indien er een invasieve exoot wordt aangetroffen, wordt deze informatie in de vegetatieopname verwerkt door de hiervoor aangemaakte kolom in te vullen.

5.3.3.5 Algemene verwerking: in kaart brengen van indicatoren

Om doorheen de tijd veranderingen van de biodiversiteit te meten op UGent campussen, moeten de verschillende indicatoren als een geheel bekeken worden. Bovendien moet dit geheel op een concrete manier in kaart gebracht worden per tijdseenheid. Dit zou men onder andere kunnen doen door middel van een spinnenwebdiagram. Ook zou er een grafiek gemaakt kunnen worden met op de x-as de totale oppervlakte groen en op de y-as de habitatdiversiteit. De verschillende campussen

zouden in deze grafiek geplot kunnen worden. Een gelijkaardige grafiek zou opgesteld kunnen worden voor soortendiversiteit.

6 CONCLUSIE

Biodiversiteit is een erg complex begrip dat niet gemeten kan worden met één enkele indicator. Daarom werd een set indicatoren opgesteld die veranderingen in biodiversiteit en oppervlakte groen op de UGent-campussen meten. De indicatoren zullen deze veranderingen meten op drie verschillende vlakken, namelijk groen, ecosysteemdiensten en druk. Op basis van de indicatoren op deze drie vlakken kan er een inschatting gemaakt worden van de toestand van de biodiversiteit hoewel dit steeds een benadering van de realiteit zal blijven.

De set van indicatoren die in dit werk opgesteld is, werd tot nu toe enkel theoretisch geëvalueerd aan de hand van dertien criteria. Omdat niet elk criterium even goed op een theoretische manier geëvalueerd kan worden, is er nog verdere evaluatie nodig op het terrein. Vooral de gevoeligheid van de verschillende indicatoren was moeilijk in te schatten tijdens de theoretische evaluatie en zal dus nog extra aandachtig bekeken moeten worden tijdens een veldevaluatie. Met de indicatoren die goed scoorden op deze eerste evaluatie werd een veldprotocol opgesteld. Ook het in kaart brengen van de resultaten, om nuttige informatie te bekomen omtrent de toestand van de biodiversiteit op verschillende UGent-campussen, dient in toekomstig onderzoek verder uitgewerkt te worden.

7 REFERENTIELIJST

- Allaby, M. (2010). A Dictionary of Ecology. In A Dictionary of Ecology. Diversity index Oxford University Press.
- Alvey, A. A. (2006). Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. *Urban Forestry & Urban Greening*, 5(4), 195–201. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.09.003>
- Araújo, M. B. (2003). The Coincidence of People and Biodiversity in Europe. *Global Ecology and Biogeography*, 12(1), 5–12.
- Benke, A. C., & Huryn, A. D. (2007). CHAPTER 29—Secondary Production of Macroinvertebrates. In F. R. Hauer & G. A. Lamberti (Red.), *Methods in Stream Ecology* (Second Edition) (pp. 691–710). San Diego: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012332908-0.50041-3>
- Biosafety Unit. 2020. “Aichi Biodiversity Targets.” Retrieved April 2, 2021 (<https://www.cbd.int/sp/targets/>).
- Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*, 29(2), 293–301. [https://doi.org/10.1016/s0921-8009\(99\)00013-0](https://doi.org/10.1016/s0921-8009(99)00013-0)
- Boudart, Piper. 2017. “Crested Butte: Loving It to Death, Impact of Hikers on Vegetation Biodiversity and Implications for the Town of Crested Butte, Colorado.”
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147-155. doi:10.1016/j.landurbplan.2010.05.006.
- Branquart, E. (2009). ISEIA, a Belgian non-native species assessment protocol. 23. Cambridge University Press. (2020). Green. Geraadpleegd op 16 november 2020 via <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/green>
- Cao, Y., & Hawkins, C. P. (2019). Weighting effective number of species measures by abundance weakens detection of diversity responses. *Journal of Applied Ecology*, 56(5), 1200–1209. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13345>
- Convention on Biological Diversity, United Nations. (1992). United Nations Convention on Biological Diversity, 1992. Convention text. In (pp. 1-5).
- Convention on Biological Diversity. (2016). Decision adopted by the conference of the parties to the convention on biological diversity. Geraadpleegd op 8 december 2020, van Convention on Biological Diversity: <https://www.cbd.int/sp/indicators/>

Convention on Biological Diversity, United Nations Environment Programme. Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020 and the Aichi Targets.

Ceulemans, T., Stevens, C. J., Duchateau, L., Jacquemyn, H., Gowing, D.J.G., Merckx, R., Wallace, H., Van Rooijen, N., Goethem, T., Bobbink, R., Dorland, E., Gaudnik, C., Alard, D., Corcket, E., Muller, S., Dise, N. B., Dupre, C., Diekmann, M., & Honnay, O. (2014). “Soil Phosphorus Constrains Biodiversity across European Grasslands.” *Global change biology* 20(12):3814–22. doi: 10.1111/gcb.12650.

Cleland, E., & Harpole, W. (2010). “Nitrogen Enrichment and Plant Communities.” *Annals of the New York Academy of Sciences* 1195:46–61. doi: 10.1111/j.1749-6632.2010.05458.x

Colléony, A., & Schwartz, A. (2020). When the winners are the losers: Invasive alien bird species outcompete the native winners in the biotic homogenization process. *Biological Conservation*, 241, 108314. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.108314>

Cornelis, J., & Hermy, M. (2004). Biodiversity relationships in urban and suburban parks in Flanders. *Landscape and Urban Planning*, 69(4), 385-401.

Cresswell, I.D & Murphy, H. (2016). Biodiversity: Importance of biodiversity. In: Australia state of the environment 2016, Australian Government Department of the Environment and Energy, Canberra, <https://soe.environment.gov.au/theme/biodiversity/topic/2016/importance-biodiversity>, DOI 10.4226/94/58b65ac828812

Dale, V.& Beyeler, S. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1, 3–10. [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(01\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(01)00003-6)

De Saeger, S., Guelinckx, R., Oosterlynck, P., De Bruyn, A., Debusschere, K., Dhaluin, P., ... & Jacobs, I. (2020). Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart, uitgave 2020. Brussel: Instituut voor Natuur-en Bosonderzoek. Rapporten van het Instituut voor Natuur-en Bosonderzoek.

De Vrieze, E. (2020). Groen rond zorginstellingen: Potentiële meerwaarde voor zorg en biodiversiteit. Ugent.

DeLong, D. C. (1996). Defining biodiversity. *Wildlife Society Bulletin* (1973-2006), 24(4), 738-749.

Demolder, H., Peymen, J., Adriaens, T., Anselin, A., Belpaire, C., Boone, N., De Beck, L., De Keersmaecker, L., De Knijf, G., De Smet, L., Devos, K., Everaert, J., Geeraerts, C., Jansen, I., Lommaert, L., Maes, D., Neirynck, J., Onkelinx, T., Sioen, G., Stevens, M., Thomaes, A., Thoonen, M., Van Den Berge, K., Van der Aa, B., Van Gossum, P., Van Landuyt, W., Van

Reeth, W., Van Uytvanck, J., Vermeersch, G., Verreycken H. & Verschelde P. (2017). Mededeling van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Dengler, J. (2009). A flexible multi-scale approach for standardised recording of plant species richness patterns. *Ecological Indicators*, 9(6), 1169-1178. doi:10.1016/j.ecolind.2009.02.002

Dirzo, R. & Mendoza, E. (2019). Biodiversity☆. In B. Fath (Red.), *Encyclopedia of Ecology* (Second Edition) (pp. 243–252). Oxford: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10897-8>

Duelli, P. & Obrist, M. K. (2003). Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 98(1-3), 87-98. doi:10.1016/s0167-8809(03)00072-0

Duraiappah, A. K., Naeem, S., Agardy, T., Ash, N. J., Cooper, H. D., Diaz, S., ... & Jaarsveld, A. V. (2005). *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis; a report of the Millennium Ecosystem Assessment*. Geraadpleegd van <https://experts.umn.edu/en/publications/ecosystems-and-human-well-being-biodiversity-synthesis-a-report-o>

European Commission. (2020). The forms and functions of green infrastructure. Geraadpleegd op 15 november 2020 via https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/benefits/index_en.htm

Exoten. (z.d.). Geraadpleegd 20 november 2020, van Ecopedia website: <https://www.ecopedia.be/pagina/exoten>

Fahrig, L. (2003). Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34(1), 487–515. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>

Farinha-Marques, P., Fernandes, C., Guilherme, F., Lameiras, J. M., Alves, P. & Bunce, R. G. H. (2017). Urban Habitats Biodiversity Assessment (UrHBA): a standardized procedure for recording biodiversity and its spatial distribution in urban environments. *Landscape Ecology*, 32(9), 1753-1770. doi:10.1007/s10980-017-0554-3

Friederichs, K. (1958). A Definition of Ecology and Some Thoughts About Basic Concepts. *Ecology*, 39(1), 154–159. <https://doi.org/10.2307/1929981>

Frumkin, H., Frank, L., Frank, L. D. & Jackson, R. J. (2004). *Urban sprawl and public health: Designing, planning, and building for healthy communities*: Island Press.

Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network. (z.d.). Towards a new generation of biodiversity indicators. Geraadpleegd op 8 december 2020, van <https://geobon.org/ebvs/indicators/>

- Gittleman, J. L. (2019). Species. In *Encyclopædia Britannica*. Geraadpleegd van <https://www.britannica.com/science/species-taxon>
- Gomez-Baggethun, E. & Barton, D. N. (2013). Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, 86, 235-245. doi:10.1016/j.ecolecon.2012.08.019
- Hamilton, A. J. (2005). Species diversity or biodiversity? *Journal of Environmental Management*, 75(1), 89–92. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.11.012>
- Hendrix, R., Liekens, I., De Nocker, L., Vranckx, S., Janssen, S., Lauwaet, D., ... & Broekx, S. (2018). Waardering van ecosysteemdiensten in een stedelijke omgeving: Een handleiding (p. 150). Vito.
- Hermý, M., & Cornelis, J. (2000). Towards a monitoring method and a number of multifaceted and hierarchical biodiversity indicators for urban and suburban parks. *Landscape and Urban Planning*, 49(3-4), 149-162.
- Hill, M. O., ed. (1999). *Ellenberg's Indicator Values for British Plants*. Abbots Ripton, Huntingdon: Center for Ecology and Hydrology, Natural Environment research Council.
- Hölker, Franz, Christian Wolter, Elizabeth K. Perkin & Klement Tockner. (2010). "Light Pollution as a Biodiversity Threat."
- Holt, A. (2006). Biodiversity definitions vary within the discipline. *Nature*, 444(7116), 146-146.
- Horswill, P, O'Sullivan, O., Phoenix, G. K., Lee, J.A. & Leake, J. R. (2008). "Base Cation Depletion, Eutrophication and Acidification of Species-Rich Grasslands in Response to Long-Term Simulated Nitrogen Deposition." *Environmental Pollution* 155(2):336–49. doi: 10.1016/j.envpol.2007.11.006.
- Instituut Natuur- en bosonderzoek. (z.d.). De Biologische Waarderingskaart. Geraadpleegd op 10 maart 2021, van <https://www.vlaanderen.be/inbo/de-biologische-waarderingskaart/wat-is-de-biologische-waarderingskaart/>
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (2019): Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pages.

- Inventariseren via gestandaardiseerde methoden (z.d.). Geraadpleegd 12 mei 2021, van Ecopedia website: <https://www.ecopedia.be/pagina/inventariseren-gestandaardiseerde-methoden>
- Klok, E. J., Schaminée, S., Duyzer, J. & Steeneveld, G. J. (2012). De stedelijke hitte-eilanden van Nederland in kaart gebracht met satellietbeelden (p.). Utrecht: TNO Earth, Environmental and Life Sciences. Geraadpleegd van TNO Earth, Environmental and Life Sciences website: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/428568>
- Kühn, I., Brandl, * Roland & Klotz, S. (2004). The flora of German cities is naturally species rich. *Evolutionary Ecology Research*, 6(5), 749–764.
- European Commission. (z.d.). List of Invasive Alien Species of Union concern Geraadpleegd 23 november 2020, van https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/list/index_en.htm
- Landuyt, Wouter Van, and M. Hermy. 1994. “Natuur op bestelling?: natuur en natuurontwikkeling in stedelijke en verstedelijkte gebieden.”
- Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J. P., Hector, A., . . . Wardle, D. A. (2001). Ecology - Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges. *Science*, 294(5543), 804-808. doi:10.1126/science.1064088
- Louv, R. (2013). *Last Child in the Woods: Saving our Children from Nature-Deficit Disorder*. Atlantic Books Ltd.
- Lovejoy, T. E. (1980). A Projection of Species Extinctions. In G. Barney (Ed.), *The Global 2000 Report to the President* (Vol. 2, pp. 328).
- Mabelis, A. A. (1998). Ruimtelijke samenhang van stedelijk groen voor biodiversiteit; een synthese van de literatuur. Geraadpleegd van <https://research.wur.nl/en/publications/ruimtelijke-samenhang-van-stedelijk-groen-voor-biodiversiteit-een>
- Meiresonne, L., De Haeck, T. (2014). Bomen en hun Ecosysteemdiensten. Geraadpleegd via https://pureportal.inbo.be/portal/files/6308502/Bomen_en_hun_Ecosysteemdiensten_v9.pdf
- Melman, T. C. P., van der Heide, C. M., Braat, L. C. & de Haes, H. A. U.. (2010). Ecosysteemdiensten: Nieuw anker voor omgevingsbeleid? *Landschap : tijdschrift voor landschapsecologie en milieukunde*, 27(4), 209–217.
- Methorst, J., Rehdanz, K., Mueller, T., Hansjürgens, B., Bonn, A. & Böhning-Gaese, K. (2020). The importance of species diversity for human well-being in Europe. *Ecological Economics*, 106917.
- Naeem, S., Thompson, L. J., Lawler, S. P., Lawton, J. H. & Woodfin, R. M. (1994). Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature*, 368(6473), 734-737.

- Nielsen, A. B., Van Den Bosch, M., Maruthaveeran, S. & van den Bosch, C. K. (2014). Species richness in urban parks and its drivers: a review of empirical evidence. *Urban ecosystems*, 17(1), 305-327.
- Oberndorfer, E., Lundholm, J., Bass, B., Coffman, R. R., Doshi, H., Dunnett, N., . . . & Rowe, B. (2007). Green roofs as urban ecosystems: Ecological structures, functions, and services. *Bioscience*, 57(10), 823-833. doi:10.1641/b571005
- Oke, T. R. (1989). The micrometeorology of the urban forest. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 324(1223), 335-349.
- Pauleit, S., Ennos, R. & Golding, Y. (2005). Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change - a study in Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning*, 71(2-4), 295-310. doi:10.1016/j.landurbplan.2004.03.009
- Peet, R. K. (1974). The Measurement of Species Diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5, 285–307.
- Pérez-Harguindeguy, N., Diaz, S., Gamier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., . . . & Gurvich, D. (2013). New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 61: 167-234. In.
- Preston, F. W. (1948). The Commonness, And Rarity, of Species. In Vol. 29: Vol. No. 3. *Ecology* (pp. 254–283). Geraadpleegd van https://www.jstor.org/stable/1930989?seq=1#metadata_info_tab_contents
- Ritchie, H. & Roser, M. (2018). Urbanization. *Our World in Data*. Geraadpleegd van <https://ourworldindata.org/urbanization>
- Saetersdal, M., Gjerde, I., Blom, H. H., Ihlen, P. G., Myrseth, E. W., Pommeresche, R., . . . & Aas, O. (2004). Vascular plants as a surrogate species group in complementary site selection for bryophytes, macrolichens, spiders, carabids, staphylinids, snails, and wood living polypore fungi in a northern forest. *Biological Conservation*, 115(1), 21-31. doi:10.1016/s0006-3207(03)00090-9
- Schaminée, J.H.J., Janssen, J.A.M., Haveman, R., Hennekens, S.M., Heuvelink, G.B.M., Huiskes H.P.J. & Weeda, E.J. (2006). *Schatten voor de natuur. Achtergronden, inventaris en toepassingen van de Landelijke Vegetatie Databank*. Uitgeverij KNNV, 112 pp.
- Shannon, Graeme, Megan F. McKenna, Lisa M. Angeloni, Kevin R. Crooks, Kurt M. Fristrup, Emma Brown, Katy A. Warner, Misty D. Nelson, Cecilia White, Jessica Briggs, Scott McFarland & George Wittemyer. 2016. “A Synthesis of Two Decades of Research Documenting the Effects of Noise on Wildlife.” *Biological Reviews* 91(4):982–1005. doi: <https://doi.org/10.1111/brev.12207>.

- Soliveres, S., Van Der Plas, F., Manning, P., Prati, D., Gossner, M. M., Renner, S. C., . . . & Binkenstein, J. (2016). Biodiversity at multiple trophic levels is needed for ecosystem multifunctionality. *Nature*, 536(7617), 456-459.
- Spangenberg, J. (2007). Biodiversity pressure and the driving forces behind. *Ecological Economics*, 61, 146–158. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.02.021>
- Stadslandbouw. (z.d.). WUR. Geraadpleegd 19 november 2020, van Wageningen universiteit & Research website: <https://www.wur.nl/nl/show/dossier-stadslandbouw.htm>
- Stad Gent. Een kaart van de vegetaties in Gent. Geraadpleegd op 21 november 2020 via <https://stad.gent/nl/over-gent-en-het-stadsbestuur/parken/grote-parken-en-natuurgebieden/een-kaart-van-de-vegetaties-gent>
- Steenefeld, G. J. & Van Hove, L. W. A. (2010). Een eerste inschatting van het Urban Heat Island effect voor Rotterdam en omgeving een modelstudie. Wageningen University Meteorology and air quality. Geraadpleegd van Wageningen University Meteorology and air quality website: <https://edepot.wur.nl/197728>
- Stein, A., Gerstner, K. & Kreft, H. (2014). Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology Letters*, 17(7), 866-880.
- Stuiver, M., Spijker, J. H., de Vries, S., Snep, R. P. H. & Jacobs, C. M. J. (2018, februari 20). Zeven redenen om te investeren in een groene stad. Geraadpleegd 19 november 2020, van Wageningen universiteit & Research website: <https://www.wur.nl/nl/show-longread/Zeven-redenen-om-te-investeren-in-een-groene-stad.htm>
- Swingland, I. R. (2001). Biodiversity, definition of. *Encyclopedia of biodiversity*, 1, 377-391.
- Tews, J., Brose, U., Grimm, V., Tielbörger, K., Wichmann, M. C., Schwager, M. & Jeltsch, F. (2004). Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of biogeography*, 31(1), 79-92.
- The World Bank Group. (2018). Urban population (% of total population) - European Union | Data. Geraadpleegd op 25 november 2020, van https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS?end=2019&fbclid=IwAR0dp2sBbGpGdZwyuGAKxJJrNKIR9O_5L3kwhdJe5yl2jenI6IzuYyQBpk&locations=EU&most_recent_year_desc=false&start=1960
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kazmierczak, A., Niemela, J. & James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167-178. doi:10.1016/j.landurbplan.2007.02.001
- Ulrich, R. S. (1984). View Through a Window May Influence Recovery from Surgery. *Science*, 224(4647), 420–421.

Veeneklaas, F. R. (2012). Over ecosysteemdiensten: Een afbakening (Nr. 16; p.). Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. Geraadpleegd van Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu
website: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/427165>

Weibull, A. C., Bengtsson, J. & Nohlgren, E. (2000). Diversity of butterflies in the agricultural landscape: the role of farming system and landscape heterogeneity. *Ecography*, 23(6), 743-750.

8 BIJLAGE 1: UITGESCHREVEN INDICATOREN

8.1 Selectie van indicatoren voor groen

Eerst zullen alle indicatoren die thuishoren onder ecosystemen besproken worden en vervolgens wordt de indicator voor soortendiversiteit besproken. Zoals eerder vermeld in de literatuurstudie laten we genetische diversiteit buiten beschouwing omdat hiervoor geen indicatoren bestaan die lijken te voldoen aan de vereiste eigenschappen (Sectie 2.5.2).

8.1.1 Ecosystemen

8.1.1.1 Oppervlakte groene infrastructuur

Hoe meten en nodige gegevens

Zoals eerder vermeld zal voor één indicator bij wijze van voorbeeld vier categorieën volledig neergeschreven worden en zullen deze daarna geëvalueerd worden aan de eigenschappen van een goede indicator.

Categorie 1: fijnmazig en kwalitatief

De campus wordt in verschillende percelen opgedeeld. Deze percelen bevatten ook gebouwen en grijze infrastructuur. Voor elk van deze percelen wordt dan ingeschat wat het percentage aan groene infrastructuur is.

Categorie 2: fijnmazig en kwantitatief

Om op een fijnmazige en kwantitatieve manier het percentage van de groene infrastructuur te bepalen, kan men beroep doen op een landmeter. Die is in staat om een gebied zeer gedetailleerd op te meten en dient hier de oppervlakte van de campus en van de groene infrastructuur te meten.

Categorie 3: grofmazig en kwalitatief

Deze categorie is de meest eenvoudige maar ook de minst nauwkeurige. Aan de hand van een wandeling over de campus wordt een beeld verkregen over de campus en kan worden ingeschat wat het percentage aan groene oppervlakte is.

Categorie 4: grofmazig en kwantitatief

Via allerlei online tools kan de oppervlakte van het groen in kaart gebracht worden. Dit zou heel gedetailleerd kunnen met een geografisch informatiesysteem (GIS) maar hiervoor is specifieke voorkennis vereist. Aangezien gezocht wordt naar indicatoren die onder andere eenvoudig te meten zijn, zal GIS niet gebruikt worden maar worden eenvoudigere methodes naar voren geschoven.

Zo zou de groene oppervlakte ingeschat kunnen worden via Geopunt.be. Bruikbare kaarten op deze website zijn: bodembedekkingsgraad, 1m en stedelijk groen. Ook via Google Earth kunnen oppervlaktes op een eenvoudige en snelle manier gemeten worden. Deze methodes zijn iets minder nauwkeurig maar door de aanwezige tools kunnen zowel oppervlaktes van campussen als van groene infrastructuur op een heel eenvoudige manier gemeten worden.

Uiteindelijk wordt de methode via Google Earth gekozen om twee redenen. Ten eerste dateren de beschikbare kaarten van Geopunt.be van 2015 of vroeger. Op zes jaar tijd kan al heel wat gewijzigd zijn aan de campus. De kaarten van Google Earth worden regelmatig bijgewerkt. Ten tweede zal de totale oppervlakte aan groene infrastructuur berekend worden door de oppervlakte van de alle groenelementen op te tellen (Sectie 3.1.1.3.) . De lijst die daarvoor opgesteld wordt, komt niet

overeen met de manier waarop de kaarten van Geopunt.be worden ingedeeld en is dan ook niet echt bruikbaar.

Gegevens verwerken

Categorie 1

Nadat van elk perceel op de campus ingeschat is wat het percentage aan groene infrastructuur is, dient hiervan het gemiddelde genomen worden. Dit gemiddelde is dan het percentage groene infrastructuur op de totale campus.

Categorie 3

Aangezien het percentage aan groene infrastructuur al direct tijdens het meten wordt ingeschat, heeft deze categorie geen verdere verwerking meer nodig.

Categorie 2 & 4

Het percentage groene infrastructuur kan aan de hand van de gemeten oppervlakte met volgende formule berekend worden:

$$\text{Groene infrastructuur (\%)} = \frac{\text{Opp. groene infrastructuur}}{\text{Opp. totale campus}} * 100$$

Voor alle categorieën geldt dat hoe hoger het percentage zal zijn, hoe meer groen aanwezig is op de campus.

8.1.1.2 Oppervlakte grijze infrastructuur

Niet alleen de groene oppervlakte maar ook de zogenaamde grijze oppervlakte wordt berekend. De grijze oppervlakte gaat in dit geval over de oppervlakte die verhard is, maar waar er geen bebouwing op staat. Denk daarbij aan verharde wandelpaden, parkeerplaatsen en niet-overdekte fietsenstallingen. Wanneer het beleid de groene oppervlakte tracht te vergroten zullen deze ruimten als eerste aan bod komen aangezien deze het eenvoudigst in groene ruimten omgezet kunnen worden. Belangrijk om bij deze indicator te onthouden is dat het geen indicatie geeft over de biodiversiteit maar dat het aantoont hoeveel ruimte omgezet zou kunnen worden naar groene infrastructuur zonder volledige gebouwen af te breken.

Deze indicator zal in dit werk op een grofmazige en kwantitatieve manier gemeten worden.

Hoe meten en nodige gegevens

Om de meting van de grijze oppervlakte eenvoudiger te maken wordt niet elk stuk parking, fietsenstalling, pad en dergelijke gemeten maar dient de totale oppervlakte van de gebouwen op de campus gemeten worden. Ook de totale oppervlakte en de oppervlakte van de groene infrastructuur zijn nodig. De oppervlaktes worden gemeten met Google Earth.

Gegevens verwerken

Het percentage grijze infrastructuur kan als volgt berekend worden:

$$\text{Grijze infrastructuur (\%)} = \frac{\text{Opp. grijze infrastructuur}}{\text{Opp. totale campus} - \text{opp. groene infrastructuur} - \text{opp. gebouwen}} * 100$$

Hoe hoger het percentage, hoe meer grijze infrastructuur aanwezig is op de campus.

8.1.1.3 Habitatdiversiteit

Deze indicator bepaalt de habitatdiversiteit waarbij een hoge verscheidenheid aan habitats een hogere soortendiversiteit indiceert (Stein, Gerstner & Kreft, 2014). Daaruit volgt dan ook dat de biodiversiteit hoger zal liggen.

Hoe meten en nodige gegevens

De methode om de indicator voor de habitatdiversiteit te bepalen is gebaseerd op de methodes van Hermý en Cornelis (2000). Aangezien de nodige expertise voor GIS niet aanwezig is, zou de indicator niet voldoen aan het criterium “eenvoudig te meten”. Deze methode werd daarom aangepast. Dit leverde een indicator op die wellicht minder nauwkeurig zal zijn maar die wel eenvoudiger toe te passen is. Hierbij worden wel de verschillende karteringseenheden bepaald voor vlakke-, lijn- en puntelementen. Ook wordt de Shannon-Wiener index gebruikt zoals voorgesteld door Hermý en Cornelis (2000). De index op zichzelf is nog geen biodiversiteitsindex maar een waarde voor de entropie van een ecosysteem (Jost, 2006). Daarom wordt ook het effectief aantal soorten bepaald als waarde voor deze indicator. De aangepaste methode volgt een opdeling van de mogelijke habitattypes aan hand van de biologische waarderingskaart (BWK).

Om de campus in te delen volgens de groenelementen, dient er eerst een lijst opgesteld te worden die deze beschrijft. Daarvoor kan de BWK-lijst gebruikt worden. Mogelijke vormen van bodemgebruik worden opgesteld in een tabel (Tabel 8). Niet alle elementen van deze lijst voor de BWK kunnen echter voorkomen op UGent-campussen. Hoogvenen, moerassen, duinen en heiden zullen verder dan ook buiten beschouwing gelaten worden. Voor bossen wordt de opsplitsing in mesofiele bossen en dergelijke niet gevolgd, maar zal elk soort bos gewoonweg onder de noemer bos gebruikt worden.

De BWK op geopunt.be is hier niet rechtstreeks bruikbaar aangezien de stedelijke gebieden in veel gevallen “biologisch minder waardevol” en “dichte bebouwing” als bodembedekking meekrijgen zonder verdere opdeling in het bodemgebruik. De BWK van Gent, die op de website van stad Gent staat, is wel bruikbaar, maar hiermee kan echter de oppervlakte van het perceel niet bepaald worden. Om de verschillende bodembedekkingen en hun oppervlakte eenvoudig te bepalen dient gebruik gemaakt te worden van beschikbare programma’s als Google Earth.

Ook puntelementen als bomen en struiken zijn van belang bij deze indeling. Zo blijkt uit onderzoek dat wanneer op een grasveld minstens één boom staat, de biodiversiteit gevoelig hoger zal liggen dan wanneer er geen boom staat (Smith, Warren, Thompson & Gaston, 2006). Om ook met puntelementen rekening te kunnen houden, worden twee categorieën toegevoegd aan de BWK-lijst. Deze twee categorieën zijn “alleenstaande bomen” en “alleenstaande struiken”. De toevoeging van de struiken wordt gerechtvaardigd door het feit dat Smith et al. (2006) in hun onderzoek spreken over bomen vanaf 2 meter. Aangezien ook veel struiken hoger dan 2 meter kunnen zijn, zullen deze struiken waarschijnlijk ook een positieve invloed hebben. De selectie van vormen van bodemgebruik die kunnen voorkomen aangevuld met de alleenstaande bomen en struiken zullen voor de eenvoud in het vervolg de groenelementen genoemd worden. De alleenstaande bomen en struiken dienen echter niet via de computer geïnventariseerd worden maar hun aantal moet geteld te worden tijdens het veldwerk.

Deze indicator zal op een grofmazige en kwantitatieve manier berekend worden.

Tabel 8: Bij de biologische waarderingskaart worden landschappen onder andere volgens bodemgebruik ingedeeld (Instituut Natuur- en Bosonderzoek z.d.). Om dit correct te doen werd een lijst opgesteld van alle mogelijke vormen van bodemgebruik. (De biologische waarderingskaart, z.d.). De klasse is onderdeel van een twee- of driedelige code.

Klasse	Bodemgebruik
A	Stilstaande wateren
M	Moerassen
H	Graslanden
C	Heiden
T	Hoogvenen
D	Duinen, slikken en schorren
S	Struwelen
F- Q	Mesofiele bossen
V	Vallei-, moeras- en veenbossen
R	Ruderaal bossen
P	Naaldboutaanplanten
I	Populierenaanplantingen
N	Andere loofhoutaanplanten
B	Akkers
U	Urbane gebieden
K	Kleine landschapselementen zoals hoogstamboomgaard, bomenrij, muurvegetatie...
K	Andere gekarteerde elementen zoals serre, groeve, park...

Gegevens verwerken

De habitatdiversiteit zal berekend worden aan de hand van de Shannon-Wiener index. De Shannon-Wiener index geeft een indicatie voor de relatieve bedekkingsgraad: als een perceel verdeeld is in habitats met een vergelijkbare bedekkingsgraad zal de index een hogere waarde hebben dan wanneer een zeer groot stuk ingenomen wordt door één habitat en de overige habitats slechts een klein stuk inpalmen. De habitatdiversiteit kan als volgt berekend worden:

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i)$$

De Shannon-Wiener index is geen biodiversiteitsindex maar is nodig om het effectief aantal soorten te berekenen. Het effectief aantal soorten wordt als volgt bepaald:

$$D = \exp(H')$$

Het effectief aantal soorten D weegt de verschillende habitats op hun frequentie van voorkomen (Jost, 2006).

8.1.1.4 Verticale gelaagdheid

De heterogeniteit op verticaal vlak kan ingeschat worden door de groenelementen in te delen volgens de hoogte die ze bereiken. De vegetatie wordt opgedeeld in drie categorieën: lage, middelhoge en hoge vegetatie. Dit is een ruwe schatting aangezien de oppervlakte of aantallen niet betrokken worden bij deze indicator (De Vrieze, 2020).

Deze indicator zal op een grofmazige en kwalitatieve manier gemeten worden.

Hoe meten en nodige gegevens

De groenelementen worden ingedeeld volgens hun hoogte (Tabel 6). Om efficiënt te werk te gaan worden de gemeten gegevens van bij habitatdiversiteit dan ook gebruikt. Na die meting dient bekeken te worden welke lagen aanwezig zijn en welke niet.

Gegevens verwerken

Voor elke vegetatielaag die op een campus aanwezig is, krijgt die campus een punt. Stel dus dat een campus geen enkel groenelement zou bevatten, dan krijgt die campus nul punten. Stel dat de campus de drie verschillende lagen heeft, dan zal deze de maximumscore krijgen van drie (De Vrieze, 2020). Een hogere score geeft een indicatie van een hogere biodiversiteit.

8.1.2 Soorten

Het doel van de indicatoren is om concrete waarden over de lokale biodiversiteit te verzamelen. Zowel de status als de factoren die op deze biodiversiteit een invloed hebben worden hiervoor gekwantificeerd. De indicator soortendiversiteit is een rechtstreekse manier om een belangrijke component van de biodiversiteit te kwantificeren.

Binnen dit werk wordt de focus gelegd op het rijk van de planten, de basis van de trofische niveaus en bijgevolg ook het belangrijkste niveau. De aanwezigheid van soorten van het eerste trofische niveau schept mogelijkheden tot overleven en voortplanting voor organismen van de hogere trofische niveaus. Een mooi voorbeeld hiervan is de hiërarchie van een plant, bladluis, lieveheersbeestje en een vogel. De soortendiversiteit wordt hier dus uitsluitend bepaald door het aantal verschillende plantensoorten op het terrein.

Wanneer er een groot aantal verschillende soorten aanwezig is, kan een grote biodiversiteit worden aangenomen (Duelli & Obrist, 2003). Merk echter op dat hoewel deze taxonomische benadering de meest gebruikelijke methode is, het een hele ruwe is en ze niettemin zeer restrictief is.

Hoe meten en nodige gegevens

Op het terrein voert men een of meerdere vegetatieopnames uit. Een vegetatieopname is een methode ontwikkeld door een tak van de biologie genaamd de vegetatiekunde of plantensociologie.

De methode van uitvoering hangt af van campus tot campus en nog meer specifiek van habitat tot habitat. Een campus met een in oppervlakte erg beperkte groene zone kan volledig gescreend worden op alle aanwezige plantensoorten, terwijl men bij een campus met veel groene ruimte efficiënter te werk zal moeten gaan. Een mogelijke methode om de aanwezige vegetatie efficiënt op te lijsten is het opstellen van permanente proefvlakken (Engels 'permanent quadrats' of PQ's) van 2 x 2 m.

Permanente proefvlakken staan ons toe eventuele veranderingen over de tijd heen op te merken. Zo kan men de vegetatieopnames van meerdere jaren naast elkaar leggen en eenvoudig specifieke veranderingen of verschuivingen van soorten in kaart brengen. Ook kan men de vegetatieopnames van verschillende PQ's, die binnen hetzelfde habitatype vallen, naast elkaar leggen en op deze manier uitmaken welke zone van een campus minder/meer waardevol is dan een andere zone, door de eventuele aanwezigheid van zeldzame soorten of simpelweg door een groter aantal soorten binnen het ene proefvlak.

De vegetatie in een PQ wordt beschreven door een vegetatieopname: een zorgvuldige oplijsting van alle plantensoorten binnen een oppervlak samen met een inschatting van de bedekking en aantallen (Schaminée et al., 2006). Binnen dit werk wordt het bij het oplijsten van alle gevonden soorten gehouden. De abundantie van de aangetroffen soorten wordt niet opgemeten, omwille van het tijdrovende aspect.

De locaties van de proefvlakken worden zorgvuldig uitgekozen in samenspraak met experts zodanig deze een zo representatief en correct mogelijk beeld weergeven van de lokale biodiversiteit. Na het uitkiezen van de locaties gaat men over op het determineren van de aanwezige soorten.

Deze indicator zal op een fijnmazige en kwalitatieve manier gemeten worden.

Gegevens verwerken

Voor elk proefvlak wordt een lijst opgesteld. Bij elke soort dient de datum van determinatie vermeld worden. Aan soorten die invasieve exoten zijn dient extra aandacht besteed worden (Sectie 1.3.4).

8.2 Selectie van indicatoren voor ecosysteemdiensten

In dit werk wordt er gekozen om indicatoren voor ecosysteemdiensten enerzijds in te schatten via de handleiding en anderzijds aan de hand van de natuurwaardeverkenner-tool (Sectie 2.6.2). Uit de handleiding zullen er twee ecosysteemdiensten geselecteerd worden en voor elke ecosysteemdienst zal uitgewerkt worden hoe deze kwalitatief, kwantitatief en monetair beoordeeld kunnen worden. Er zal dus slechts voor een selectie van ecosysteemdiensten indicatoren uitgewerkt worden, omdat het in dit werk onhaalbaar is om ze allemaal uit te werken en te testen.

De gekozen ecosysteemdiensten die verder uitgewerkt gaan worden, zijn “stabilisatie van waterniveaus: infiltratie” als regulerende dienst en “recreatie” als culturele dienst. De eerste, “stabilisatie van waterniveaus: infiltratie” gaat over het vermogen van de bodem om water te laten infiltreren en water vast te houden, de retentiecapaciteit en de oppervlakte waar water kan infiltreren. In dit werk zal deze indicator waterretentie genoemd worden, omdat dat is wat er gemeten wordt. Aangezien er op campussen gewerkt wordt aan het ontharden van oppervlakten, is het nuttig om een indicator op te stellen voor infiltratie of waterretentie. Zou zouden de gevolgen van ontharding gemeten kunnen worden. De tweede ecosysteemdienst “recreatie”, werd gekozen omdat recreatie een belangrijke functie van groen is op campussen.

Hierbij moet opgemerkt worden dat het aan de hand van de handleiding en de tool niet mogelijk is om een score te geven op basis van een momentopname van een bepaalde ecosysteemdienst, wel om verandering op te volgen in de tijd.

8.2.1 Waterretentie

In een stedelijke omgeving zijn bodemecosystemen belangrijk voor waterhuishouding, aangezien het water kan vasthouden en kan draineren. Open bodem kan dienst doen als waterbuffer en hoe meer open bodem, hoe minder kans op overstroming. De indicator voor waterretentie zal maximaal zijn wanneer de bodem 100% open en niet verdicht is (Hendrix et al., 2018).

8.2.1.1 Kwalitatief

Hoe meten en nodige gegevens

Infiltratie kan kwalitatief gewaardeerd worden door gebruik te maken van het potentieel voor waterretentie, deze is afhankelijk van het type groen of verharding. Hiervoor heeft men de RC-scores nodig (Tabel 9) en een overzicht van de verschillende vormen groen of verharding aanwezig op een bepaalde campus en hun oppervlaktes. Voor de verschillende oppervlaktes kan gebruik gemaakt worden van de gegevens die verzameld worden bij de indicator habitatdiversiteit.

Tabel 9: Overzicht van de verschillende vegetatietypes en een schatting van hun retentiecoëfficiënt (RC). De gegevens voor de retentiecoëfficiënt zijn samengesteld uit opgestelde tabellen door Hendrix et al. (2018).

Vegetatietype	RC	Score
Grasland	0.72	7
Land- en tuinbouwgrond	0.9	9
Water	1	10
Struweel	1	10
(Alleenstaande struik)	0.8	8
Bos	1	10
Alleenstaande boom	0.55	5

Deze indicator zal op een grofmazige en kwalitatieve manier gemeten worden.

Gegevens verwerken

Om de waterretentie kwalitatief te waarderen wordt het gewogen gemiddelde van de verschillende scores berekend. Met volgende formule kan de gemiddelde retentiecoëfficiënt van een campus berekend worden.

$$\text{Gemiddelde retentiecoëfficiënt} = \frac{\sum(\text{oppervlakte groenvorm} * \text{Score groenvorm})}{\text{totale oppervlakte}}$$

8.2.1.2 Kwantitatief

Hoe meten en nodige gegevens

Voor de kwantitatieve waardering wordt de infiltratie (m³/jaar) berekend. Hiervoor kan verder aan de slag gegaan worden met gegevens die verzameld zijn voor de kwalitatieve waardering.

Om tot een volume te komen van de hoeveelheid regen die jaarlijks door de bodem opgenomen kan worden heeft men het gemiddelde nodig van de jaarlijkse neerslaghoeveelheid in België. Het jaarlijks neerslaggemiddelde in Laag- en Midden-België is 0.88 m³/m² (Hendrix et al., 2018).

Deze indicator zal op een grofmazige en kwantitatieve manier gemeten worden.

Gegevens verwerken

De infiltratie kan op volgende manier berekend worden:

$$\text{Infiltratie} = \frac{\sum(\text{oppervlakte groenvorm} * \text{retentiecoëfficiënt groenvorm})}{0,88 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot j}$$

Hierbij wordt een waarde bekomen uitgedrukt in m³/j, dit drukt uit welk volume er jaarlijks opgenomen kan worden op het onderzochte terrein.

8.2.1.3 Monetair

Hoe meten en nodige gegevens

De monetaire waardering kan enkel berekend worden na een tweede meting, waarbij er tussen de twee metingen een verandering qua groene oppervlakte heeft plaatsgevonden. Stel dat er extra groene borders aangelegd worden, dan kan de vermeden kost door extra infiltratie berekend worden. Hiervoor kan het getal bekomen bij de kwantitatieve berekening voor de infiltratie gebruikt worden. Hiernaast schat men de totale vermeden kosten door extra infiltratie op 0.52 €/m³ (Hendrix et al., 2018).

Deze indicator zal op een grofmazige en kwantitatieve manier gemeten worden.

Gegevens verwerken

$$\text{Vermeden kosten} = (\text{infiltratie na} - \text{infiltratie voor}) \times 0.52 \text{ €/m}^3$$

Hierbij bekomt men een waarde uitgedrukt in €/jaar. Deze waarde geeft een schatting van de vermeden kosten door extra infiltratie.

8.2.2 Recreatie

Groene ruimte heeft voor de mens een belangrijke recreatieve waarde. De waarde van deze recreatie is moeilijk in een getal uit te drukken. De wijze waarop de handleiding een waarde geeft aan recreatie als culturele dienst is niet bruikbaar voor dit werk. De handleiding geeft een methode om recreatie in groen in de stad te beschrijven, enkel voor parken groter dan 0.5 ha. De focus ligt op groen rond de woonplaats en met groen rond scholen wordt hier geen rekening gehouden.

8.2.2.1 Kwalitatief

Voor een kwalitatieve waardering van de ecosysteemdienst recreatie op campussen, is het een mogelijkheid om een enquête af te leggen bij studenten en personeel van verschillende campussen en hun bevragen over de recreatieve waarde die ze aan een bepaalde campus toekennen. Dit zou echter te ver leiden voor dit onderzoek, dus wordt er momenteel niet verder op in gegaan. Deze indicator zal op een grofmazige en kwalitatieve manier gemeten worden.

Hoe meten en nodige gegevens

Kan via enquêtes gemeten worden, maar er wordt hier verder niet op ingegaan. Deze indicator zal voor dit onderzoek niet opgenomen worden in de verdere evaluatie.

8.2.2.2 Kwantitatief

Hoe meten en nodige gegevens

Om recreatie kwantitatief te waarderen, is er een schatting nodig van het totaal aantal bezoekers per jaar nodig. Op niveau van campussen zal er niet gekeken worden naar bezoekers van buitenaf, maar naar het aantal studenten en personeel die regelmatig op de campus aanwezig zijn.

Nodige gegevens zijn het aantal studenten en personeel van een bepaalde campus en de oppervlakte groen op de campus. Voor het oppervlakte groen kunnen dezelfde gegevens gebruikt worden als bij de indicator voor groene oppervlakte.

Deze indicator zal op een grofmazige en kwantitatieve manier gemeten worden.

Gegevens verwerken

Een mogelijke manier om een inschatting te maken van de recreatieve waarde op een campus is de verhouding tussen de jaarlijkse hoeveelheid bezoekers op een campus en het oppervlakte groen op de campus.

$$\text{Recreatie} = \frac{\text{Aantal studenten en personeelsleden horende bij de campus}}{\text{totale oppervlakte groen van de campus}}$$

8.2.2.3 Monetair

Hoe meten en nodige gegevens

Voor de monetaire waardering wordt er van uit gegaan dat een bezoeker gemiddeld gezien de waarde van 1.5 euro over heeft voor het maken van een ommetje (Hendrix et al., 2018).

Deze indicator zal op een grofmazige en kwantitatieve manier gemeten worden.

Gegevens verwerken

$$\text{Monetaire waarde recreatie} = \text{Aantal studenten en personeelsleden horende bij de campus} * €1,5$$

8.2.3 Natuurwaardeverkenner

De natuurwaardeverkenner is een onlinetool om ecosysteemdiensten te waarderen. De resultaten geven de impact van maatregelen voor meer groen weer, zowel kwalitatief, kwantitatief als monetair. Voor deze bachelorproef zullen we de bruikbaarheid en haalbaarheid van de natuurwaarde verkenner in de praktijk nagaan.

Hoe meten en nodige gegevens

De natuurwaardeverkenner kan niet gebruikt worden voor een momentopname, wel om de waarde na te gaan van veranderingen die voor meer groen zorgen, zoals bijvoorbeeld de aanleg van groenperken. Hiervoor moet men op een kaart het studiegebied aanduiden en welke maatregelen er genomen worden binnen dit studiegebied. Mogelijke maatregelen zijn de aanleg van groendaken, verhardingen, water en natte groenvormen, open (droge) groenvormen, struiken hagen en houtkanten, bos, stadsbomen (vrijstaande bomen, bomenrijen), bebouwde oppervlakte en gevelgroen.

Deze indicator zal op een grofmazige en kwantitatieve manier gemeten worden.

Gegevens verwerken

De tool berekent de waarde van een aantal ecosysteemdiensten. Men geeft een overzicht van de kwalitatieve, kwantitatieve en monetaire waardering per ecosysteemdiensten. De tool geeft een grove inschatting en probeert de werkelijkheid zo goed als mogelijk te benaderen, maar geeft geen volledig beeld van de ecosysteemdiensten en hun waarde.

8.3 Selectie van indicatoren voor druk

8.3.1 Antropogene stoffenverontreiniging

Verontreinigende stoffen kunnen enerzijds als restproduct, meestal als gas, in de omgeving terecht komen en worden anderzijds als nutriënten, zoals voornamelijk stikstof en fosfor, doelbewust in de bodem gebracht. Deze stoffen hebben invloed op de aanwezige organismen en hun gedrag, wat een negatieve invloed kan hebben op de biodiversiteit.

Luchtvervuiling is vaak per pollutant specifiek te bepalen en meestal enkel aan de hand van dure meettoestellen. Zoals eerder besproken dient een indicator eenvoudig en goedkoop te zijn. Hierdoor kiest men er voor niet verder in te gaan op luchtvervuiling.

Als indicator voor antropogene stoffenverontreiniging wordt bodemverontreiniging door nutriënten wel besproken. Als belangrijkste pollutanten in de bodem worden stikstof en fosfor hier besproken, wat niet uitsluit dat ook andere pollutanten invloed hebben op de biodiversiteit.

Hoe meten en nodige gegevens

Antropogene stoffenverontreiniging is een indicator die uitvoerig gemonitord kan worden. In het oog van de eenvoud van een set indicatoren zal deze niet kwantitatief gemeten worden door bijvoorbeeld bodemanalyses uit te voeren.

Stoffenverontreiniging zal wel bepaald worden aan de hand van de bodemvruchtbaarheid. Hierbij wordt het stikstof- en fosforgehalte in de bodem bepaald, door middel van de Ellenbergwaarde van het perceel. Bodemverontreiniging kan heel lokaal voorkomen waardoor het ook belangrijk is om perceelgericht te meten waardoor het een fijnmazige indicator is.

Ellenbergwaarden werden ontwikkeld voor het bepalen van ecologische omstandigheden van een gebied. Hierbij wordt er van uitgegaan dat de meeste planten slechts voorkomen voor een bepaalde range aan fysische omstandigheden. Elke plant kreeg hierbij een indicator-waarde voor belichting, vochtigheid, zuurtegraad, bodemvruchtbaarheid en saliniteit. Uiteindelijk is de bedoeling van de Ellenbergwaarden om een algemene waarde te geven aan deze fysische omstandigheden in een bepaald gebied. Door de bedekkingsgraad van de aanwezige planten te bepalen kan men aan de hand van hun indicator-waarde de fysische omstandigheden in het gebied bepalen (Hill, 1999).

De Ellenbergwaarde voor bodemvruchtbaarheid geeft een algemeen beeld van de verontreiniging door bemesting en eventueel ook luchtvervuiling.

Om de Ellenbergwaarde van een soort te bepalen worden de plantensoorten van afgebakende kwadranten gedetermineerd en geïnventariseerd. Elk van deze soorten bezitten een specifieke Ellenbergwaarde voor de bodemnutriëntenwaarde waarin ze het best gedijen. Na het veldwerk wordt de data van de vegetatieopname bij soortendiversiteit gebruikt voor het bepalen van de Ellenbergwaarde. Aan de hand van het gemiddelde van deze Ellenbergwaarden wordt de Ellenbergwaarde van dit perceel bepaald. De Ellenbergwaarde van het perceel is een indicator voor de bodemnutriëntenwaarde. Hoe hoger de Ellenbergwaarde hoe groter de verontreiniging.

Indien abnormale bodemvruchtbaarheid waargenomen wordt, zal een grondige analyse aan de hand van kwantitatieve-stoffen-metingen aan de orde zijn, om zo te bepalen wat de oorzaak is van de verontreiniging.

Gegevens verwerken

De determinatie van soorten over verschillende kwadranten op de campus werd al bepaald door de indicator voor soortendiversiteit. De gegevens van deze indicator worden gebruikt voor het bepalen van de Ellenbergwaarde. Van de aanwezige soorten op het perceel wordt de Ellenbergwaarde bepaald door deze op te zoeken in de tabel voor Ellenbergwaarden (Hill, 1999).

De Ellenbergwaarde van het perceel wordt door het gemiddelde van de Ellenbergwaarden van elke soort bepaald:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Met μ het gemiddelde van de Ellenbergwaarden,

N het aantal soorten en

x_i de Ellenbergwaarde van de i^{de} soort

8.3.2 Omgevingsdruk

Niet enkel stoffenverontreiniging heeft een invloed op de diversiteit, maar ook bepaalde fysische verschijnselen zoals licht, geluid en fysieke betreding kunnen stress veroorzaken voor bepaalde organismen.

8.3.2.1 Lichtpollutie

Hoe meten en nodige gegevens

Een indicator voor deze verontreiniging is het al dan niet aanwezig zijn van artificiële belichting op het perceel. Hierbij gaat het om lichtbronnen op de campus die ofwel direct op het groen staan of die schijnen op een perceel groen in de nabije omgeving. Belichting in de omgeving van de percelen die niet in het bezit is van de UGent zal ook gevolgen hebben op de biodiversiteit, maar zal niet gemeten worden omdat men met deze informatie op beleidsvlak niets kan aanvangen. Het al dan niet aanwezig zijn van een lichtbron is een kwalitatieve bepaling. Kwantitatieve methoden voor het meten van lichtpollutie zijn ook mogelijk, maar voor de eenvoud van dit werk worden ze niet gebruikt.

Ten slotte zal voor elk geïsoleerd perceel groen op de campus geëvalueerd moeten worden of die onder invloed staat van een lichtbron. Aangezien de belichting op elk gedeelte van de campus heel verschillend kan zijn, kan men op deze manier in kaart brengen welke gebieden op de campus het meest onder druk staan. Dit maakt van deze indicator een fijnmazige indicator.

Gegevens verwerken

Er wordt vervolgens in kaart gebracht waar de lichtbronnen zich bevinden op het perceel.

8.3.2.2 Geluidspollutie

Tabel 10: Een overzicht van welke geluidsniveaus gevolgen hebben voor verschillende taxonomische groepen. In het algemeen is het zo dat hoe hoger het geluidsniveau hoe meer taxa problemen ondervinden (Shannon et al., 2016)

Geluidsniveau	Gevolg
< 40 dB	Geen gevolgen op biodiversiteit
40-50dB	Vogels ondervinden hinder
50-60dB	Zoogdieren en vogels ondervinden hinder
60-80dB	Reptielen, amfibieën, zoogdieren en vogels ondervinden hinder
> 80 dB	Alle taxa ondervinden negatieve effecten

Hoe meten en nodige gegevens

Het bepalen van de decibelwaarde kan eenvoudigweg met een decibelmeter. Het meten moet op verschillende ogenblikken van een dag bepaald worden en op verschillende plaatsen van het gebied. Omdat op verschillende tijdstippen meer of minder geluid kan zijn moet men op verschillende ogenblikken meten om zo de gemiddelde decibelwaarde te bepalen. Hierbij moet 's ochtends, 's middags en 's avonds gemeten worden.

Aangezien er niet op elke plek op de campus evenveel geluidspollutie is, wordt deze indicator perceelsgewijs bepaald en is deze dus fijnmazig. Aangezien decibelmetingen een kwantitatieve meting zijn, is deze indicator kwantitatief.

Gegevens verwerken

Uit deze drie decibelmetingen wordt vervolgens het gemiddelde bepaald aan de hand van volgende formule:

$$\mu = \frac{x_o + x_m + x_a}{3}$$

Met μ het gemiddelde van de decibelwaarden,

x_o , x_m en x_a respectievelijk de decibelwaarde in de ochtend, middag en avond.

Aan de hand van de gemiddelde decibelwaarde van het perceel wordt bepaald in welke categorie van tabel 10 deze behoort.

8.3.2.3 Betreding

Hoe meten en nodige gegevens

Om een waarde te bepalen van betreding wordt de concentratie van personen behorende bij een campus op het oppervlakte groen van de campus als indicator gebruikt. Rekening houdend met het feit dat UGent-campusen privéterrein zijn zullen deze voornamelijk betreden worden door studenten en personeel. Het oppervlakte groen wordt hier dan bepaald als de totale oppervlakte aan groen op het domein van de UGent. Hieruit wordt geformuleerd dat de concentratie van betreding gelijk is aan het quotiënt van het aantal studenten op de totale oppervlakte groen. Deze indicator is eerder kwalitatief aangezien het effectieve aantal mensen dat het groenoppervlak betreedt niet meetbaar is.

Om zowel de betreding te monitoren over de campussen als de UGent worden zal deze indicator twee schaalniveaus hebben. Deze indicator zal dan ook grofmazig zijn.

Gegevens verwerken

De betredingsgraad op een campus wordt als volgt bepaald:

- $$Betreding_{campus} = \frac{\text{Aantal studenten en medewerkers van de campus}}{\text{Opp.groene infrastructuur}}$$

Op dezelfde wijze wordt ook de betredingsgraad van de volledige universiteit bepaald:

- $$Betreding_{universiteit} = \frac{\text{Aantal studenten en medewerkers van de UGent}}{\text{Opp.groene infrastuctuur}}$$

8.3.3 Fragmentatie

Om de fragmentatie te bepalen wordt gewerkt op twee schaalniveaus. Ten eerste zal de fragmentatiegraad van de percelen op de campus bepaald worden. Bij fragmentatie heeft de nabije omgeving echter een grote invloed. Hierbij wordt de oppervlakte van de campus als de meest nabije omgeving beschouwd voor een bepaald geïsoleerd perceel van de campus. Ten tweede zal ook de fragmentatiegraad van de campus in haar omgeving bepaald worden. Op deze manier wordt de fragmentatie op een bredere schaal bepaald.

8.3.3.1 Fragmentatie op de campus

Om de fragmentatiegraad van een campus te bepalen moet rekening gehouden worden met bepaalde parameters. Ten eerste is het aantal percelen aaneengesloten groen van belang. Op een campus kunnen percelen echter onderling geïsoleerd zijn. Hoe meer percelen hoe hoger de fragmentatie. Ten tweede is ook de totale oppervlakte van de campus van belang. Deze waarde stelt de fragmentatiegraad relatief aan andere campussen. Ten laatste is ook de oppervlakte van elk perceel aaneengesloten groen van belang zoals eerder vermeld in de literatuurstudie (Sectie 2.6.3).

Hoe meten en nodige gegevens

Uiteindelijk wordt voor deze indicator de gemiddelde oppervlakte van percelen aaneengesloten groen bepaald. Hierbij wordt het aantal percelen aaneengesloten groen relatief gesteld aan de grootte van het totale oppervlakte groen op de campus.

Door de gemiddelde oppervlakte van percelen aaneengesloten groen te vergroten wordt de fragmentatie verlaagd. Bij het verbinden van percelen, door groene infrastructuur, kunnen deze percelen als één perceel beschouwd worden. Hierdoor kan de gemiddelde oppervlakte van percelen aaneengesloten groen op een campus verhoogd worden. Deze waarde kan ook relatief gesteld worden aan de waarde van andere campussen.

Voor het bepalen van deze indicator is de waarde van het totale oppervlakte groen op de campus en het aantal percelen aaneengesloten groen nodig. De gegevens van het totaal oppervlakte groen worden al bepaald in de indicator oppervlakte groene infrastructuur (Bijlage 1, Sectie 1.1.1.3). Voor het bepalen van de aaneengesloten percelen wordt gewerkt met satellietbeelden van Google Earth.

Deze indicator wordt op een grofmazige en kwalitatieve manier gemeten.

Gegevens verwerken

De waarde van fragmentatiegraad op de campus wordt bepaald door het quotiënt van het totaaloppervlakte groen en het aantal aaneengesloten percelen groen. De vergelijking voor de fragmentatiegraad is als volgt:

$$\text{Fragmentatiegraad} = \text{Totaaloppervlakte groen} / \text{aantal aaneengesloten percelen groen}$$

8.3.3.2 Fragmentatie rond de campus

Biodiversiteit op een campus heeft effect op het aanliggend groen. Ook aanliggend groen heeft effect op de campus. Hierbij kan enerzijds het groen op de campus van belangrijkere waarde zijn dan het omringende groen. Anderzijds kan het omringende groen van belangrijkere waarde zijn dan de het groen op de campus.

De invloed van de campus op de omgeving wordt bepaald door het totale oppervlakte groen op de campus. Dit werd echter al bepaald bij de indicator voor percentage groene oppervlakte en werd als positief beschouwd voor de biodiversiteit. Hierdoor zal deze hier niet verder besproken worden. De invloed van de omgeving op de campus zal wel besproken worden.

Hoe meten en nodige gegevens

Om fragmentatie rond de campus te bepalen worden er twee vragen gesteld. Deze worden bepaald aan de hand van satellietbeelden van Google Earth.

Een eerste vraag heeft betrekking op de invloed van de omgeving op de campus. waarbij bepaald wordt wat de fractie aan groene infrastructuur is rond de campus. de vraag luidt als volgt: “Is de omgeving rond de campus voornamelijk groen?”. Hierbij wordt geïmpliceerd dat het merendeel van het gebied in een radius van 500 meter rond de campus bedekt wordt met groen.

De tweede vraag heeft betrekking tot de isolatiegraad van de campus ten opzichte van het omgevende groen. “Is het groen van de campus verbonden aan het omliggende groen.”

Deze indicator is eerder grofmazig en kwalitatief.

Gegevens verwerken

De fragmentatie rond de campus wordt geëvalueerd aan de hand van volgende vragen:

- Is de omgeving rond de campus voornamelijk groen?
- Is het groen van de campus verbonden met het omliggende groen?

Voor elke vraag die wordt beantwoord met “ja” krijgt deze indicator één punt. Hoe meer vragen als “ja” worden beantwoord hoe beter de score.

8.3.4 Invasieve exoten

Soorten zijn ‘uitheems’ als zij door menselijk toedoen bewust of onbewust buiten hun natuurlijke verspreidingsgebied zijn geïntroduceerd. Uitheemse soorten worden ook wel ‘exoten’ genoemd. Dit kunnen zowel planten, dieren of micro-organismen (bv. schimmels) zijn (Exoten, z.d.).

Indien een exoot de inheemse biodiversiteit bedreigt, spreekt men van een invasieve exoot. Een exoot die geen ongunstige invloeden uitoefent op de inheemse flora en fauna is een aanwinst voor de biodiversiteit (Exoten, z.d.).

Hoe meten en nodige gegevens

Hetgeen men nodig heeft om deze indicator te verwezenlijken zijn de vegetatieopnames, die men uitvoert voor de indicator soorten. Dankzij de vegetatieopnames en aan de hand van de lijst die de voor de Europese Unie zorgwekkende invasieve soorten opstelde, terug te vinden op ecopdia.be, kan men exoten opsporen en nagaan in welke categorie ze zich bevinden (Sectie 2.6.3). Deze indicator zal op een fijnmazige en kwalitatieve manier gemeten worden.

Gegevens verwerken

Het verwerken van de gegevens beperkt zich hier tot het aanvullen van het invulblad en het aanvinken van de voor de invasieve exoten voorziene kolom (Bijlage 2, tabel 13).

8.4 Referentielijst bijlage 1

De Vrieze, E. (2020). Groen rond zorginstellingen: Potentiële meerwaarde voor zorg en biodiversiteit. Ugent.

Exoten. (z.d.). Geraadpleegd 20 november 2020, van Ecopedia website:
<https://www.ecopedia.be/pagina/exoten>

Hendrix, R., Liekens, I., De Nocker, L., Vranckx, S., Janssen, S., Lauwaet, D., ... & Broekx, S. (2018). Waardering van ecosysteemdiensten in een stedelijke omgeving: Een handleiding (p. 150). Vito.

Hermý, M. & Cornelis, J. (2000). Towards a monitoring method and a number of multifaceted and hierarchical biodiversity indicators for urban and suburban parks. *Landscape and Urban Planning*, 49(3-4), 149-162.

Hill, M. O., ed. (1999). *Ellenberg's Indicator Values for British Plants*. Abbots Ripton, Huntingdon: Center for Ecology and Hydrology, Natural Environment research Council.

Instituut Natuur- en bosonderzoek. (z.d.). De Biologische Waarderingskaart. Geraadpleegd op 10 maart 2021, van <https://www.vlaanderen.be/inbo/de-biologische-waarderingskaart/wat-is-de-biologische-waarderingskaart/>

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363-375. doi:10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x

Schaminée, J.H.J., Janssen, J.A.M., Haveman, R., Hennekens, S.M., Heuvelink, G.B.M., Huiskes H.P.J. & Weeda, E.J. (2006). *Schatten voor de natuur. Achtergronden, inventaris en toepassingen van de Landelijke Vegetatie Databank*. Uitgeverij KNNV, 112 pp.

Shannon, Graeme, Megan F. McKenna, Lisa M. Angeloni, Kevin R. Crooks, Kurt M. Fristrup, Emma Brown, Katy A. Warner, Misty D. Nelson, Cecilia White, Jessica Briggs, Scott McFarland & George Wittemyer. 2016. "A Synthesis of Two Decades of Research Documenting the Effects of Noise on Wildlife." *Biological Reviews* 91(4):982–1005. doi: <https://doi.org/10.1111/brv.12207>.

Smith, R. M., Warren, P. H., Thompson, K. & Gaston, K. J. (2006). Urban domestic gardens (VI): environmental correlates of invertebrate species richness. *Biodiversity & Conservation*, 15(8), 2415-2438.

Stein, A., Gerstner, K. & Kreft, H. (2014). Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. *Ecology Letters*, 17(7), 866-880

9 BIJLAGE 2

Tabel 11: Opname verschillende habitattypes en hun oppervlakte op een campus

Habitattypes		
<i>Vlak</i>	<i>Habitatype</i>	<i>Oppervlakte (m²)</i>
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		
L		
M		
N		
O		
<i>Totale oppervlakte van de campus:</i>		
Alleenstaande bomen en struiken		
<i>Vlak</i>	<i>Aantal bomen</i>	<i>Aantal struiken</i>
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		
H		
I		
J		
K		
L		
M		
N		
O		

Tabel 12: Deze tabel wordt gebruikt voor de indicatoren lichtpollutie en geluidspollutie. Voor elk perceel aaneengesloten groen dient ingevuld te worden of er een lichtbron op het perceel aanwezig is of niet. Ook het resultaat van de decibelmeting op het perceel dient ingevuld te worden.

Aaneengesloten percelen groen				
<i>perceel</i>	<i>Lichtbron aanwezig?</i>	<i>dB_{ochtend}</i>	<i>dB_{middag}</i>	<i>dB_{avond}</i>
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Tabel 13: Vegetatieopname

[illegible]

10 BIJLAGE 3: EVALUATIE VAN DE INDICATOREN

druk		Antropogene stoffenverontreiniging					Lichtpollutie				
eigenschappen		Ellenbergwaarde					Aantal lichtbronnen				
naam groepsid		Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie	Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie
Wetenschappelijk onderbouwd		+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
relevant		+	o	+	+	+	+	+	+	+	+
herhaalbaarheid		+	X	+	+	+	+	+	+	+	+
eenvoud	eenvoudig meetbaar	+	X	-	o	X	+	+	+	+	+
	snel meetbaar	+	X	-	+	+	+	+	+	+	+
	goedkoop meetbaar	+	X	+	+	+	+	+	+	+	+
	eenvoudig te begrijpen	+	X	o	o	o	+	+	-	-	o
	eenduidig	+	x	o	o	o	+	+	-	-	o
accuraatheid	gevoelig voor verandering	o	o	+	o	o	o	+	+	X	+
	voorspelbare respons	+	o	+	+	+	+	+	+	o	+
	voorspelbare reactie op natuurlijke verstoring	X	o	X	+	X	X	o	o	-	o
	voorspelbare reactie op menselijke verstoring	+	o	X	+	+	+	o	+	+	+
mogelijkheid tot beheer		o	-	+	o	o	+	+	+	+	+

druk		Geluidspollutie					Betreding				
eigenschappen		Decibelwaarde					Aantal personen per oppervlakte				
naam groepsid		Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie	Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie
Wetenschappelijk onderbouwd		+	+	o	+	+	+	o	-	o	o
relevant		+	o	+	+	+	+	+	+	+	+

	herhaalbaarheid	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
eenvoud	eenvoudig meetbaar	+	+	0	+	+	+	+	-	+	+
	snel meetbaar	+	+	+	0	+	+	0	+	+	+
	goedkoop meetbaar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	eenvoudig te begrijpen	+	+	0	+	+	+	+	-	+	+
	eenduidig	+	+	-	-	0	+	0	-	0	0
accuraatheid	gevoelig voor verandering	0	+	+	-	+	+	+	-	0	+
	voorspelbare respons	+	+	-	+	+	+	X	+	+	+
	voorspelbare reactie op natuurlijke verstoring	X	0	-	-	-	X	X	-	-	X
	voorspelbare reactie op menselijke verstoring	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
mogelijkheid tot beheer		0	-	X	-	-	+	+	0	+	+

druk		Fragmentatie									
eigenschappen		Isolatie op de campus					Isolatie rond de campus				
naam groepsid		Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie	Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie
Wetenschappelijk onderbouwd		+	+	0	+	+	+	+	0	+	+
relevant		+	+	+	+	+	+	0	0	0	0
herhaalbaarheid		+	+	0	0	+	+	0	0	0	0
eenvoud	eenvoudig meetbaar	+	-	-	-	-	+	-	0	-	-
	snel meetbaar	+	-	0	-	-	+	-	+	-	0
	goedkoop meetbaar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	eenvoudig te begrijpen	+	+	0	0	0	+	+	0	+	+
	eenduidig	+	+	0	0	0	+	+	-	+	+
accuraatheid	gevoelig voor verandering	+	+	+	+	+	+	0	-	0	0
	voorspelbare respons	+	0	+	0	+	+	0	0	0	0
	voorspelbare reactie op natuurlijke verstoring	X	0	0	0	0	X	0	0	0	0
	voorspelbare reactie op menselijke verstoring	+	0	+	+	+	+	-	0	-	-

mogelijkheid tot beheer	+	+	+	+	+			-	0	-	-
-------------------------	---	---	---	---	---	--	--	---	---	---	---

druk		Invasieve exoten				
eigenschappen						
naam groepslid		Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie
Wetenschappelijk onderbouwd		+	+	+	+	+
relevant		+	+	+	+	+
herhaalbaarheid		+	+	+	+	+
eenvoud	eenvoudig meetbaar	+	+	+	+	+
	snel meetbaar	+	+	+	+	+
	goedkoop meetbaar	+	+	+	0	+
	eenvoudig te begrijpen	+	+	+	0	+
	eenduidig	X	+	X	X	X
accuratheid	gevoelig voor verandering	+	+	+	+	+
	voorspelbare respons	-	0	-	-	-
	voorspelbare reactie op natuurlijke verstoring	+	X	X	+	X
	voorspelbare reactie op menselijke verstoring	+	X	X	-	X
mogelijkheid tot beheer		+	+	+	+	+

Ecosysteemdiensten		Stabilisatie van waterniveaus									
eigenschappen		Kwalitatief					Kwantitatief				
naam groepslid		Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie	Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie
Wetenschappelijk onderbouwd		+	+	+	+	+	0	+	+	+	+
relevant		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
herhaalbaarheid		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
eenvoud	eenvoudig meetbaar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	snel meetbaar	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+
	goedkoop meetbaar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	eenvoudig te begrijpen	+	0	-	0	0	+	0	-	0	0
	eenduidig	+	0	-	0	0	0	0	-	0	0
accuraetheid	gevoelig voor verandering	+	+	X	+	+	+	+	X	+	+
	voorspelbare respons	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	voorspelbare reactie op natuurlijke verstoring	-	0	-	X	-	-	0	-	X	-
	voorspelbare reactie op menselijke verstoring	+	0	-	+	+	+	0	+	+	+
mogelijkheid tot beheer		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Ecosysteemdiensten		Stabilisatie van waterniveaus					Recreatie				
eigenschappen		Monetair					Kwantitatief				
naam groepslid		Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie	Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie
Wetenschappelijk onderbouwd		+	+	+	0	+	-	-	-	0	-
relevant		+	0	-	X	X	+	+	-	X	+
herhaalbaarheid		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
eenvoud	eenvoudig meetbaar	-	-	0	+	-	+	+	-	+	+
	snel meetbaar	+	-	+	-	0	+	+	+	+	+
	goedkoop meetbaar	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+
	eenvoudig te begrijpen	+	+	-	0	+	+	+	0	+	+
	eenduidig	-	+	-	0	-	+	X	0	+	+
accuratheid	gevoelig voor verandering	-	+	X	+	+	0	+	+	+	+
	voorspelbare respons	-	0	-	+	-	+	+	+	+	+
	voorspelbare reactie op natuurlijke verstoring	X	X	-	X	X	X	X	0	X	X
	voorspelbare reactie op menselijke verstoring	-	0	-	+	-	+	+	0	0	+
mogelijkheid tot beheer		+	+	-	+	+	+	+	-	+	+

Ecosysteemdiensten		Recreatie					Natuurwaardeverkenner				
Eigenschappen		Monetair									
Naam groepslid		Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie	Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie
Wetenschappelijk onderbouwd		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
relevant		+	o	+	+	+	+	+	+	+	+
herhaalbaarheid		+	X	+	+	+	-	-	-	-	-
eenvoud	eenvoudig meetbaar	+	X	-	o	X	+	+	+	+	+
	snel meetbaar	+	X	-	+	+	+	+	+	+	+
	goedkoop meetbaar	+	X	+	+	+	+	+	+	+	+
	eenvoudig te begrijpen	+	X	o	o	o	+	+	-	-	o
	eenduidig	+	x	o	o	o	+	+	-	-	o
accuratheid	gevoelig voor verandering	o	o	+	o	o	+	X	X	X	X
	voorspelbare respons	+	o	+	+	+	+	X	+	+	+
	voorspelbare reactie op natuurlijke verstoring	X	o	X	+	X	+	o	-	-	X
	voorspelbare reactie op menselijke verstoring	+	o	X	+	+	+	+	+	+	+
mogelijkheid tot beheer		o	-	+	o	o	+	+	+	+	+

Groen		Oppervlakte groene infrastructuur									
Eigenschappen		Categorie 1					Categorie 2				
Naam groepslid		Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie	Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie
Wetenschappelijk onderbouwd		+	+	0	+	+	+	+	+	+	+
relevant		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
herhaalbaarheid		+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
eenvoud	eenvoudig meetbaar	X	X	+	+	X	-	+	-	-	-
	snel meetbaar	+	+	+	+	+	-	X	-	-	-
	goedkoop meetbaar	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	eenvoudig te begrijpen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	eenduidig	+	+	-	-	0	+	+	+	+	+
accuraatheid	gevoelig voor verandering	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+
	voorspelbare respons	X	X	X	-	X	+	X	+	+	+
	voorspelbare reactie op natuurlijke verstoring	+	+	+	-	+	+	+	X	X	X
	voorspelbare reactie op menselijke verstoring	+	-	+	-	0	+	-	X	+	+
mogelijkheid tot beheer		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Groen		Oppervlakte groene infrastructuur									
eigenschappen		Categorie 3					Categorie 4				
naam groepslid		Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie	Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie
Wetenschappelijk onderbouwd		+	-	-	+	0	+	+	+	+	+
relevant		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
herhaalbaarheid		+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
eenvoud	eenvoudig meetbaar	+	+	+	+	+	+	0	+	0	+
	snel meetbaar	+	+	+	+	+	+	X	X	X	X
	goedkoop meetbaar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	eenvoudig te begrijpen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	eenduidig	+	+	-	-	0	+	+	+	+	+
accuraatheid	gevoelig voor verandering	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
	voorspelbare respons	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
	voorspelbare reactie op natuurlijke verstoring	-	-	-	-	-	X	-	X	X	X
	voorspelbare reactie op menselijke verstoring	-	-	-	+	-	+	+	X	+	+
mogelijkheid tot beheer		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Groen		Oppervlakte grijze infrastructuur					Habitatdiversiteit				
eigenschappen											
naam groepsid		Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie	Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie
Wetenschappelijk onderbouwd		0	+	+	+	+	+	+	+	+	+
relevant		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
herhaalbaarheid		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
eenvoud	eenvoudig meetbaar	+	X	-	+	+	0	0	-	0	0
	snel meetbaar	+	X	-	0	X	-	-	-	-	-
	goedkoop meetbaar	+	X	-	+	+	+	+	+	+	+
	eenvoudig te begrijpen	+	X	-	0	X	0	0	+	+	0
	eenduidig	+	X	-	+	+	+	+	+	+	+
accuraatheid	gevoelig voor verandering	+	+	+	+	+	0	+	+	+	+
	voorspelbare respons	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+
	voorspelbare reactie op natuurlijke verstoring	X	-	X	-	X	X	X	X	X	X
	voorspelbare reactie op menselijke verstoring	+	+	X	+	+	+	+	x	+	+
mogelijkheid tot beheer		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Groen		Verticale gelaagdheid					Soortenrijkdom				
eigenschappen											
naam groepslid		Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie	Benoît	Anton	Johanna	Jeroen	Conclusie
wetenschappelijk onderbouwd		+	+	0	0	+	+	+	+	+	+
relevant		+	0	+	+	+	+	+	+	+	+
herhaalbaarheid		+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
eenvoud	eenvoudig meetbaar	-	-	+	+	0	0	X	0	+	0
	snel meetbaar	-	-	-	+	-	-	X	-	X	X
	goedkoop meetbaar	X	-	+	+	+	+	+	+	+	+
	eenvoudig te begrijpen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	eenduidig	X	0	-	+	X	+	+	+	0	+
accuraetheid	gevoelig voor verandering	-	0	X	-	-	+	+	+	+	+
	voorspelbare respons	X	0	+	+	+	+	-	+	+	+
	voorspelbare reactie op natuurlijke verstoring	+	-	X	X	X	+	0	+	-	+
	voorspelbare reactie op menselijke verstoring	+	-	X	+	+	+	+	+	+	+
mogelijkheid tot beheer		X	-	+	+	+	X	+	X	0	X