



Professionele Bachelor Agro- en Biotechnologie Groenmanagement



EPIFYTISCHE LICHENEN ALS BIO-INDICATOR VOOR AMMONIAK EN ZWAVELDIOXIDE IN MIDDEN-LIMBURG

Lawrence Vanloffelt
Specialisatie: natuur- en bosbeheer
Interne promotor 1: Ir. Koen Thijs
Externe promotor 2: Dr. Michel Asperges





Professionele Bachelor Agro- en Biotechnologie
Groenmanagement

**EPIFYTISCHE LICHENEN ALS BIO-INDICATOR VOOR
AMMONIAK EN ZWAVELDIOXIDE IN MIDDEN-
LIMBURG**

Lawrence Vanloffelt
Specialisatie: natuur- en bosbeheer
Interne promotor 1: Ir. Koen Thijs
Externe promotor 2: Dr. Michel Asperges



Dankwoord

Het 3^{de} en laatste jaar van mijn opleiding is aangebroken. Het moment om mijn kennis die ik de afgelopen drie jaar heb opgedaan te testen via een bachelorproef. Een uitdaging, waar ik wel persoonlijk van hou.

Door mijn interesse in veldbiologie en met nadruk op de lichenologie (studie van korstmossen) was de keuze snel gemaakt. Mijn bachelorproef zou over lichenen gaan. Na het één en ander te bespreken werd het concreter, de titel zou luiden 'Epifytische lichenen als bio-indicator voor ammoniak en zwaveldioxide'.

Graag zou ik enkele personen in het bijzonder uitgebreid willen bedanken. Allereerst mijn projectbegeleider Ir. Koen Thijs (PXL) en projectmentor Dr. Michel Asperges van de universiteit Hasselt (UHasselt). Dankzij hen kreeg ik de mogelijkheid om dit wetenschappelijk rapport rond epifytische lichenen te kunnen schrijven. Vervolgens zou ik graag Dries Van den Broeck, lichenoloog aan de Nationale plantentuin van Meise en zijn vriendin Micheline Wegh bedanken voor hun steun en hulp tijdens de eerste dag dat er veldwerk verricht werd en niet te vergeten voor de leuke gesprekken. Ook voor het delen van zijn gegevens om een vergelijkende studie voor Midden-Limburg mogelijk te maken.

Dr. Michel Asperges zou ik nog eens willen bedanken voor zijn ondersteuning, waaronder talrijke gesprekken op de UHasselt en ook voor de hulp tijdens een dag veldwerk, ondanks zijn drukke schema.

Tijdens het resterende intensieve veldwerk +/- zo'n 64 uur kon ik op de steun rekenen van mijn vrienden waaronder Kimberly Janse, Dylan Lambrighs en Robin Huybrechts. Hun geduld, assistentie en leuke babbels maakten de dagen op het veld stukken aangenamer en minder eenzaam.

Voor de statistische verwerking van de verwerkte veldgegevens kon ik op de steun en ondersteuning rekenen van mijn promotor Ir. Koen Thijs.

Ook zou ik mijn ouders willen bedanken voor hun dagelijkse steun tijdens het schrijven van dit rapport.

Hier volgt dan een wetenschappelijk rapport waar ik veel voldoening heb uitgehaald om het te schrijven en tevens het bijhorende veldwerk waar ik heb van genoten. Tijdens dit proces heb ik veel kennis opgedaan op vlak van de soorten, verwerking van de veldgegevens, 'time management', etc... .

Abstract

Het doel van dit onderzoek was de potentie van epifytische lichenen als bio-indicatoren voor de luchtpolluenten ammoniak (NH_3) en zwaveldioxide (SO_2) te bepalen in Midden-Limburg.

Door de steeds toenemende luchtvervuiling die er heerst, treden steeds meer en meer longaandoeningen op en komt onze gezondheid onder grote druk te staan wegens de heersende luchtvervuiling. Achteruitgang van de biodiversiteit komt evenals voor door fenomenen zoals verzuring en vermessing. Monitoren van luchtvervuiling is dan ook maatschappelijk gezien erg belangrijk, zodat men tijdig kan ingrijpen.

In deze bachelorproef wordt de soortensamenstelling van epifytische korstmossen en hun indicatorwaarde voor zwaveldioxide en ammoniak bepaald in vier landschapstypen (i.e. agrarisch, stedelijk, industrie en natuurgebied). Vervolgens zal worden nagegaan of er verschillen zijn tussen deze gebieden op vlak van soortensamenstelling en de indicatorwaarde van de korstmossen zal worden geëvalueerd. Epifytische korstmossen werden, indien mogelijk, bemonsterd op dezelfde bomen als die uit een eerdere studie van D. Van den Broeck (2005-2006), wat toelaat om eventuele korte termijn trends in de korstmossengemeenschap te achterhalen.

De epifytische licheneflora, zowel macro- als microlichenen, werd onderzocht op 16 verschillende opnamepunten doorheen Midden-Limburg (+/- 10 bomen per locatie), met een totaal van 160 bomen. In totaal werden steeds vier locaties uitgekozen, steeds behorend tot één van de verschillende gebieden (agrarisch, stedelijk, industrie en natuurgebieden). De boomsoort die gekozen werd voor dit onderzoek was *Quercus robur*. De licheneflora werd onderzocht door de aanwezige soorten epifytische lichenen van boomvoet tot op een hoogte van twee meter te inventariseren en door een Europees universeel protocol te gebruiken. Ook werden de nodige gegevens verzameld zoals stamomtrekken gps-coördinaten en de afstanden van de bestudeerde gebieden ten opzichte van de andere respectievelijk landbouw, industrie, natuurgebied en steden. Per gebied werd het totaal aantal soorten, de evenness, Shannon and Simpson's diversiteit bepaald.

Door middel van statistische analyse vloeide uit de resultaten voort dat de NIW significant hoger was in industriegebieden in vergelijking met de resterende typen gebieden

| | |
|---|----|
| Inhoudstafel | |
| Dankwoord..... | 2 |
| Abstract | 3 |
| Lijst met afkortingen | 6 |
| Inleiding | 7 |
| 1. Literatuurstudie | 8 |
| 1.1. Wat zijn lichenen?..... | 8 |
| 1.1.1. Mycobiont | 10 |
| 1.1.2. Fotobiont | 10 |
| 1.2. Epifytische lichenen in Limburg | 11 |
| 1.3. Link tussen luchtvervuiling en lichenen..... | 13 |
| 1.4. Ammoniak..... | 14 |
| 1.5. Zwaveldioxide..... | 14 |
| 1.6. Verzuring..... | 15 |
| 1.7. Vermesting | 15 |
| 2. Intermezzo: epifytische lichenen op azaleastruiken en magnolia's in het arboretum van Bokrijk..... | 16 |
| 3. Materiaal en methode | 18 |
| 3.1. Materiaal | 18 |
| 3.1.1. Handlens..... | 18 |
| 3.1.2. Bino ofstereoscoop..... | 18 |
| 3.1.3. Microscoop..... | 19 |
| 3.1.4. Chemische reagentia | 19 |
| 3.2. Gevolgde naamgeving..... | 21 |
| 3.3. Opstellen korstmossenherbarium | 21 |
| 4. Methodiek | 23 |
| 4.1. Bespreking van de verschillende gekozen types gebieden..... | 23 |
| 4.1.1. Landbouwgebied | 23 |
| 4.1.2. Industriegebied..... | 23 |
| 4.1.3. Natuurgebied | 23 |
| 4.1.4. Urbane gebieden (bebouwde kom..... | 23 |
| 4.2. Keuze boomsoort en verantwoording..... | 24 |
| 4.3. Zesdelige schaal van de Bakker | 24 |
| 4.4. Europese richtlijn van het bemonsteren van lichenen | 25 |
| 4.5. Ammoniakbelasting | 27 |
| 4.6. Q-som..... | 29 |

| | | |
|--------|-------------------------------|----|
| 4.7. | Statistische verwerking | 30 |
| 4.7.1. | Evenness..... | 31 |
| 4.7.2. | Shannon Index..... | 31 |
| 4.7.3. | Simpson's Index..... | 31 |
| 4.7.4. | MRPP | 32 |
| 4.7.5. | Spearman rank..... | 32 |
| 4.7.6. | Kruskal-Wallis test..... | 32 |
| 5. | Resultaten..... | 33 |
| 6. | Discussie | 41 |
| 7. | Besluit | 44 |
| 8. | Literatuurlijst..... | 45 |
| 9. | Figurenlijst | 46 |
| 10. | Tabellenlijst..... | 46 |

Lijst met afkortingen

AIW = acidofiele indicatie waarde

ANOVA = analysis of variance

MRPP = multiresponse permutation procedure

NIW= nitrofiële indicatie waarde

NMS = nonmetric multidimensional scaling

VMM = vlaamse milieumaatschappij

Inleiding

Op maatschappelijk vlak is luchtvervuiling een belangrijk item. De mens en andere organismen zijn afhankelijk van een goede luchtkwaliteit. Luchtvervuiling kan leiden tot negatieve gevolgen voor de gezondheid van de mens, zoals verschillende longaandoeningen. Luchtpolluenten spelen niet alleen in op de gezondheid van de mens maar richten ook grote schade toe aan de biodiversiteit. Voorbeelden hiervan zijn de fenomenen verzuring en vermisting. Dit wetenschappelijk rapport tracht een beeld te scheppen of lichenen als bio-indicator kunnen gebruikt worden, om zo een beeld te schetsen van de luchtkwaliteit voor Midden-Limburg.

De wetenschap van het biomonitoren is eigen aan alle tijden. Het nemen van besluiten aan de hand van gegevens verkregen door organismen werd vroeger in steenkoolmijnen al gebruikt door middel van gezonde kanaries in kooien te observeren. Indien de schadelijke gassen zich opstapelden, werd dit vrijwel onmiddellijk zichtbaar aan de reacties van deze organismen. Lichenen kunnen net zoals de bovenvermelde 'kanaries' tijdig een beeld schetsen van de luchtkwaliteit. Door verschuivingen in soortensamenstellingen, de aan- of afwezigheid van soorten, etc... .

Dit wetenschappelijk rapport kan worden opgedeeld in vijf grote delen. Het eerste deel bestaat uit een literatuurstudie. Het tweede deel worden het materiaal en de methode beschreven. Het derde hoofdstuk geeft een overzicht van de verwerkte gegevens afkomstig van de veldgegevens. In het vierde hoofdstuk worden de resultaten besproken. Het vijfde en laatste hoofdstuk is het besluit van deze studie.

1. Literatuurstudie

1.1. Wat zijn lichenen?

Lichenen of ook wel korstmossen genoemd, zijn geen individuele organismen die op zichzelf bestaan. Het zijn schimmels en algen of cynobacteriën die een symbiose aangaan en een geheel nieuw plantaardig lichaam vormen, genaamd een thallus. De vorm van deze thallus is een interactie tussen de schimmelcomponent en de algencomponent (Asperges, 1986, Dobson, 2011). Beide organismen halen hier voordelen uit. Individueel zouden ze niet in extreme omstandigheden kunnen overleven, maar door de symbiose kunnen er gebieden gekoloniseerd worden waar ze voordien niet de mogelijkheid hadden om te kunnen floreren. De schimmel krijgt via de fotobiont voedingsstoffen en de algen worden door de schimmel omgeven om zo uitdroging te vermijden. Als men de schimmelcomponent zou cultiveren zou men een totaal verschillende vorm verkrijgen in vergelijking met het resultaat van de symbiose tussen deze twee organismen (Dobson, 2011). Zoals eerder al vermeld zijn lichenen geen natuurlijke groep. Ze vallen onder de noemer 'ecologische groep' die alle schimmels omvatten die voor hun voeding afhankelijk zijn van algen (André Aptroot, 2004). Het is geen taxonomische groep en de verwantschap, indeling en zelfs de naam is voorbehouden aan de schimmelcomponent (2004).

In dit onderzoek focust men zich op de epifytische lichenen. Hermy (2004) definieert een epifyt als een plant die groeit op andere planten van een andere soort (dragerplant) zonder daaraan voedsel te onttrekken (Martin Hermy, 2004). Lichenen zijn dus verre van schadelijk voor bomen en andere houtachtige gewassen.

De schimmelcomponent, de mycobiont en de algencomponent, de photobiont, zijn vervlochten in elkaar en vormen zo één geheel. De schimmel vormt doorgaans de uitwendige structuur rondom de algen, behalve bij de gelatineuze lichenen. De verscheidenheid in vormen van lichenen is erg gevarieerd. De volgende vormen komen doorgaans voor, namelijk: korstvormig (crustose), placodioid, struikvormig (fruticose), bladvormig (foliose), leprose, podetia (staafvormige uitsteeksels), squamulose (schubjesvormende), etc... . Bij epifytische lichenen komen de volgende vormen voor: struikvormige, korstvormige, placodiode korstmossen, bladvormige, schubvormige en korstmossen met podetia en grondschubben.



Figuur 1: Overzicht van de verschillende groeivormen van korstmossen. (v.l.n.r.) struikvormig (baardmos, *M. Asperges*), korstvormig (Witte schotelkorst, *L. Vanloeffelt*), bladvormig (groot schildmos, *M. Asperges*) en podetiën en grondsclubben (bekermos, *M. Asperges*), schubvormig (Gewoon schubjesmos, *J. van Asselt*, http://www.nederlandsesoorten.nl/linnaeus_ng/app/views/species/nsr_taxon.php?id=130320&cat=names&epi=1)

1.1.1. Mycobiont

De schimmelcomponent behoort doorgaans tot de ascomyceten (zakjeszwammen). Enkele uitzonderingen daarentegen bevatten basidiomyceten, ook wel de steeltjeszwammen genoemd.

1.1.2. Fotobiont

De algcomponent of fotobiont produceert moleculen glucose om zo zichzelf te voeden en een bron van voedsel te zijn voor zijn partner in de symbiose. Bij cyanobacteriën beweert men tevens dat deze stikstof opslaan onder de vorm van nitraat en ter beschikking stellen voor de schimmel (Whelan, 2011).

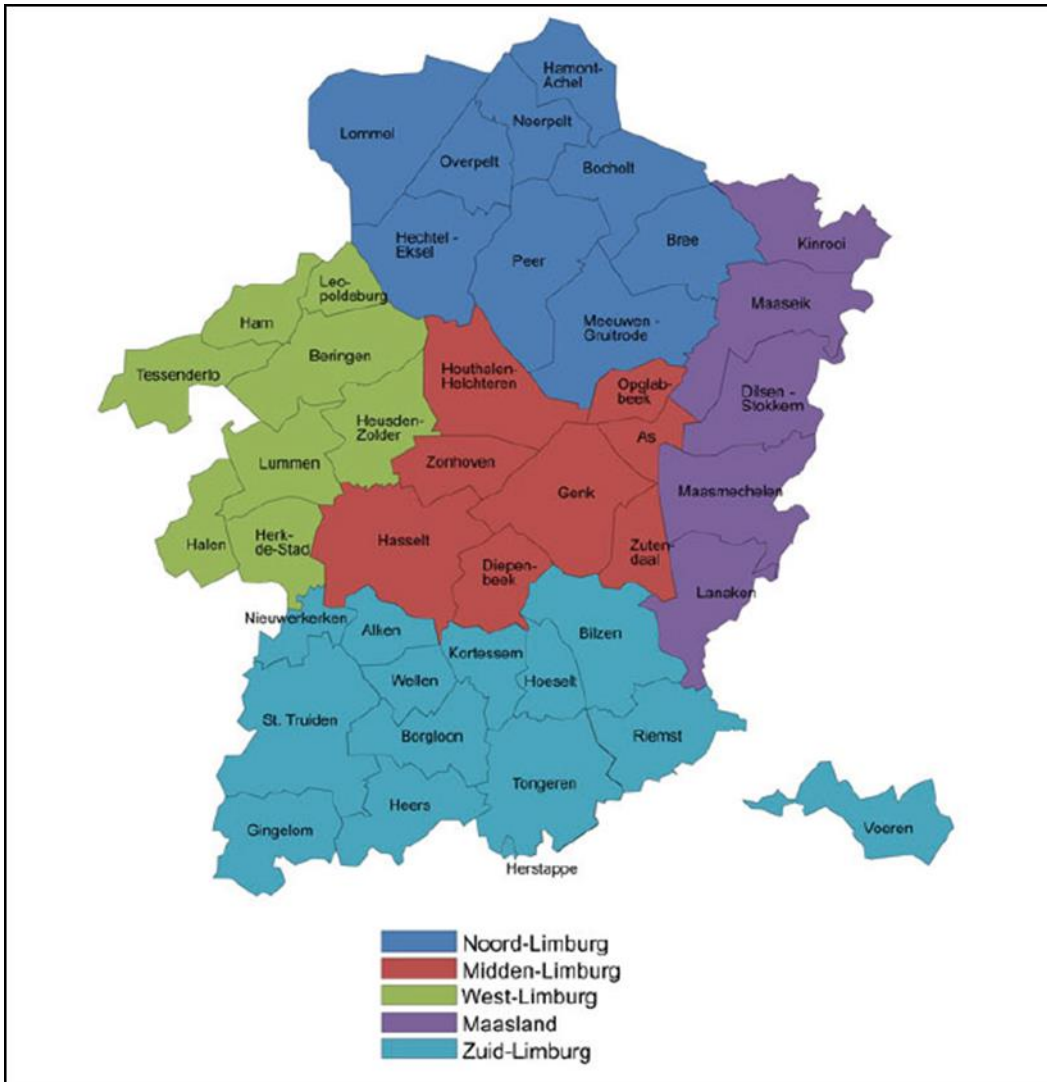
Kennis over de taxonomie, ecologie of andere aspecten van de algen waren tot recent erg beperkt (Dobson, 2011). In tegenstelling tot de schimmels zijn er maar een 40 geslachten van algen die een symbiose aangaan met mycobionten (2011).

1.2. Epifytische lichenen in Limburg

In het verleden werden verschillende onderzoeken rond de epifytenvegetatie uitgevoerd. Het recentste is uitgevoerd door D. Van Den Broeck in het jaar 2005-2006. 559 opnamepunten werden onderzocht op epifytische lichenen. Graaft men dieper in het verleden dan komt men in de periode van het jaar 1960 in de maanden juli tot september uit. De Belgische staat gaf de opdracht aan Prof. Dr. J. J. Barkman om de epifytenvegetatie (inclusief wieren, schimmels en mossen) van Midden-Limburg te karteren. Dit om de invloeden te kunnen onderzoeken van de steden, mijnen en fabrieken op het milieu. Hij trof in totaal 118 soorten epifyten aan waaronder: vijf wieren, twee schimmels, 70 korstmossen en 41 mossen.

In september 1985 tot februari 1986 werd door Elly Quanten opnieuw een onderzoek uitgevoerd naar de epifytenvegetatie van Midden-Limburg. Dit met als doel om een beeld te kunnen schetsen van de toenmalige luchtvervuiling en deze te vergelijken met de toestand in 1960. Daarnaast wou Elly Quanten de inventarisatieresultaten in verband brengen met andere factoren zoals: klimaat, bodem, vegetatie, topografie, boomsoort, etc... . Ze onderzocht 170 locaties die verschillend waren van de locaties van Prof. Dr. J.J. Barkman, dit verdeeld over wooncentra, industriecentra en landschapstypen. Ze trof in totaal 93 soorten aan waaronder: drie wieren, twee schimmels, 41 korstmossen en 47 mossen.

In dit onderzoek worden de epifytische lichenen onder de loep genomen voor Midden-Limburg en zal hun waarde als bio-indicator worden bepaald voor de luchtpolluenten ammoniak en zwaveldioxide. Opmerkelijk is wel dat voorgangers hun onderzoek zich in een groter werkveld afspeelde dan tegenwoordig. Midden-Limburg bestaat tegenwoordig uit de volgende acht gemeenten: Genk, Zutendaal, Diepenbeek, As, Opglabeeek, Houthalen-helchteren, Zonhoven, Hasselt (zie figuur 2). In het verleden werden deze gemeenten plus enkele gemeenten van West-Limburg en het Maasland als Midden-Limburg bestempeld.



Figuur 2: Overzicht van de opdeling van Limburg (België)
 (http://www.ersvlimburg.be/upload/40157148/downloads/streekfoto_middenlimburg_2012.pdf)

1.3. Link tussen luchtvervuiling en lichenen

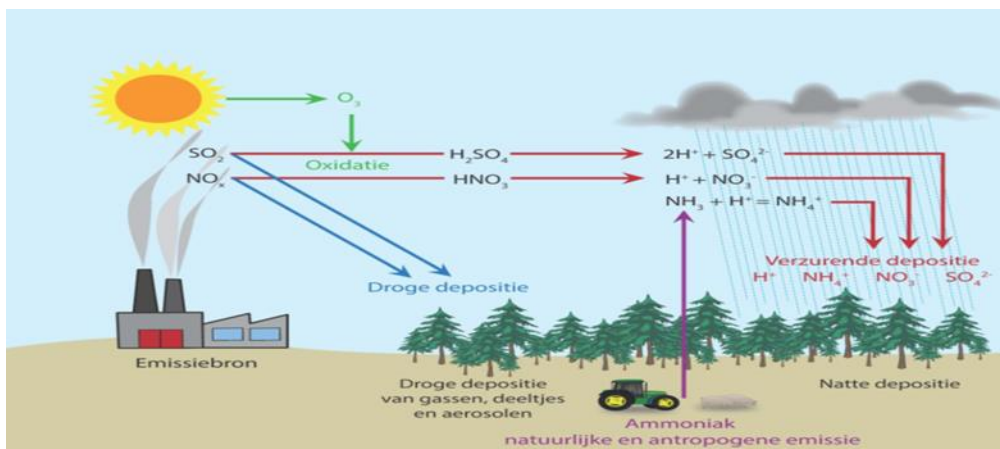
Lichenen zijn extreem gevoelig voor milieustress, met nadruk op luchtvervuiling, eutrofiëring en klimaatsveranderingen (J. Asta, 2003). De voornaamste redenen hiervoor zijn de delicate symbiose tussen de twee partners en het feit dat pollutanten vlot de thallus kunnen binnendringen, dus zowel de cellen van de schimmel als de alg (2013). Andere factoren zoals: een grotere stofwisseling bij vochtig weer en hun metabolisme dat actief blijft bij lage temperaturen spelen ook een rol en geven weer dat deze partners ook schade kunnen oplopen tijdens de wintermaanden (2013). Sommige vormen van lichenen groeien traag en verwondingen kunnen niet snel worden hersteld (2013).

In vergelijking met hogere planten zijn lichenen door hun unieke, stabiele en langlevende thalussen ideale bio-indicatoren. Omdat lichenen in tegenstelling tot planten geen cuticula en wortelstelsel bezitten. Zoals in de vorige paragraaf al vermeld kunnen luchtpolluenten dus vlot de thallus doordringen met alle negatieve gevolgen vandien.

Deze indicatoren zijn organismen die een beeld kunnen schetsen van het milieu waarin ze vertoeven. Dit door middel van: de aanwezigheid van bepaalde soorten, verschuivingen in soortensamenstellingen, etc... . Sommige soorten lichenen gedijen uitermate goed in gebieden met een slechte luchtkwaliteit, andere soorten daarentegen stellen hoge eisen aan de luchtkwaliteit. Bijvoorbeeld de befaamde soort *Lecanora conizaeoides* floreerde toen er in het verleden grote concentraties SO_2 in onze atmosfeer voorkwamen

In de 19^{de} eeuw merkten onderzoekers zoals Barkman dat er een probleem was met de luchtkwaliteit, de zogenoemde epifytenwoestijnen werden dan ook beschreven (André Aptroot, 2004). Dit was te danken aan de grote hoeveelheden zwaveldioxide die in deze eeuw voorkwamen.

Aan de hand van lichenen kan men dus de luchtkwaliteit monitoren en opvolgen. Dit wetenschappelijk rapport focust op de luchtpolluenten ammoniak (NH_3) en zwaveldioxide (SO_2). In de volgende paragrafen worden ook de verschillende fenomenen besproken, veroorzaakt door zwaveldioxide en ammoniak. Een overzicht hiervan treft men aan op figuur 3, met de bijhorende reacties die de luchtpolluenten ondergaan.



Figuur 3: Overzicht van de verschillende luchtpolluenten die er voorkomen, de bijhorende reacties die ze ondergaan, etc... . (VMM, 2012)

1.4. Ammoniak

Ammoniak (NH₃) uitstoot is tegenwoordig een veel voorkomende problematiek in de buurt van intensieve veeteeltbedrijven maar de stof wordt ook uitgestoten door katalysatoren van voertuigen (Dries Van den Broeck, 2006).

Het is een alkalische stof die verschillende problemen kan teweegbrengen. De toename van ammoniakminnende soorten op bomen is te danken aan deze base die houtachtige gewassen met een zure schors ontzuurt. Doorgaans hebben deze houtachtige soorten zoals *Quercus robur* een schors met zuurtegraad van '4,0', dankzij ammoniak wordt dit vaak verhoogd tot '6,5'. Ammoniak dat op de bodem neerslaat zal uiteindelijk worden omgezet door nitrificerend bacteriën tot salpeterzuur (HNO₃).

De laatste decennia is door de steeds toenemende concentraties van ammoniak een tendens merkbaar bij epifytische lichenen. Er treedt tegenwoordig een veralgemening op door de steeds toenemende algemene stikstofminnende soorten, de zogenaamde nitrofyten (André Aptroot, 2004).

Het heeft zowel een verzurend als een vermestend effect op het milieu.

1.5. Zwavedioxide

Zwavedioxide (SO₂) is een gas dat kleurloos, in wateroplosbaar en zuur is. Het is afkomstig van de verbranding van klassieke zwavelhoudende fossiele brandstoffen zoals kolen en aardolie. De grootste boosdoeners die SO₂ uitstoten zijn volgens de Vlaamse Milieu Maatschappij: industrie, raffinaderijen en elektriciteitscentrales. (VMM, 2012, VMM, 2014)

SO₂ speelt een grote rol in de verzuring van het leefmilieu. Het brengt onder andere schade toe aan planten die het gas rechtstreeks opnemen via de huidmondjes. (2014)

Ook heeft het een groot aandeel in de aantasting van metaal en steen. De vernietigende kracht van deze luchtpolluent is het beste te zien bij de erosie van historische gebouwen. (2014)

1.6. Verzuring

Dit fenomeen wordt omschreven als zijnde de gezamenlijke effecten van luchtverontreinigende stoffen, afkomstig van emissies van zwaveldioxide, stikstofdioxide en ammoniak, die via de atmosfeer worden aangevoerd en waar zuren, zoals zwavelzuur en salpeterzuur, kunnen gevormd worden. Er bestaan drie vormen van depositie, waarbij verzuring kan optreden, namelijk: natte depositie, droge depositie en occulte depositie. Regen, sneeuw en hagel vallen onder de natte depositie. Polluenten in de vorm van gassen en aerosoldeeltjes worden bestempeld als droge depositie. De laatste vorm, occulte depositie, omvat mist, dauw en laaghangende wolken. (VMM, 2012)

Natte verzurende depositie wordt tegenwoordig gemeten door middel van de neerslag op te vangen en er de hoeveelheid en samenstelling van te bepalen. De hoeveelheid neerslag en de concentratie van de ionen die stikstof en zwavel bevatten worden gemeten. (2012)

Droge verzurende depositie daarentegen is een complex proces dat moeilijk nauwkeurig te meten valt. Eén reden is dat er veel stoffen bij betrokken zijn. Stoffen zoals stikstof en zwavel komen allebei voor in de atmosfeer als gas en deeltjes. Stikstof komt in meerdere vormen voor, waardoor vaak geavanceerde meettoestellen nodig zijn. (2012)

1.7. Vermesting

Vermesting kan men beschrijven als de ophoping of aanrijking van nutriënten door antropogene activiteiten (Overloop S., 2011). Ecologische processen en natuurlijke kringlopen in de compartimenten bodem, water en lucht worden hierdoor verstoord (2011). De volgende gevolgen zijn kwalitatief gezien de belangrijkste bij deze vorm van verstoring:

- De achteruitgang van vegetaties op voedselarme en matig voedselarme gronden en de daarmee verbonden daling van de biodiversiteit
- De achteruitgang van oppervlaktewater en hun watergebonden planten en dierengemeenschappen door middel van eutrofiëring
- De vermindering van grondwater en de grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen als ook de aanvoer van nutriëntenrijk grondwater naar het oppervlaktewater

Ook is het een bedreiging voor de drinkwatervoorziening (hogere kostprijs) zowel uit het oppervlaktewater als uit het grondwater, als gevolg van de verhoogde nitraatconcentraties. De landbouw wordt eveneens getroffen door een nadelig invloed uit te oefenen via een onevenwichtige aanvoer van nutriënten op de bodem. Hierdoor kan de kwaliteit van gewassen verminderen waardoor de opbrengt zal dalen en vee ziek kan worden (2011).

2. Intermezzo: epifytische lichenen op azaleastruiken en magnolia's in het arboretum van Bokrijk

Tijdens dit onderzoek werd ook door de projectmentor, Dr. M. Asperges, gevraagd om een inventarisatie te doen van de aanwezige lichenen op de azaleastruiken en magnolia's van het arboretum van Bokrijk. De volgende epifytische lichenen werden aangetroffen op de azalea's. (Zie tabel 1)

| Wetenschappelijke naam | Nederlandse naam |
|-------------------------------|-------------------|
| <i>Candelariella reflexa</i> | Poedergeelkorst |
| <i>Evernia prunastri</i> | Gewoon eikenmos |
| <i>Flavoparmelia caperata</i> | Bosschildmos |
| <i>Hypogymnia physodes</i> | Gewoon schorsmos |
| <i>Hypogymnia tubulosa</i> | Witkopschorsmos |
| <i>Melanelia subaurifera</i> | Verstop schildmos |
| <i>Parmelia sulcata</i> | Gewoon schildmos |
| <i>Parmotrema perlatum</i> | Groot schildmos |
| <i>Physcia adscendens</i> | Kapjesvingermos |
| <i>Physcia tenella</i> | Heksenvingermos |
| <i>Ramalina farinacea</i> | Melig takmos |
| <i>Usnea spec.</i> | Baardmossen |
| <i>Xanthoria parietina</i> | Groot dooiermos |

Tabel 1: overzicht geïnventariseerde lichenen op de azalea's

Opmerkelijk was dat er een relatief groot uitgegroeide *Usnea spec.* voorkwam, echter zonder voortplantingsorganen. De meeste lichenen behorend tot het geslacht van de baardmossen (*Usnea*) zijn eerder klein bij waarneming in België. Bovendien is vermeldenswaardig dat *Usnea* soorten erg zeldzaam zijn.

Andere macrolichenen zoals *Evernia prunastri* en *Parmotrema perlatum* waren ook uitzonderlijk goed ontwikkeld.



Figuur 4: grote *Parmotrema perlatum*



Figuur 5: relatief grote *Usnea spec.*

Op de magnolia's werden de volgende soorten aangetroffen (zie tabel)

| Wetenschappelijke naam | Nederlandse naam |
|------------------------------|-------------------|
| <i>Candelarielle reflexa</i> | Poedergeelkorst |
| <i>Melanelia subaurifera</i> | Verstop-schildmos |
| <i>Parmelia sulcata</i> | Gewoon schildmos |
| <i>Physcia tenella</i> | Heksenvingermos |
| <i>Xanthoria parietina</i> | Groot dooiermos |

Tabel 2: overzicht aangetroffen soorten op Magnolia's

De beheerders van het Arboretum van Bokrijk moeten trachten deze lichenen , waaronder een zeldzame soort, te behouden. Het gebruik van fungiciden is dan ook uit den boze. Een educatieve plaat rond deze soorten zou dan ook interessant kunnen zijn.

3. Materiaal en methode

3.1. Materiaal

3.1.1. Handlens

De handlens of ook wel loep genoemd is één van de belangrijkste materialen tijdens een lichenologisch onderzoek. Het opent deuren naar de wereld van de lichenen en geeft kenmerken weer die noodzakelijk zijn om soorten te kunnen determineren aan de hand van morfologische kenmerken.

Tijdens dit onderzoek werd er gebruikt gemaakt van de lichtloep, genaamd 'Lichen candelaris' met een vergroting van 10 x. Deze lichtloep is ontworpen en gefabriceerd door Erich Zimmermann. Met andere woorden dit model is het neusje van de zalm onder de handlensen.

Lichtloepes zijn een grote aanvulling bij lichenologie. Er kan een beter beeld verkregen worden van onopvallende thalussen en kleuren worden beter zichtbaar.



Figuur 6: lichen candelaris lichtloep (Erich Zimmermann, 2014)

3.1.2. Bino of stereoscoop

Moest de handlens niet voldoende het benodigde beeld vergroten van bepaalde morfologische structuren dan kan er beroep worden gedaan op een stereoscoop. Tevens wordt er beroep gedaan op de bino stereoscoop bij het maken van dwarsdoorsneden (zie hoofdstuk 'microscoop').

3.1.3. Microscop

Het gebruik van microscopen wordt vaak toegepast wanneer er twijfel optreedt of wanneer geslachten moeilijk te onderscheiden zijn. Ook al kunnen de meeste lichenen in het veld gedetermineerd worden met een 10 x handlens, de karakteristieken welke de basis vormen voor de plaatsing van een soort in een bepaalde geslacht zijn, in de meeste gevallen, voornamelijk gebaseerd op microscopische kenmerken (O.W. Purvis, 1992).

Men zal vruchtlichamen moeten verzamelen van de lichenen en hiervan dunne dwarsdoorsneden (coupes) maken, om zo de zogenaamde 'squash' preparaten te kunnen maken. Dit om een beeld te krijgen van de sporen, asci en parafysen. Om de ascosporen vrij te maken, moet er zachtjes druk worden uitgeoefend door op het preparaat met een penseel of een potlood regelmatig tikjes te geven (O.W. Purvis, 1992).

3.1.4. Chemische reagentia

Vele lichenen bevatten zeer stabiele stoffen (Dobson, 2011). Tot nu toe zijn er ongeveer 700 lichenestoffen geïdentificeerd. Deze worden uitgescheiden door de schimmelcomponent. (Whelan, 2011)

Lichenologen zijn gefascineerd door de identificatie van deze stoffen sinds de Zweedse lichenoloog Nylander in 1867 ontdekte dat lichenen die morfologisch sterk op elkaar lijken, konden onderscheiden worden door de zogenaamde 'spot test' met Kaliumhydroxide. Naarmate de tijd vorderde werden nieuwe stoffen ontdekt die hulp konden bieden bij de chemische determinatie van lichenen. Tegenwoordig worden de 'spot tests' nog steeds toegepast om bepaalde geslachten of soorten van elkaar te onderscheiden, moesten morfologische kenmerken niet volstaan (Bungartz, 2001).

In de volgende paragrafen bespreekt men de verschillende chemische reagentia die men gebruikt om kleurreacties uit te lokken bij lichenen.

3.1.4.1. Kaliumhydroxide

Deze oplossing bestaat uit water en 10 % van deze stof. (10 gram van KOH in 100 milliliter water). Deze geconcentreerde oplossing zorgt vaak voor een bloedrode verkleuring bij soorten van het geslacht 'Xanthoria'. Bij andere soorten lichenen kunnen ook gele verkleuringen voorkomen. Bij een positieve chemische kleurreactie schrijft men 'K+' bij een negatieve reactie schrijft men 'K-'. De R-zinnen gaven de volgende gevaren op: schadelijk bij opname door de mond en veroorzaakt ernstige brandwonden.



Figuur 7: symbolen (veiligheidsinformatie)



Figuur 8: *Xanthoria spec.* dat reageert met KOH. (rode reactie, M. Asperges)

3.1.4.2. Para-fenyleendiamine

Deze erg carcinogene stof moet met grote voorzichtigheid gebruikt worden. Bij voorkeur onder labo omstandigheden. Doorgaans lost men enkele kristallen op in alcohol of water. Maar deze oplossing is maar voor een beperkte duur houdbaar. Een oplossing hiervoor is de stabiele 'Steiner' oplossing. Bestaande uit: 1 gram para-fenyleendiamine, 10 gram natriumsulfiet, 0,5 ml detergent (1 of 2 druppels). Dit chemische reagens wordt onder andere vaak gebruikt bij lichenen van het geslacht 'Cladonia' maar ook bij andere geslachten. De volgende R-zinnen geven een beeld van de gevaren bij het gebruik van deze stof: toxisch bij inhaleren, toxisch in contact met de huid, toxisch bij het inslikken, irriterend voor de ogen, kan overgevoeligheid veroorzaken bij contact met de huid, zeer giftig voor in het water levende organismen en kan in het aquatisch milieu op lange termijn schadelijke effecten veroorzaken.



Figuur 9: symbolen (veiligheidsinformatie over para-fenyleendiamine)

3.1.4.3. Bleekwater

Calciumhypochloriet of natriumhypochloriet, ook wel in de volksmond ‘bleekwater’ genoemd, is tegenwoordig vlot verkrijgbaar. Elk merk voldoet in principe aan de eisen die gesteld worden in de lichenologie. Wel moet men opletten voor verschillende mogelijke samenstellingen van het product. Producenten van ‘bleekwater’ voegen steeds meer en meer andere bestanddelen toe zoals: natriumhydroxide en kaliumhydroxide. Deze bestanddelen verbeteren het oorspronkelijke gebruik van bleekwater maar verminderen de bruikbaarheid van dit product voor het beoefenen van lichenologie. Ze zorgen voor de zogenaamde ‘K+’, ‘KC+’ of ‘CK+’ reacties. Om te voorkomen dat men ongeschikte bleekwaters aanschaft, kan men deze testen op het merg van *Parmelia saxatilis* of *Parmelia sulcata* en tevens op de cortex van *Lecanora campestris*. De resultaten zouden negatief moeten zijn. Verkrijgt men een gele of oranje kleur als reactie dan kan men stellen dat het gebruikte bleekwater niet geschikt is om lichenologie te beoefenen (Dobson, 2011). Bleekwater is maar tijdelijk bruikbaar en verliest snel zijn werking in de zogenaamde ‘druppelflesjes’. Regelmatig vervangen is dus de boodschap. De R-zinnen gaven de volgende gevaren aan: bevordert de verbranding van brandbare stoffen, schadelijk bij opname door de mond, vormt giftige gassen in contact met zuren, veroorzaakt brandwonden en zeer giftig voor in het water levende organismen.



Figuur 10: symbolen (veiligheidsinformatie over calciumhypochloriet)

3.2. Gevolgde naamgeving

De wetenschappelijke naamgeving volgt de literatuur van Herk en Aptroot (2004), de Nederlandse naamgeving wordt tevens aangevuld met die van Dries Van den Broeck et al. (2004).

3.3. Opstellen korstmossenherbarium

Tijdens het veldwerk werden steeds op locatie, na het toepassen van de verschillende methodes, stalen meegenomen van de aangetroffen lichenen. Dit herbarium zal geschonken worden aan de Nationale plantentuin van Meise.

De verschillende lichenen werden steeds in convoluten bewaard en gedroogd op kamertemperatuur.

Soorten die niet talrijk waren over de verschillende opnamepunten werden niet verzameld.

4. Methodiek

4.1. Bespreking van de verschillende gekozen types gebieden

De verschillende opnamepunten die gebruikt werden voor deze studie, komen voor in vier verschillende types gebieden respectievelijk: landbouwgebieden, industriegebieden, natuurgebieden en urbane gebieden (bebouwde kom). De verschillende opnamepunten werden bepaald door D. Van Den Broeck in zijn eerdere studie uit 2005-2006.

4.1.1. Landbouwgebied

Deze gebieden bevonden zich kort bij landbouwbedrijven, weiden, etc... .

4.1.2. Industriegebied

Deze gebieden kwamen steeds voor in industriegebieden of aan de randen hiervan.

4.1.3. Natuurgebied

Natuurgebieden werden bestempeld als locaties waar zowel geen SO₂ als NH₃ konden worden gegenereerd.

4.1.4. Urbane gebieden (bebouwde kom)

Doorgaans waren deze bomen gelokaliseerd in wegbermen in urbane gebieden.

4.2. Keuze boomsoort en verantwoording

Dit onderzoek richt zich volledig op de epifytische korstmossen voorkomend op *Quercus robur*. In Midden-Limburg komt deze boomsoort erg veel voor. Bovendien heeft deze boomsoort verschillende voordelen die in de volgende paragraaf besproken worden.

Door onderzoek verricht in Nederland kan men tegenwoordig stellen dat niet alle boomsoorten even geschikt zijn voor het meten van de effecten van luchtverontreiniging (Dries Van den Broeck, 2006). Doorgaans heeft dit te maken met natuurlijke schorseigenschappen van de houtachtige gewassen en de effecten van de luchtverontreiniging op de boomschors. Zomereiken blijken door hun schorseigenschappen erg geschikt te zijn voor het registreren van de effecten van ammoniak. Volgende positieve eigenschappen kunnen toegekend worden aan *Quercus robur*.

- Weinig last van storende factoren zoals plaatselijke aanrijking door begrazing, stof en honden
- Geen bastwond-reactie (voedselarm floëmsap)
- Een van nature zure schors en daardoor geen interferentie met zwaveldioxide
- Een hoge levensduur (minder uitval van monsterbomen bij herhaling)

Eén nadeel van de zomereik, maar wat voor deze studie een voordeel kan zijn, is dat de drempel voor ammoniak hoog is. Nitrofyten kunnen zich pas vestigen bij 1000 mol/ha/jaar.

4.3. Zesdelige schaal van de Bakker

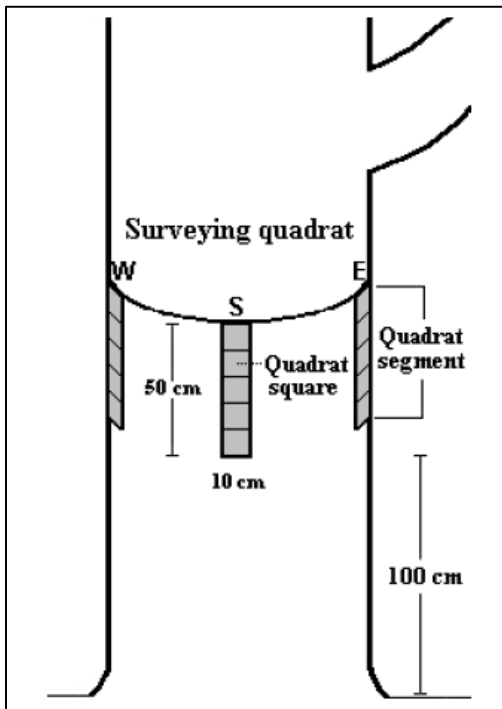
Bij deze schaal wordt per boom alle aanwezige soorten genoteerd van het maaiveld tot een hoogte van twee meter.

Per opnamepunt wordt de talrijkheid van voorkomen per soort vastgelegd volgens de zesdelige schaal van de Bakker. 1 = Slechts één exemplaar aanwezig, 2 = Meerdere exemplaren op één boom, 3 = Gemiddeld minder dan één vierkante decimeter op maximaal de helft van de bomen, 4 = Gemiddeld meer dan één vierkante decimeter op maximaal de helft van de bomen, 5 = Gemiddeld minder dan één vierkante decimeter op meer dan de helft van de bomen en 6 = Gemiddeld meer dan één vierkante decimeter op meer dan de helft van de bomen (Dries Van den Broeck, 2006).

Ook kan deze schaal, voornamelijk de laatste punten, op een andere manier verwoord worden namelijk: 1 = één exemplaar, 2 = meer exemplaren op één boom, 3 = op minder dan de helft van de bomen in kleine hoeveelheden, 4 = op minder dan de helft van de bomen, maar wel in grote hoeveelheden (> 1 dm² per boom), 5 = op de meerderheid van de bomen in kleine hoeveelheden en 6 = veel op de meerderheid van de bomen (Herk, 2011).

4.4. Europese richtlijn van het bemonsteren van lichenen

Bij deze tweede en universele Europese methode plaatst men op een hoogte van 150 centimeter vier rasters bestaande uit vijf vakken rondom de boom in elke windrichting. Men bepaalt dus eerst waar het zuiden is, meet de omtrek op een hoogte van 150 centimeter, deelt de omtrek door vier en plaatst dan de rasters in elke windrichting. De lengte van deze rasters is 50 centimeter en de breedte van elk vakje is 10 centimeter. Per vak wordt gekeken welke soorten er aanwezig zijn. Elke soort die aanwezig is in het raster wordt genoteerd en ook in hoeveel vakken ze voorkomen.



Figuur 11: schematisch voorbeeld van de Europese methode (J. Asta, 2003)



Figuur 12: voorbeeld van het raster (Raster, M. Asperges)

4.5. Ammoniakbelasting

De ammoniakbelasting wordt aan de hand van de nitrofiele indicatiewaarde (NIW) en de acidofiele indicatiewaarde (AIW) berekend. Beide indicatiewaarden zijn dus graadmeters voor ammoniak. Per opnamepunt worden de totale hoeveelheden ammoniakminnende (nitrofyten) en ammoniakmijdende (acidofyten) korstmossen tot uitdrukking gebracht. Voor deze berekeningen worden een reeks kensoorten gebruikt (Dries Van den Broeck, 2006). Zie de onderstaande opsomming voor een overzicht van de stikstofminnende kensoorten, de zogenaamde nitrofyten. (Dries Van den Broeck, 2006)

- Bleek vingermos (*Phycia dubia*)
- Donkerbruine schotelkorst (*Rinodina gennarii*)
- Fijne geelkorst (*Candelariella xanthostigma*)
- Gewone citroenkorst (*Caloplaca citrina*)
- Groot dooiermos (*Xanthoria parietina*)
- Groot vingermos (*Phycia stellaris*)
- Grove geelkorst (*Candelariella vitellina*)
- Heksenvingermos (*Phycia tenella*)
- Kapjesvingermos (*Phycia adscendens*)
- Klein dooiermos (*Xanthoria Polycarpa*)
- Klein schaduwmos (*Phaeophyscia nigricans*)
- Kleine geelkorst (*Candelaria concolor*)
- Kleine schotelkorst (*Lecanora hageni*)
- Kroezig dooiermos (*Xanthoria candelaria*)
- Muurschotelkorst (*Lecanora muralis*)
- Muurzonnetjes (*Caloplaca holocarpa*)
- Oranje dooiermos (*Xanthoria calcicola*)
- Poedergeelkorst (*Candelariella reflexa*)
- Rond schaduwmos (*Phaeophyscia orbicularis*)
- Stoeprandvingermos (*Phycia caesia*)
- Valse citroenkorst (*Caloplaca flavocitrina*)
- Verborgene schotelkorst (*Lecanora dispersa*)

De berekening wordt uitgevoerd op basis van de abundantie volgens de zesdelige schaal van de Bakker. Men telt per nitrofytische soort de abundantiewaarde op per soort voor één opnamepunt en dit deelt men door het aantal bomen van het opnamepunt. Dit enkel voor de nitrofyten. Andere soorten komen niet voor in deze som.

In het onderstaande overzicht treft men de zuurminnende kensoorten (acidofyten) aan voor het berekenen van de acidofiele indicatiewaarde, een onderdeel van de ammoniakbelasting berekeningen. (Dries Van den Broeck, 2006)

- Avocadomos (*Parmeliopsis ambigua*)
- Baardmos (*Usnea spec.*)
- Bekermos (*Cladonia spec.*)
- Blauwgrijs steenschildmos (*Parmelia saxatilis*)
- Bruine veenkorst (*Placynthiella icmalea*)
- Eikenmos (*Evernia prunastri*)
- Eikenschotelkorst (*Lecanora pulicaris*)
- Gewone poederkorst (*Lepraria incana*)
- Gewoon schorsmos (*Hypogymnia physodes*)
- Gewoon schubjesmos (*Hypocenomyce scalaris*)
- Zwavelvreter/groene schotelkorst (*Lecanora conizaeoides*)
- Groene veenkorst (*Trapeliopsis pseudogranulosa*)
- Groot boerenkoolmos (*Platismatia glauca*)
- Lichte veenkorst (*Trapeliopsis granulosa*)
- Purper gewijmos (*Pseudevernia furfuracea*)
- Roestbruin schorssteeltje (*Chaenotheca ferruginea*)
- Witkopschorsmos (*Hypogymnia physodes*)

De berekening voor de acidofiele waarde wordt op een gelijkaardige wijze berekend op basis van de aanwezigheid van zuurminnende soorten (Dries Van den Broeck, 2006).

4.6. Q-som

Deze vorm van belasting wordt berekend aan de hand van de zogenaamde Q-som. Barkman riep in de jaren '50 de Q-soorten in het leven. Hij kende aan iedere soort een waarde toe naargelang de gevoeligheid voor zwaveldioxide. Hoe groter de waarde, hoe gevoeliger voor SO₂ (Dries Van den Broeck, 2007). In de onderstaande tabel treft men een overzicht aan van de soorten die zwaveldioxide-gevoelig zijn.

| Lichenen | Q-waarde |
|---|----------|
| Baardmos (<i>Usnea sp.</i>) | 12 |
| Blauwgrijs steenschildmos (<i>Parmelia saxatilis</i>) | 10 |
| Bosschildmos (<i>Flavoparmelia caperata</i>) | 7 |
| Eikenmos (<i>Evernia prunastri</i>) | 8 |
| Eikenschotelkorst (<i>Lecanora pulicaris</i>) | 4 |
| Gemarmerd vingermos (<i>Physcia aipolia</i>) | 9 |
| Gestippeld schildmos (<i>Punctelia subrudecta</i>) | 6 |
| Gewone poederkorst (<i>Lepraria incana</i>) | 2 |
| Gewoon purperschaaltje (<i>Lecidella elaeochroma</i>) | 8 |
| Gewoon schildmos (<i>Parmelia sulcata</i>) | 6 |
| Gewoon schorsmos (<i>Hypogymnia physodes</i>) | 4 |
| Gewoon schubjesmos (<i>Hypocenomyce scalaris</i>) | 3 |
| Grauw rijpmos (<i>Physconia grisea</i>) | 5 |
| Zwavelvreter/groene schotelkorst (<i>Lecanora conizaeoides</i>) | 0 |
| Groot boerenkoolmos (<i>Platismatica glauca</i>) | 9 |
| Groot dooiermos (<i>Xanthoria parietina</i>) | 7 |
| Groot takmos (<i>Ramalina fraxinea</i>) | 10 |
| Heksenvingermos (<i>Physcia tenella</i>) | 5 |
| Kauwgommos (<i>Diploicia canescens</i>) | 4 |
| Lindeschildmos (<i>Parmelina tiliacea</i>) | 9 |
| Melig takmos (<i>Ramalina farinacea</i>) | 7 |
| Olijfschildmos (<i>Pleurosticta acetabulum</i>) | 7 |
| Purper geweimos (<i>Pseudevernia furfuracea</i>) | 8 |
| Trompettakmos (<i>Ramalina fastigiata</i>) | 8 |
| Vliegenstrontjesmos (<i>Amandinea punctata</i>) | 3 |
| Witte kringkorst (<i>Perusaria albescens</i>) | 6 |
| Witte schotelkorst (<i>Lecanora Chlarotera</i>) | 4 |

De Q-som wordt berekend aan de hand van de waarden van de Q-soorten. Men kijkt welke Q-soorten aanwezig zijn in een gebied en telt alleen de waarden van deze soorten op om tot de Q-som te bekomen. Hoe hoger de Q-som, hoe meer gevoelige soorten voor zwaveldioxide aanwezig zijn in een gebied.

4.7. Statistische verwerking

Per gebied werd het totaal aantal soorten, de evenness, Shannon and Simpson's diversiteit bepaald.

MRPP (multiresponse permutation procedure) is gebruikt om verschillen in soortensamenstelling tussen de vier landschapstypen te testen. MRPP is uitgevoerd door gebruik te maken van de Sørensen afstandsmaat en een natuurlijke wegingsfactor $n_i/\sum n_i$ (waarbij n_i gelijk is aan het aantal gebieden in elke landschapstype). MRPP is een nonparametrische methode om multivariate verschillen tussen vooraf gedefinieerde groepen te testen. De kans gecorrigeerde groepsinterne overeenkomst (A) beschrijft de groepsinterne homogeniteit vergeleken met deze van random verdeling. $A=1$ wanneer alle elementen binnen de groep identiek zijn. Wanneer de heterogeniteit binnen de groepen gelijk of hoger is dan deze bij kans, dan is $A=0$ and $A<0$, respectievelijk. Wanneer er meer homogeniteit is binnen de groepen, dan verwacht bij kans, dan is $1>A>0$. In gemeenschapsecologie is deze waarde meestal kleiner dan 0.1

NMS (Nonmetric multidimensional scaling) werd gebruikt om de indirecte gradiënten die de soortendistributie bepalen te onderzoeken. NMS werd uitgevoerd op de abundantiedata door gebruik te maken van de Sørensen afstandsmaat, zes startdimensies, 40 herhalingen en een instabiliteitscriterium van 10^{-5} . De NMS ordinatiescores zijn vervolgens gecorreleerd met behulp van een Spearmanrank correlatie met de abiotische data en biodiversiteitsindices.

Verschillen tussen de landschapstypen zijn bepaald met behulp van Kruskal-Wallis ANOVA met post-hoc testen voor paarsgewijze verschillen.

Lineaire regressiemodellen zijn uitgevoerd om de NIW, S, enz. te verklaren op basis van de abiotische variabelen.

4.7.1. Evenness

Evenness is een meting van de relatieve hoeveelheid van de verschillende soorten die de rijkdom van een gebied bezit. Als men twee verschillende velden zou bemonsteren op vlak van wilde kruidachtigen en het resultaat is het volgende:

| Soorten | Aantal individuen | |
|---------|-------------------|--------|
| | Veld 1 | Veld 2 |
| Soort A | 200 | 20 |
| Soort B | 225 | 29 |
| Soort C | 265 | 641 |
| Totaal | 690 | 690 |

Dan kan men stellen dat beide monsters dezelfde rijkheid aan soorten hebben (3 soorten) en dezelfde totale nummers van individuen. Hoewel, het eerste staal meer evenness heeft dan het 2^{de} staal. Dit omdat het totale nummer van individuen in het eerste staal gelijk verdeeld is over de drie soorten. In het 2^{de} staal, zijn de meeste individuen soort C, met alleen enkele stalen met soort A en soort B. Staal twee wordt beschouwd als minder divers dan staal 1.

Een gemeenschap gedomineerd door één of twee soorten wordt beschouwd als een minder diverse dan één in welke verschillende soorten ongeveer dezelfde abundantie hebben. Hoe meer de soortenrijkdom en evenness toenemen, hoe meer de diversiteit zal toenemen.

4.7.2. Shannon Index

Deze index geeft een beeld van de diversiteit van soorten. De volgende formule wordt gebruikt om de Shannon index te berekenen:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

4.7.3. Simpson's Index

De Simpson's diversity index is een maatstaf voor diversiteit die zowel rekening houdt met de rijkdom als de 'evenness'. In de ecologie wordt deze index regelmatig gebruikt om de biodiversiteit van een habitat te kwantificeren (hoeveelheid of omvang vaststellen). Het houdt ook rekening met het aantal soorten die aanwezig zijn als de grote kwantiteit van elke soort. Het meet de waarschijnlijkheid dat twee individuen willekeurig worden geselecteerd van een staal dat behoort tot dezelfde soort. De volgende formule geeft dit weer:

$$D = \frac{\sum n(n-1)}{N(N-1)}$$

n = is het totale aantal van organismen van een bepaalde soort

N = het totale aantal van organismen van alle soorten

De waarde van D valt tussen 0 en 1. Met deze index, 0 representeert een oneindige diversiteit en 1 geen diversiteit. Dus hoe groter de waarde van D , hoe lager de biodiversiteit.

4.7.4. MRPP

MRPP is een niet parametrische procedure voor het testen van een hypothese of er geen verschil is tussen twee of meer groepen van entiteiten. Kortom, dit is één van de talrijke onafhankelijke methoden voor het testen van groepsverschillen (Anonymous, 2014). In dit rapport kijkt men of er een verschil is in soortensamenstelling tussen de vier landschapstypen.

4.7.5. Spearman rank

Het is een niet-parametrisch alternatief voor correlatie en wordt gebruikt wanneer data niet in aanraking komt met de assumpties over normaliteit, homoscedasticiteit en lineariteit (McDonald., 2008).

4.7.6. Kruskal-Wallis test

De Kruskal-Wallis test is een niet parametrische analoge van een 'één weg ANOVA'. Deze kan een onnauwkeurige schatting van de P-waarde opleveren wanneer de gegevens zeer verre van normaal verdeeld zijn. De Kruskal-Wallis test maakt geen assumptie over de normaliteit. Zoals de meeste niet parametrische testen, wordt het uitgevoerd op geranke data, zodat de meting observaties worden omgezet tot hun ranken in de totale data set (McDonald., 2008).

5. Resultaten

Na 16 opnamepunten onder de loep te nemen, werden in totaliteit +/- 53 soorten aangetroffen (zie tabel 1). Natuurgebieden waren het soortenrijkst gevolgd door industriegebieden en landbouwgebieden. Het soortenarmste type gebied was het urbane.

De verschillende opnamepunten bevonden zich in de volgende gemeenten of steden: Hasselt, Genk, Zonhoven, Diepenbeek, As en Stevoort (Hasselt). In totaal werden steeds van elke type gebied, vier locaties gekozen.

In de volgende paragrafen worden per opnamepunten de mogelijke verschillen besproken tussen de resultaten van dit onderzoek en dat van D. Van Den Broeck (2005-2006). Eerst worden vier natuurgebieden besproken, dan de landbouwgebieden, hierna de urbane gebieden en daarna de industriegebieden. Vermeldenswaardig is ook dat de gegevens over de zeldzaamheid of algemeenheid van de soorten gebaseerd zijn op de informatie van Nederlandse afkomst. België heeft nog geen gegevens beschikbaar hierover en ook geen rode lijst statussen.

Bij het eerste opnamepunt gelegen in het arboretum van Bokrijk (Genk) werden tijdens dit onderzoek vier soorten meer aangetroffen dan in de periode van 2005-2006. In het verleden werden er 23 soorten aangetroffen, in het heden 27. De volgende soorten werden in het verleden niet aangetroffen: *Ramalina farinacea*, *Physcia adscendens*, *Parmotrema chinense*, *Melanelia fuliginosa* en *Lecanora expallens*. De minder algemene soorten zoals *Chaenotheca ferruginea* en *Chaenotheca trichialis* waren in abundantie niet afgenomen.



Figuur 13: *Chaenotheca ferruginea* (Roestbruin schorssteeltje) een minder algemene soort. (Roestbruin schorssteeltje, *M. asperges*)

Het tweede gebied de Teut gelegen in Zonhoven werden er 8 soorten minder aangetroffen dan in het verleden. In het verleden werden er 28 soorten aangetroffen in het heden 20 soorten. De volgende soorten werden in het heden niet aangetroffen: *Buellia griseovirens*, *Candelaria concolor*, *Cladonia chlorophaea*, *Hypogymnia tubulosa*, *Hypotrachyna revoluta*, *Melanelia exasperatula*, *Melanelia fuliginosa*, *Parmelia saxatilis*, *Parmotrema chinense*, *Pseudevernia furfuracea*, *Trapeliopsis granulosa* en *Lecanora symmicta*. Soorten die in het verleden niet werden aangetroffen, maar wel in het heden waren: *Cladonia fimbriata* en *Lecanora carpinea*.

Het derde natuurgebied, bevond zich in Genk, genaamd de Maten. Als men de studie uit het verleden met het huidige onderzoek vergelijkt, bekomt men de volgende resultaten. Er werden vier soorten meer aangetroffen in dit onderzoek dan in het verleden. In het heden werden er 20 soorten aangetroffen, in het verleden 16 soorten. De volgende soorten waren niet aanwezig tijdens het onderzoek van D. Van Den Broeck: *Amandinea punctata*, *Arthonia spadicea*, *Candelaria concolor*, *Dimerella pineti*, *Lecanora barkmaniana*, *Parmotrema chinense*, *Xanthoria candelaria*, *Xanthoria parientina* en *Xanthoria polycarpa*. In het heden werden de volgende soorten niet aangetroffen, die wel voorkwamen in de vorige studie: *Hypotrachyna revoluta*, *Melanelia fuliginosa*, *Placynthiella icmalea* en *Cladonia spec.*

Het laatste en vierde natuurgebied bevond zich in het Geboortebos (Stationsstraat) in Diepenbeek. In vergelijking met het verleden werden er vier soorten minder aangetroffen. In het verleden werden er 15 soorten aangetroffen, in het heden 11 soorten. De volgende soorten werden niet aangetroffen tijdens dit onderzoek: *Lecanora conizaeoides*, *Parmotrema chinense*, *Punctelia jeckeri/ulophylla*, *Xanthoria candelaria*. Soorten die in het verleden niet werden aangetroffen waren: *Parmeliopsis ambigua*. Dit opnamepunt had ten op zichte van de drie andere natuurgebieden de armste epifytische licheneflora.

Bij het vijfde opnamepunt, een landbouwgebied gelegen in de gemeente Zonhoven op de Hasseltse beverzakstraat, werden 9 soorten minder aangetroffen dan in vergelijking met het verleden. Toen werden er 31 soorten aangetroffen, in het heden 22 soorten. De volgende soorten werden in het heden niet aangetroffen: *Cladonia coniacraea*, *Diploicia canescens*, *Flavoparmelia soledians*, *Hypotrachyna revoluta*, *Parmelia saxatilis*, *Parmotrema chinense*, *Physcia caesia*, *Physcia dubia*, *Punctelia jeckeri/ulophylla*, *Strangospora pinicola* en *Physcia clementei*. Soorten die niet aanwezig waren in verleden, maar wel in het heden zijn: *Candelaria concolor*, *Parmeliopsis ambigua* en *Punctelia borrii*.

Het tweede landbouwgebied, het zesde opnamepunt gelegen in Diepenbeek in de Kukkelbosstraat, werden zeven soorten minder aangetroffen dan in het verleden. In het verleden werden er 20 soorten aangetroffen, in het heden 13 soorten. De volgende soorten werden niet in het heden aangetroffen: *Candelaria concolor*, *Candelariella reflexa*, *Diploicia canescens*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Hypotrachyna revoluta*, *Parmelia sulcata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia stellaris*, *Xanthoria candelaria* en *Anisomeridium polypori*. Soorten die in het heden werden aangetroffen maar niet in het verleden waren: *Cladonia spec.*, *Lecanora chlorotera*, *Punctelia borrii* en *Parmotrema chinense*.

Het derde landbouwgebied gelegen in Hasselt, op de Ranonkelstraat, bestempeld als het zevende opnamepunt, werden drie soorten in totaal minder aangetroffen dan in het verleden. In het verleden werden er 18 soorten aangetroffen, in het heden 15. De volgende soorten werden niet in het heden aangetroffen: *Cladonia coniacraea*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora conizaeoides*, *Physcia caesia*, *Physcia dubia* en *Ramalina farinacea*. In het verleden werden de volgende soorten in vergelijking met het heden niet aangetroffen: *Lecanora chlorotera*.

Het achtste opnamepunt en vierde landbouwgebied, bevond zich in Stevoort (Hasselt). Vermeldenswaardig is dat dit een zeer soortenarm opnamepunt was in vergelijking met het verleden. In totaal werden er 9 soorten minder aangetroffen. Er werden 13 soorten in het verleden aangetroffen, tegenwoordig amper vier soorten. De volgende soorten werden nu niet aangetroffen: *Lecanora bakmaniana*, *Lecanora chlarotera*, *Lecanora conizaeoides*, *Melanelia subaurifera*, *Parmelia sulcata*, *Physcia adscendens*, *Physcia tenella*, *Punctelia subrudecta* en *Xanthoria parietina*. De soorten die aangetroffen werden in het heden waren ook aangetroffen in het verleden.

Het negende opnamepunt bevond zich in de bebouwde kom, in Genk, op de Hovenierslaan. In vergelijking met het verleden werden er vier soorten minder aangetroffen dan in het heden. De soorten die niet werden aangetroffen in het heden waren: *Evernia prunastri*, *Lecanora dispersa*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Placynthiella icmalea* en *Punctelia jeckeri/ulophylla*. *Strangospora pinicola* de microlicheen soort werd in het verleden niet aangetroffen.

Het tweede urbane gebied, het tiende opnamepunt, bevond zich in de gemeente As op de Steenweg. In totaal werden er tijdens dit onderzoek vier soorten meer aangetroffen dan in het verleden. In het verleden werden er 11 soorten aangetroffen in het heden 15. De soorten die in het verleden niet werden aangetroffen waren: *Candelaria concolor*, *Hyperphyscia adglutinata*, *Lecanora chlarotera*, *Lecanora symmicta*, *Melanelia subaurifera*, *Punctelia subrudecta* en *Punctelia jeckeri/ulophylla*. De soorten die niet werden aangetroffen in het heden maar wel in het verleden waren: *Phaeophyscia orbicularis*.

Het elfde opnamepunt, een urbaan gebied, bevond zich in de Passionistenstraat in Diepenbeek. In het heden werd er in totaal één soort minder aangetroffen dan in het verleden. In het verleden werden er acht soorten aangetroffen in het heden maar zeven soorten. De soorten die aangetroffen werden in verleden maar niet in heden waren: *Parmelia sulcata* en *Xanthoria parientina*. Soorten die niet in het verleden werden aangetroffen maar wel in het heden waren: *Physcia adscendens* en *Xanthoria polycarpa*.

Het laatste urbane gebied, het twaalfde opnamepunt, bevond zich in Hasselt, op de Maastrichtersteenweg. In totaal werden er zes soorten minder aangetroffen dan in het verleden. In het verleden werden er 19 soorten aangetroffen in het heden maar 13. De volgende soorten werden aangetroffen in het verleden maar niet in het heden: *Caloplaca holocarpa*, *Hypogymnia physodes*, *Lecanora dispersa*, *Parmelia sulcata*, *Physcia adscendens*, *Physcia caesia*, *Placynthiella icmalea* en *Caloplaca flavocitrina*. De soorten die in het heden werden aangetroffen maar niet in het verleden waren: *Candelariella reflexa* en *Flavoparmelia caperata*.

Het dertiende opnamepunt, een industriegebied, gelegen in Genk, op de Hengelhoefstraat, werden in totaal 18 soorten meer aangetroffen dan in het verleden. In het heden waren er 21 soorten aangetroffen, in het verleden maar drie soorten. De volgende soorten werden in het verleden niet aangetroffen: *Amandinea punctata*, *Candelaria concolor*, *Candelariella reflexa*, *Evernia prunastri*, *Flavoparmelia caperata*, *Lecanora carpinea*, *Lecanora dispersa*, *Lecanora expallens*, *Lecanora symmicta*, *Melanelia subaurifera*, *Parmelia sulcata*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Physcia adscendens*, *Punctelia borrieri*, *Punctelia subrudecta*, *Punctelia jeckeri/ulophylla*, *Ramalina farinacea*, *Xanthoria candelaria*, *Xanthoria parietina* en *Xanthoria polycarpa*. Soorten die in het verleden werden aangetroffen, maar niet in het heden waren: *Cladonia spec.* en *Lepraria incana*.

Bij het tweede industriegebied, gelegen in Zonhoven in de Langsteegstraat, werden in totaal vijf soorten minder aangetroffen dan in het verleden. In het heden werden er 22 soorten aangetroffen; in het verleden werden er 27 soorten aangetroffen. De soorten die wel in het

verleden werden aangetroffen, maar niet in het heden waren: *Bacidia adastrata*, *Cladonia chlorophaea*, *Cladonia macilenta*, *Lecanora conizaeoides*, *Lecanora saligna*, *Physcia caesia* en *Strangospora pinicola*. Soorten die in het heden werden aangetroffen, maar niet in het verleden waren: *Candelaria concolor*, *Hypogymnia tubulosa*, *Lecanora dispersa*, *Punctelia borrieri* en *Cladonia spec.*

Bij het vijftiende opnamepunt, het voorlaatste industriegebied, gelegen in Genk in de Koolhavenlaan, werden in totaal twee soorten minder aangetroffen dan in het verleden. In het verleden werden er 19 soorten aangetroffen. De soorten die in het verleden werden aangetroffen, maar niet in het heden waren: *Parmotrema chinense*, *Punctelia subrudecta* en *Xanthoria candelaria*. De soorten die in heden werden aangetroffen, maar niet in het verleden waren: *Candelaria concolor* en *Punctelia borrieri*.

Het laatste industriegebied en het zestiende opnamepunt bevond zich in het domein van de Grenslandhallen. In totaal werden er negen soorten meer aangetroffen dan in het verleden. Toen werden er 9 soorten aangetroffen, tegenwoordig 18 soorten. De soorten die in het heden werden aangetroffen maar niet in het verleden waren: *Candelaria concolor*, *Candelariella reflexa*, *Hypogymnia physodes*, *Lecanora dispersa*, *Lepraria incana*, *Physconia grisea*, *Punctelia borrieri*, *Punctelia subrudecta* en *Ramalina farinacea*. De soorten die in het verleden werden aangetroffen kwamen ook in het heden voor.

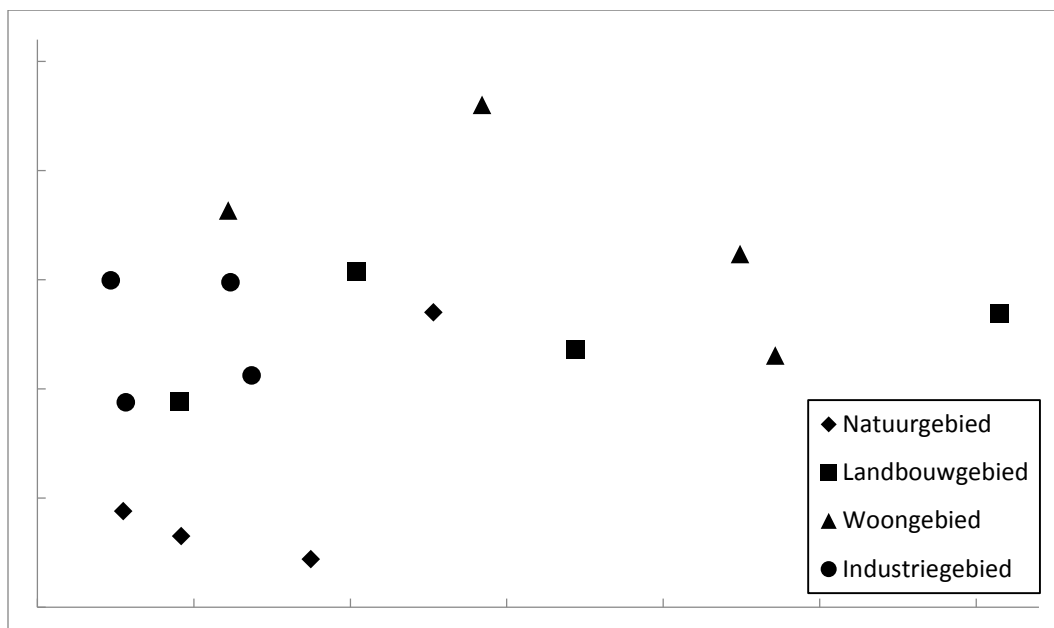
| Wet.Naam | Ned.Naam | Natuurgebied | Landbouwgebied | Bebouwde kom | Industriegebied |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------|----------------|--------------|-----------------|
| <i>Amandinea punctata</i> | Vliegenstrontjesmos | x | x | x | x |
| <i>Arthonia spadicea</i> | Inktspatkorst | x | | | |
| <i>Candelaria concolor</i> | Vals dooiermos | x | | | |
| <i>Candelariella reflexa</i> | Poedergeelkorst | x | x | x | x |
| <i>Candelariella vitellina</i> | Grove geelkorst | | | x | |
| <i>Chaenotheca ferruginea</i> | Roestbruin schorssteeltje | x | | | |
| <i>Chaenotheca trichialis</i> | Grijs schorssteeltje | x | | | |
| <i>Cladonia chlorophaea</i> | Fijn bekermos | x | | | |
| <i>Cladonia fimbriata</i> | Kopjes-bekermos | x | | | x |
| <i>Cladonia coniacraea</i> | Smal bekermos | x | | | |
| <i>Cladonia spec.</i> | / | x | | x | x |
| <i>Dimerella pineti</i> | Valse knoopjeskorst | x | | | |
| <i>Evernia prunastri</i> | Eikenmos | x | x | | x |
| <i>Flavoparmelia caperata</i> | Bosschildmos | x | x | x | x |
| <i>Flavoparmelia soredians</i> | Groen boomschildmos | x | | | |
| <i>Hyperphscia adglutinata</i> | Dun schaduwmos | | | x | |
| <i>Hypcenyomyce</i> | Gewoon schubjesmos | x | | | |
| <i>Hypogymnia physodes</i> | Gewoon schorsmos | x | x | x | x |
| <i>Hypogymnia tubulosa</i> | Witkopschorsmos | | | | x |
| <i>Lecanora bakmaniana</i> | Ammoniak schotelkorst | x | | | |
| <i>Lecanora carpinea</i> | Melige schotelkorst | x | x | x | |
| <i>Lecanora chlorotera</i> | Witte schotelkorst | x | x | x | |
| <i>Lecanora conizaeoides</i> | Zwavelvreter/groene schotelkorst | x | | x | x |
| <i>Lecanora dispersa</i> | Verborgen schotelkorst | | | | x |
| <i>Lecanora expallens</i> | Bleekgroene schotelkorst | x | x | x | x |
| <i>Lecanora muralis</i> | Muurschotelkorst | | x | x | |
| <i>Lecanora saligna</i> | Houtschotelkorst | | x | | |
| <i>Lecanora symmicta</i> | Bolle schotelkorst | | | x | x |
| <i>Lecidella elaochroma</i> | Gewoon purperschaaltje | | x | | |
| <i>Lepraria incana</i> | Gewone poederkorst | x | x | x | x |
| <i>Melanelixia subaurifera</i> | verstopt-schildmos | x | x | x | x |
| <i>Melanohalea laciniatula</i> | Lobjesschildmos | x | | | |
| <i>Parmelia saxatilis</i> | Blauwgrijs steenschildmos | x | | | |
| <i>Parmelia sulcata</i> | Gewoon schildmos | x | x | x | x |
| <i>Parmeliopsis ambigua</i> | avocadomos | x | x | | |
| <i>Parmotrema perlatum</i> | Groot schildmos | x | x | | x |
| <i>Phaeophyscia nigricans</i> | Klein schaduwmos | | | x | |
| <i>Phaeophyscia orbicularis</i> | Rond schaduwmos | | x | x | x |
| <i>Phlyctis argena</i> | Lichtvlekje | x | | | |
| <i>Physcia adscendens</i> | Kapjesvingermos | x | x | x | x |
| <i>Physcia caesia</i> | Stoeprandvingermos | | | | x |
| <i>Physcia tenella</i> | Heksenvingermos | x | x | x | x |
| <i>Physconia grisea</i> | Grauw rijpmos | | x | x | x |
| <i>Punctelia borrieri</i> | witstippelschildmos | | x | | x |
| <i>Punctelia jeckeri/ulophylla</i> | Rijpschildmos | x | x | x | x |
| <i>Punctelia subrudecta</i> | Gestippeld schildmos | x | x | x | x |
| <i>Ramalina farinacea</i> | Melig takmos | x | x | | x |
| <i>Strangospora pinicola</i> | Muggenstrontjesmos | | | x | |
| <i>Xanthoria candelaria</i> | Kroezig dooiermos | x | x | | x |
| <i>Xanthoria parietina</i> | Groot dooiermos | x | x | x | x |
| <i>Xanthoria polycarpa</i> | Klein dooiermos | x | x | x | x |
| Totaal aantal soorten | | 35 | 27 | 26 | 28 |

Tabel 3: Overzicht van de aangetroffen soorten + in welke gebieden ze werden aangetroffen + aantal soorten

| | AantalSoortenEU | NIW | AIW | Q-som | S | E | H | D |
|----------|-----------------|-------------|----------|------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Gebied1 | 19 | 3,166666667 | 7 | 61 | 29 | 0,974 | 3,28 | 0,9599 |
| Gebied2 | 6 | 1,777777778 | 2,222222 | 69 | 20 | 0,971 | 2,909 | 0,9421 |
| Gebied3 | 12 | 2,833333333 | 2,166667 | 40 | 20 | 0,966 | 2,894 | 0,941 |
| Gebied4 | 10 | 1,8 | 0,6 | 23 | 11 | 0,956 | 2,293 | 0,8935 |
| Gebied5 | 18 | 3,6 | 2,3 | 60 | 21 | 0,976 | 2,971 | 0,9461 |
| Gebied6 | 0 | 1,2 | 1,4 | 21 | 12 | 0,914 | 2,272 | 0,8839 |
| Gebied7 | 10 | 2,5 | 0,7 | 56 | 16 | 0,966 | 2,68 | 0,9259 |
| Gebied8 | 3 | 0,142857143 | 1,714286 | 5 | 4 | 0,882 | 1,223 | 0,6797 |
| Gebied9 | 0 | 0,9 | 2,6 | 21 | 9 | 0,962 | 2,114 | 0,8702 |
| Gebied10 | 2 | 2,3 | 0,4 | 37 | 15 | 0,979 | 2,652 | 0,9267 |
| Gebied11 | 3 | 0,7 | 0,7 | 7 | 7 | 0,938 | 1,826 | 0,8256 |
| Gebied12 | 8 | 2,1 | 0,3 | 35 | 13 | 0,941 | 2,414 | 0,8989 |
| Gebied13 | 14 | 4 | 0,3 | 49 | 20 | 0,952 | 2,853 | 0,9363 |
| Gebied14 | 20 | 4,1 | 2 | 55 | 23 | 0,977 | 3,064 | 0,9506 |
| Gebied15 | 12 | 3,666666667 | 0,833333 | 35 | 17 | 0,989 | 2,801 | 0,9371 |
| Gebied16 | 8 | 4,1 | 0,6 | 52 | 18 | 0,959 | 2,773 | 0,932 |
| | | | | Gemiddelde | 20 | 0,96675 | 2,844 | 0,934125 |
| | | | | Standaard error | 7,348469 | 0,00789 | 0,408421 | 0,028435 |
| | | | | | 13,25 | 0,9345 | 2,2865 | 0,8589 |
| | | | | | 7,182154 | 0,044313 | 0,764771 | 0,122244 |
| | | | | | 11 | 0,955 | 2,2515 | 0,88035 |
| | | | | | 3,651484 | 0,019235 | 0,359056 | 0,043178 |
| | | | | | 19,5 | 0,96925 | 2,87275 | 0,939 |
| | | | | | 2,645751 | 0,01686 | 0,131738 | 0,008051 |

Tabel 4: overzicht van het aantal soorten per gebied via de Europese methode, de NIW, AIW, De Q-som, het totaal aantal soorten (S) volgens de standaard methode, evenness index (E), de Shanon biodiversity index (H) en de Simpson index (D). Ook werden steeds de standaard error berekend en het gemiddelde voor alle vier typen gebieden. Gebied één tot en met vier = natuurgebied, gebied vijf tot en met acht = landbouwgebied, gebied acht tot en met 12 = bebouwde kom en 13 tot en met 16 = industriegebied.

Tabel drie biedt een overzicht van de verschillende veldgegevens die verwerkt werden en waarop berekening werden uitgevoerd. Voor elk gebied werden de gemiddelden berekend voor de soorten, de evenness index, de Shanon biodiversity index en de Simpson index. De evenness index werden berekend aan de hand van de variabelen verzameld door middel van de standaard methode (van boomvoet tot een hoogte van twee meter). Dit geldt ook voor de Simpson en Shanon index. Gemiddeld werden er 20 soorten gevonden voor de vier natuurgebieden, de standaard error voor de natuurgebieden is 7,35. Voor de vier landbouwgebieden werden er gemiddeld 13, 25 of afgerond 13 soorten aangetroffen. De standaarddeviatie is afgerond 7,2. Het gemiddelde voor de industriegebieden was 11 soorten. Met een standaarddeviatie van 3,7 of afgerond 4. De industriegebieden werden er gemiddeld 19,5 of afgerond 20 soorten aangetroffen met een standaarddeviatie van 2,64.

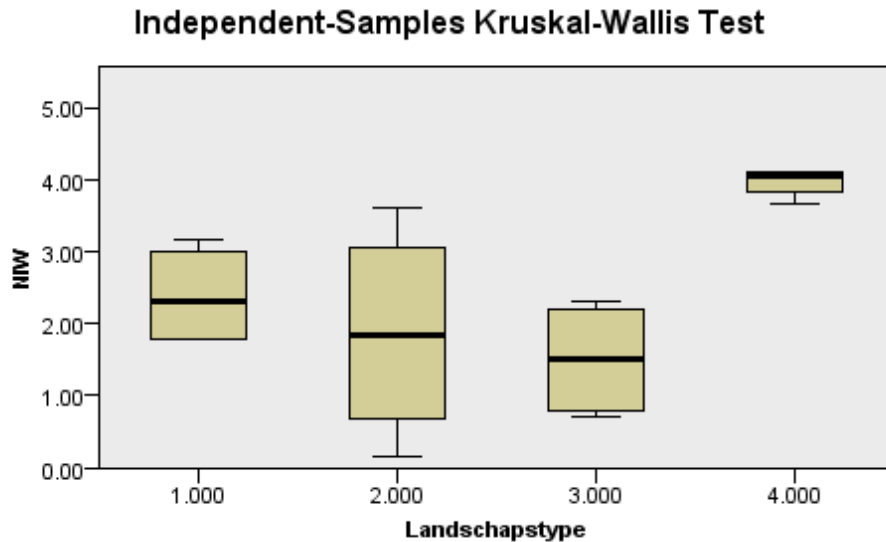


Figuur 14: : NMS ordinatiediagram gebaseerd op de soortensamenstelling van lichenen in 16 onderzochte gebieden.

Uit de ecologische, niet parametrische data - analyse kwamen de volgende resultaten voort. Het NMS ordinatiediagram geeft op zijn twee assen verschillende informatie over de correlatie (samenhang) tussen verschillende gegevens weer. As één is onder andere positief gecorreleerd met de afstand tot industriegebied. Hoe meer naar rechts op de X-as, hoe verder van het industriegebied. Ook is de X-as negatief gecorreleerd met de volgende gegevens: het aantal soorten, de NIW, Q-som, de evenness, de Shannon biodiversiteitindex en de Simpson's index. Dus hoe meer naar rechts hoe minder soorten. Natuur- en industriegebieden bevatten het meeste aantal soorten. Hoe meer men naar rechts gaat, hoe meer men opmerkt dat de typen gebieden zoals: landbouw- en woongebieden minder soorten bevatten. De NIW daalt naarmate men meer naar rechts gaat op de X-as. Het ordinatiediagram geeft weer dat er een hogere NIW is bij de industrie- en natuurgebieden dan in vergelijking met de landbouwgebieden. Dit bleek ook voort te vloeien uit de 'Kruskal-Wallis' test. De NIW is significant hoger in industriegebieden zie figuur 5, de boxplots. De Q- som daarentegen vertoont een normaal verloop op het ordinatiediagram. De soorten die gevoeliger zijn voor zwaveldioxide komen talrijker voor in natuurgebieden dan in de bebouwde kom.

De evenness is ook hoger in de natuurgebieden dan in de bebouwde kom. De Shannon biodiversiteitsindex toont ook aan dat in natuurgebieden de diversiteit van soorten hoger is. De Simpson's index op de X-as geeft aan dat de globale biodiversiteit in natuurgebieden hoger is dan in vergelijking met de andere typen gebieden.

De Y-as is negatief gecorreleerd met de volgende variabelen: de AIW, de Q-som, afstand tot bebouwde kom, evenness en de Shanon en Simpson's diversiteit. De acidofiele indicatiewaarde is in natuurgebieden veel hoger dan in de resterende gebieden. Dit geldt ook voor de Q-som en de evenness en de biodiversiteit indices. Hoe hoger in de Y-as, hoe verder van het natuurgebied.



Figuur 5: box-plot, resultaten van de Kruskal-Wallis Test (1.000 = natuurgebied, 2.000 = landbouwgebied, 3.000 = bebouwde kom, 4.000 = industriegebied)

Bij het overzicht van de hypothesen kon men stellen dat er enkel een verschil is in NIW tussen de vier landschapstypen. De nulhypothese wordt dus verworpen, wat aangeeft dat er een verschil is. Dit geldt ook voor de afstanden tussen de individuele gebieden ten opzichte van de andere soorten gebieden. De volgende hypothesen testten gaven aan dat de hypothesen steeds klopten doordat de nulhypothese niet werd verworpen namelijk: De distributie van de AIW is voor alle landschapstypen hetzelfde, de distributie van de Q-som is voor alle landschapstypen hetzelfde, de distributie van het aantal soorten is hetzelfde voor de verschillende landschapstypen en ook voor de evenness en de Shanon index.

6. Discussie

Uit de statistische analyse van de veldgegevens kon men verschillende significante zaken afleiden. Er vloeiden echter ook enkele onverwachte/afwijkende resultaten naar voren.

Opmerkelijk is het feit dat er geen significant verschil is tussen de soortenrijkdom tussen de vier landschapstypen. Terwijl er uit tabel 1 en de ordinatiediagram wel werkelijk een verschil is tussen de soortenrijkdom van de vier verschillende typen gebieden. Een mogelijke hypothese is dat sommige locaties een vertekend beeld gaven of een gebrek aan soorten wegens omgevingsinvloeden. Eén van de opnamepunten van het landschapstype bebouwde kom, was gelegen bij een buxusveld. Het staat bekend dat Buxus regelmatig wordt behandeld met fungiciden, wat uiteraard zeer nefast is voor de nabij gelegen epifytische licheneflora. Ook opnamepunten in landbouwgebieden die langs drukke wegen lagen konden een vertekend beeld geven. De combinatie van de luchtpolluenten zwaveldioxide en ammoniak, die uitgestoten worden, in een kleine oppervlakte, kan ook een combinatie geven van verschillende soorten. Soorten die floreren in gebieden met hogere SO₂ concentraties komen op in gebieden waar oorspronkelijk meer nitrofyten aanwezig zijn. De korstmossengemeenschappen per boom vertonen dan ook een mengeling van gemeenschappen. Hierdoor kan dit in de statistische verwerking een vertekend beeld hebben gegeven waardoor de significantie niet werd behaald. Dit vertekend beeld had misschien kunnen worden weggewerkt door meer gebieden onder de loep te nemen, als er meer tijd ter beschikking was.

De abiotiek was verschillend naargelang het type gebied wat dus aangaf dat de gebieden goed waren afgebakend.

Ook was de NIW significant hoger in industriegebieden in vergelijking met de andere typen gebieden. Dit is verwonderlijk omwille van het feit dat doorgaans de NIW hoger zou moeten zijn in landbouwgebieden of gebieden waar er een grote uitstoot is van ammoniak (NH₃), een stikstofcomponent. Uit de literatuurstudie bleek wel dat tegenwoordig ook katalysatoren van voertuigen steeds meer en meer de stof ammoniak uitstoten. Doorgaans bevonden deze opnamepunten zich in drukke industriegebieden. Een hogere NIW in dit type gebied in vergelijking met het typische 'nitrofytenrijke' landbouwgebied kan hierdoor dus worden verklaard.

In vergelijking met het verleden (D. Van Den Broeck, 2005-2006) en de resultaten van dit huidige onderzoek kan men ook trends waarnemen. In de volgende paragrafen bespreekt men per 4 locaties van hetzelfde typen de trends.

In het eerste opnamepunt is er één nitrofytische soort bijgekomen die in het verleden niet aanwezig was, namelijk '*Physcia adscendens*'.

In het tweede opnamepunt was het opmerkelijk dat de soort '*Candelaria concolor*' die floreert bij eutrofiëring, verdwenen was uit het opnamepunt. Ook waren er twee Q-soorten verdwenen uit het gebied, namelijk: *Parmelia saxatilis* en *Pseudovernia furfuracea*.

In het derde opnamepunt, ook een natuurgebied, bleek dat er verschillende nitrofyten of soorten die floreren bij eutrofiëring waren opgedoken in vergelijking met het verleden. Soorten zoals: *Candelaria concolor*, *Xanthoria candelaria*, *Xanthoria parietina* en *Xanthoria polycarpa*. Ook was er één Q-soort die in het verleden niet aanwezig was namelijk: *Amandinea punctata*.

Het laatste en vierde natuurgebied, dat opmerkelijk extreem een arme epifytische lichenflora had in vergelijking met de andere natuurgebieden viel het op dat er één nitrofyt verdwenen was uit dit gebied, 'Xanthora candelaria'. De SO₂ tolerante licheen, genaamd 'Lecanora conizaeoides' of in het Nederlands ook wel de zwavelvreter genoemd, werd niet meer aangetroffen in dit gebied.

Bij het vijfde opnamepunt, één van de eerste landbouwgebieden, waren verschillende soorten nitrofyten uit het verleden niet aangetroffen, waaronder: *Physcia caesia*, *Physcia dubia* en *Physcia clementei*. Ook was er één Q-soort verdwenen namelijk 'Parmelia saxitilis'. Opmerkelijk was wel dat de soort 'Candelaria concolor' aangetroffen werd. Een verschuiving in de soortensamenstelling is merkbaar, maar het is wel opvallend dat de drie nitrofyten niet opgemerkt werden en er één extra nitrofyt te vinden was. De Q-soort is vermoedelijk verdwenen door de toenemende SO₂-gehalten. Dit landbouwgebied bevond zich gedeeltelijk in de bebouwde kom.

Bij het zesde opnamepunt werden verschillende nitrofyten niet meer aangetroffen in tegenstelling tot het verleden. Waaronder: *Candelaria concolor*, *Candelariella reflexa*, *Physcia stellaris* en *Xanthoria candelaria*. Dat er minder stikstofcomponenten worden uitgestoten is een mogelijk hypothese.

In het zevende opnamepunt werden twee nitrofyten niet meer aangetroffen waaronder: *Physcia caesia* en *Physcia dubia*. Ook werd er één Q-soort niet meer aangetroffen namelijk 'Ramalina farinacea'. Opmerkelijk was ook dat de zogenaamde zwavelvreter 'Lecanora conizaeoides' niet meer aangetroffen werd. Men kan stellen dat dit eigenaardig is. Twee nitrofyten werden niet aangetroffen en één Q-soort. Soorten die gevoelig zijn voor zwaveldioxide verdwijnen maar de typische indicator van hoge SO₂-gehalten werd niet aangetroffen.

Bij het achtste opnamepunt was er duidelijk te zien dat er een verminderde ammoniakuitstoot was aan de epifytische soortensamenstelling. Soorten die goed gedijen in stikstofrijke situaties werden niet aangetroffen: Soorten zoals: *Lecanora barkmaniana*, *Physcia adscendens*, *Physcia tenella* en *Xanthoria parietina*. Andere randinvloeden kunnen wel een rol hebben gespeeld op deze soortensamenstelling. Opmerkelijk was dat dit het armste soortensamenstelling had van alle landbouwgebieden. Ook was er één Q-soort verdwenen en de SO₂ tolerante 'Lecanora conizaeoides'.

Het negende opnamepunt, bevond zich in de bebouwde kom. *Lecanora dispersa* werd niet aangetroffen in het heden. Deze soort gedijt relatief goed in ammoniakrijke omstandigheden. Opmerkelijk was wel dat het microlicheen 'Strangospora pinicola' niet in het verleden werd aangetroffen. Een mogelijke hypothese is dat deze soort beginnen te floreren de laatste jaren door het intensieve (openbare) verkeer dat op deze straat regelmatig langs reed. Dit microlicheen floreert in gebieden met hoge SO₂ gehalten. Dit opnamepunt was relatief arm ten opzichte van de andere urbane gebieden.

Bij het tiende opnamepunt was er een toename van nitrofyten. De soort 'Candelaria concolor' werd er veelvuldig aangetroffen. Ondanks dat dit opnamepunt zich in de wegberm bevond naast een drukke weg, was dit het opvallendste verschil met het verleden. De katalysatoren van voertuigen stoten blijkbaar voldoende ammoniak uit om deze soort te doen floreren.

Bij het elfde opnamepunt werden in het verleden twee soorten aangetroffen bestaande uit een Q-soort (*Parmelia sulcata*) en een nitrofyt (*Xanthoria parietina*). Deze soorten werden niet in het heden aangetroffen maar werden vervangen door twee nitrofyten namelijk: *Physcia adscendens*

en *Xanthoria polycarpa*. Een mogelijke hypothese kan zijn dat de combinatie van de uitstoot van zwaveldioxide en ammoniak door de voertuigen gestegen is in vergelijking met het verleden. De Q-soort verdween en ammoniakminnende soorten namen toe.

Bij het laatste urbane gebied, het twaalfde opnamepunt kon men de volgende trend opmerken namelijk dat er verschillende nitrofyten waaronder: *Caloplaca holocarpa*, *Lecanora dispersa*, *Physcia adscendens* en *Physcia caesia* niet werden aangetroffen maar wel de nitrofyt '*Candelariella reflexa*'.

Bij het eerste industriegebied, het dertiende opnamepunt werden verschillende soorten aangetroffen die in het verleden niet voorkwamen of werden opgemerkt. Opmerkelijk was dat er verschillende nitrofyten in de lichenensoortensamenstelling voorkwamen. Namelijk : *Candelaria concolor*, *Candelariella reflexa*, *Lecanora dispersa*, *Physcia adscendens*, *Xanthoria candelaria*, *Xanthoria parietina* en *Xanthoria polycarpa*. Ook werden er drie Q-soorten aangetroffen. Namelijk: *Amandinea punctata*, *Evernia prunastri* en *Parmelia sulcata*.

Bij het veertiende opnamepunt werden drie zwaveldioxideminnende soorten en één nitrofyt niet waargenomen die wel in het verleden werden aangetroffen, waaronder: *Lecanora conizaeoides*, *Lecanora saligna*, *Strangospora pinicola* en *Physcia caesia*. Een verbetering is merkbaar doordat de er een Q-soort waargenomen werd. Maar er zijn wel twee nieuwe nitrofyten verschenen.

Bij het voorlaatste industriegebied, het vijftiende opnamepunt werden de nitrofyt en ook een Q-soort '*Xanthoria parietina*' niet aangetroffen in vergelijking met het verleden. De soort '*Candelaria concolor*' een nitrofyt werd in het heden wel aangetroffen.

And last but not least, het zestiende opnamepunt. In dit domein van de Grenslandhallen werden er drie nitrofyten aangetroffen die in het verleden niet voorkwamen namelijk: *Candelaria concolor*, *Candelariella reflexa* en *Lecanora dispersa*. Ook werden er twee Q-soorten aangetroffen waaronder: *Hypogymnia physodes* en *Ramalina farinacea*.

7. Besluit

Na verschillende maanden de licheneflora van Midden-Limburg onder de loep te nemen, te werken aan een literatuurstudie, etc... kan men stellen dat het besluit, van dit wetenschappelijke rapport, bestaat uit meerdere delen.

Uit de statistische analyse bleek dat er geen significant verschil was in soortenrijkdom tussen de vier verschillende typen gebieden. Uit het ordinatiediagram en tabel 1 daarentegen bleek er wel een duidelijk verschil te zijn tussen de verschillende landschapstypen en hun lichenensamenstellingen. Mogelijke oorzaken die dit fenomeen konden veroorzaken werden in het hoofdstuk discussie uitgebreid besproken.

Uit het veldwerk bleek dat lichenen snel reageren op hun milieu. Soorten die floreren op locaties waar zwaveldioxide concentraties erg hoog waren, door het lokale verkeer, waren talrijk aanwezig. Maar ook zoals in de discussie werd aangehaald, kwamen in nitrofytische gemeenschappen ook zwaveldioxideminnende soorten voor waar omgevingsinvloeden afweken van de standaard omgevingsinvloeden (Denk maar aan landbouwgebieden waar de ammoniak-uitstoot erg talrijk is in combinatie met drukke wegen). Uit de literatuurstudie bleek ook dat katalysatoren van voertuigen tegenwoordig steeds meer en meer ammoniak uitstoten. De mengelingen in de soortensamenstellingen kunnen hierdoor worden verklaard. Strenger selecteren bij het uitkiezen van opnamepunten kan dus een meerwaarde bieden in de toekomst om deze mengelingen van randinvloeden uit te sluiten.

Anderzijds kan men wel stellen dat hun indicatorwaarde nog steeds erg hoog is. Aan de hand van deze voorbeelden kan men zien dat lichenen, zelfs in situaties met verschillende randinvloeden, een beeld kunnen schetsen van het lokale milieu.

Trends in de korstmossengemeenschappen werden ook opgemerkt. Sommige locaties waren in de afgelopen jaren weinig of niets veranderd, terwijl andere locaties duidelijke verschillen vertoonden in vergelijking met het veldwerk uitgevoerd door D. Van Den broeck in 2005-2006. De microlicheen, *Strangospora pinicola*, werd aangetroffen in een relatief arm opnamepunt. Vermeldenswaardig is dat deze soort het goed doet in SO₂ rijke gebieden; dit te danken aan het lokale, zeer drukke verkeer. Ook werd opgemerkt dat de invloed van katalysatoren uit voertuigen een grotere rol spelen dan eerst gedacht werd. Dit werd waargenomen in industriegebieden. Wat ook in het hoofdstuk 'resultaten' en 'discussie' naar voren kwam, was dat er vaak langs drukke wegen of in de buurt van deze wegen een enorme toename was aan nitrofyten. De NIW was ook significant hoger in industriegebieden. Oorspronkelijk zou men kunnen stellen dat er een armere epifytische licheneflora zou heersen in deze op het eerste zicht vermoedelijk SO₂ rijke gebieden. Maar wat men opmerkt, is dat ammoniakvervuiling steeds meer en meer toeneemt. Soorten die floreren bij schorseutrofiëring komen steeds meer en meer voor. Terwijl de invloeden van hogere SO₂ concentraties soms merkbaar zijn door indicatorsoorten in opnamepunten met een extreem druk verkeer zich afspeelt. Globaal gezien kan men stellen dat ammoniakvervuiling steeds meer en meer toeneemt in Midden- Limburg. En dit niet persé door de landbouwsector, maar door de uitstoot van voertuigen. De bebouwde kom scoorde minder op NIW maar dit kan het gevolg zijn van de grotere hoeveelheden SO₂ die in deze gebieden voorkomen of andere randinvloeden zoals pesticiden die onze bio-indicatoren op voorhand al teniet doen.

8. Literatuurlijst

ANDRÉ APTROOT, K. V. H. 2004. *Veldgids: korstmossen*, Utrecht, KNNV.

ANONYMOUS. 2014. *MRPP (Multi-response Permutation Procedures) and related techniques* [Online]. Available: <http://www.umass.edu/landeco/teaching/multivariate/readings/McCune.and.Grace.2002.chapte24.pdf>.

ASPERGES, M. 1986. *Beschrijving en determinatietabel van de "Roodbekermossen" Cladonia sp., groep Cocciferae in België*, Natura Limburg.

BUNGARTZ, F. 2001. *Analysis of Lichen Substances* [Online]. Available: http://nhc.asu.edu/lherbarium/lichen_info/tlc.php.

DOBSON, F. S. 2011. *Lichens, an illustrated guide to the British and Irish species*, P.O. Box 963, Slough, SL 3RS, England, The Richmond publishing Co. Ltd.

DRIES VAN DEN BROECK, T. P., MARC HERREMANS, WOUTER VANREUSEL, GOEDELE VERBEYLEN 2006. Monitoring van ammoniak en zwaveldioxide met korstmossen in Limburg. Natuurpunt.

DRIES VAN DEN BROECK, T. P., MARC HERREMANS, WOUTER VANREUSEL, PIETER VAN DORSSELAER 2007. Monitoring van ammoniak en zwaveldioxide met korstmossen in Vlaams-Brabant. Natuurpunt.

HERK, C. M. V. 2011. Monitoring van korstmossen in Drenthe.

J. ASTA, W. E., M. FERRENTI, F. FORNASIER, U.KIRSCHBAUM, P. L. NIMIS, O.W. PURVIS, S. PIRINTSOS, C. SCHEIDEGGER, C. HALUWYN, V. WIRTH 2003. European guideline for mapping lichen diversity as an indicator of environmental stress.

MCDONALD., J. H. 2008. *Handbook of biological statistics, Spearman rank correlation* [Online]. Available: <http://udel.edu/~mcdonald/statspearman.html>.

O.W. PURVIS, B. J. C., D. L. HAWKSWORTH, P. W. JAMES, D. M. MOORE 1992. *The lichen flora of Great Britain and Ireland*, Cromwell road London SW7 5BD, Natural History Museum Publications.

OVERLOOP S., B. M., CLAEYS D., D'HOOGHE J., ELSEN A., EPPINGER R., WUSTENBERGHS H. 2011. Milieureport Vlaanderen, achtergronddocument, Thema vermessing

VMM 2012. Verzurende en vermestende luchtverontreiniging in Vlaanderen.

VMM. 2014. *Zwaveldioxide* [Online]. Available: <http://www.vmm.be/lucht/luchtvervuilende-stoffen/zwaveldioxiden>.

WHELAN, P. 2011. *Lichens of Ireland*, West link park, doughcloyne, Wilton, Cork.

9. Figurenlijst

| | |
|--|----|
| Figuur 1: Overzicht van de verschillende groeivormen van korstmossen. (v.l.n.r.) struikvormig (baardmos, M. Asperges), korstvormig (Witte schotelkorst, L. Vanloffelt), bladvormig (groot schildmos, M. Asperges) en podetiën en grondschubben (bekermos, M. Asperges), subvormig (Gewoon schubjesmos, J. van Asselt, http://www.nederlandsesoorten.nl/linnaeus_ng/app/views/species/nsr_taxon.php?id=130320&cat=names&epi=1)..... | 9 |
| Figuur 2: Overzicht van de opdeling van Limburg (België) (http://www.ersvlimburg.be/upload/40157148/downloads/streekfoto_midden-limburg_2012.pdf)..... | 12 |
| Figuur 3: Overzicht van de verschillende luchtpolluenten die er voorkomen, de bijhorende reacties die ze ondergaan, etc... . (VMM, 2012)..... | 13 |
| Figuur 4: grote <i>Parmotrema perlatum</i> | 16 |
| Figuur 5: relatief grote <i>Usnea spec.</i> | 16 |
| Figuur 6: lichen candelaris lichtloep (Erich Zimmermann, 2014)..... | 18 |
| Figuur 7: symbolen (veiligheidsinformatie) | 20 |
| Figuur 8: <i>Xanthoria spec.</i> dat reageert met KOH. (rode reactie, M. Asperges) | 20 |
| Figuur 9: symbolen (veiligheidsinformatie over para-fenyleendiamine)..... | 21 |
| Figuur 10: symbolen (veiligheidsinformatie over calciumhypochloriet) | 21 |
| Figuur 11: schematisch voorbeeld van de Europese methode (J. Asta, 2003) | 25 |
| Figuur 12: voorbeeld van het raster (Raster, M. Asperges) | 26 |
| Figuur 13: <i>Chaenotheca ferruginea</i> (Roestbruin schorssteeltje) een minder algemene soort. (Roestbruin schorssteeltje, M. asperges)..... | 33 |
| Figuur 14: : NMS ordinatiediagram gebaseerd op de soortensamenstelling van lichenen in 16 onderzochte gebieden. | 39 |

10. Tabellenlijst

| | |
|---|----|
| Tabel 1: overzicht geïnventariseerde lichenen op de azalea's | 16 |
| Tabel 2: overzicht aangetroffen soorten op Magnolia's..... | 17 |
| Tabel 3: Overzicht van de aangetroffen soorten + in welke gebieden ze werden aangetroffen + aantal soorten | 37 |
| Tabel 4: overzicht van het aantal soorten per gebied via de Europese methode, de NIW, AIW, De Q-som, het totaal aantal soorten (S) volgens de standaard methode, evenness index (E), de Shanon biodiversity index (H) en de Simpson index (D). Ook werden steeds de standaard error berekend en het gemiddelde voor alle vier typen gebieden. Gebied één tot en met vier = natuurgebied, gebied vijf tot en met acht = landbouwgebied, gebied acht tot en met 12 = bebouwde kom en 13 tot en met 16 = industriegebied. | 38 |