



Tauw



Vergelijking indices voor monitoring en inventarisatie biodiversiteit op areaal Rijkswaterstaat

20 februari 2019



Verantwoording

Titel	Vergelijking indices voor monitoring en inventarisatie biodiversiteit op areaal Rijkswaterstaat
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat
Projectleider en tweede lezer	Michiel Wilhelm
Auteur(s)	Martin van Oosterhout, Dirk van der Est
Projectnummer	1265442
Aantal pagina's	44
Datum	20 februari 2019
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

[Citeren als:](#)

Uit deze rapportage mag geciteerd worden onder vermelding van onderstaande referentie. Voor het gebruik van foto's vragen wij u vooraf toestemming te vragen.

Oosterhout, M.F. van & Est, D. van, 2018. Vergelijking indices voor monitoring en inventarisatie biodiversiteit op areaal Rijkswaterstaat. In opdracht van Rijkswaterstaat. Tauw rapportage met kenmerk R001-1265442MFO-V01.

Colofon

Tauw bv
Australiëlaan 5
Postbus 3015
3502 GA Utrecht
T +31 30 28 24 824
E info.utrecht@tauw.com



Inhoud

1	Inleiding	5
1.1	Inleiding.....	5
1.2	Plan van aanpak second opinion	5
2	Data vergaring en transformaties	8
2.1	Beschrijving datasets	8
2.2	Gebruik datasets	8
2.3	Braun-Blanquet naar bedekkingspercentages	8
2.4	Bedekkingsaandeel.....	11
3	Berekening flora-indices	12
3.1	Species richness	12
3.2	Shannon en Simpson index	13
3.3	Aantal bedreigde, beschermde en zeldzame soorten.....	16
3.4	Verruiging, ruderaliteit en bloemrijkdom.....	18
3.5	Biodiversiteitsindicator flora	21
3.6	Index Florakwaliteit	24
4	Onderlinge statistische vergelijkingen	28
4.1	Werkwijze	28
4.2	Correlaties tussen indices	28
4.3	Lineaire regressies van indices.....	31
4.4	Bruikbaarheid en geschiktheid van indices	33
4.4.1	Beheermethode.....	33
4.4.2	Fysisch geografische regio	34
4.4.3	Begroeiingstypen	35
4.4.4	Constateringen.....	36
5	Advies gebruik indices.....	38
5.1	Algemeen	38
5.2	Vergelijking indices	38
5.3	Advies gebruik.....	41
5.4	Toekomstige monitoring indices.....	41
6	Referentielijst flora.....	42



6.1	Beheertypen SNL.....	42
6.2	Uitbreiding indicerende soorten	42
7	Literatuur	44
Bijlage 1	SNL indicatorsoorten	
Bijlage 2	Rode Lijst soorten binnen de datasets	



1 Inleiding

1.1 Inleiding

Rijkswaterstaat (hierna RWS) heeft als doel in Europees verband het verlies aan biodiversiteit en de aantasting van ecosysteemdiensten te stoppen. Om dit doel te bereiken streeft Rijkswaterstaat naar een beheer van zijn terreinen waarbij sprake is van *no net loss* en een biodiversiteitstoename van 15% ten opzichte van 2010. Om dit te bereiken is inzicht in de huidige biodiversiteit noodzakelijk.

RWS streeft naar het ontwikkelen van een methodiek voor het bepalen van de biodiversiteit in het droge areaal van de drie netwerken: hoofdwegennet, hoofdvaarwegennet en hoofdwatersysteem (uiterwaarden). Voor het meten van de floristische kwaliteit van bermflora langs het hoofdwegennet heeft RWS sinds 1999 het Meetnet Bermflora opgezet. Het doel is onder meer om de effecten van beheer op de ontwikkeling van (de kwaliteit van) bermvegetaties in beeld te brengen (Boddeke *et al.* 2016). De resultaten uit dit meetnet bermflora zijn nuttig voor het berekenen van indicatoren om uitspraken te doen over biodiversiteit van flora langs het netwerk van rijkswegen. In het vervolg van dit rapport wordt dit “Meetnet Bermflora” genoemd.

Het gaat echter ook om het hoofdvaarwegennet en hoofdwatersysteem. Daarom wil RWS een uitbreiding realiseren van het meetnet bermflora. Royal HaskoningDHV (hierna RHDHV) heeft daarom in 2017 in uiterwaarden en oeverzones een nulmeting van de biodiversiteit uitgevoerd. De resultaten van dit pilotproject zijn inmiddels beschikbaar (Possen *et al.*, 2017) en onder meer gericht op het ontwikkelen van een betrouwbare meetlat voor de biodiversiteit (van flora en fauna). In het vervolg van dit rapport wordt dit meetnet “Nulmeting” genoemd.

De beschikbare data van de meetnetten (in wording) zijn zeer waardevol voor het vaststellen en monitoren van biodiversiteit. Voordat deze dataset bruikbaar is, dient RWS vast te stellen hoe de biodiversiteit bepaald wordt op zijn eigen areaal. Flora-indices helpen om de biodiversiteit te kwantificeren. De indices kunnen ook aan de basis staan van keuzes betreffende inrichting en beheer. Tot slot onderzoekt RWS op welke wijze de toe- of afname van biodiversiteit ten opzichte van 2010 het beste inzichtelijk wordt.

1.2 Plan van aanpak second opinion

Rijkswaterstaat heeft Bureau Waardenburg en RHDHV gevraagd om aan de hand van indices een waarde te geven aan biodiversiteit aan de hand van de verzamelde data. De genoemde bureaus hebben deze data geleverd. Daarbij heeft RWS Tauw gevraagd om een “second opinion” uit te voeren over deze berekende indices. Het doel van dit onderzoek is een advies te vormen welke indice(s) het best biodiversiteit beschrijven voor het doel van Rijkswaterstaat. Dit onderzoek is specifiek gericht op flora.



Het gaat om de volgende flora-indices:

- # soorten (= species richness) (Meetnet Bermflora)
- Shannon index (Meetnet Bermflora)
- Simpson index (Meetnet Bermflora)
- # beschermde, bedreigde en zeldzame soorten (Meetnet Bermflora)
- Ruderaliteit (Meetnet Bermflora)
- Verruiging (Meetnet Bermflora)
- Bloemrijkdom (Meetnet Bermflora)
- Index standplaats op basis ecotopen Runhaar (RHDHV)
- Index Florakwaliteit (RHDHV).

Buwa en RHDHV hebben voor hun dataset elk een aantal flora-indices berekend, maar niet alle hierboven genoemde flora-indices. Tauw heeft daarom verschillende flora-indices op basis van dataset PQs nulmeting methodiek (RHDHV), en de dataset 2017 PQs Meetnet Bermflora (BuWa) berekend (zie hoofdstuk 3). Vooraf is de beschikbare dataset goed bekeken op de bruikbaarheid van de onderliggende waarden.

De index natuurbehoudswaarde is wel berekend door Boddeke *et al.*, (2016), maar niet meegenomen in dit onderzoek. De herkomst en de rekenmethode van de index natuurbehoudswaarde blijkt erg lastig te herleiden. Omdat hierdoor niet goed duidelijk te maken is waar de index zich op baseert, is deze nog voor de start van dit onderzoek afgevallen als bruikbare indicator voor Rijkswaterstaat.

Bij veel van de indices bleek dat de rekenmethode van Bureau Waardenburg en Royal HaskoningBHV duidelijk herleidbaar en kon deze 1:1 worden herhaald voor de andere dataset. In enkele gevallen bleken beide bureaus bij de berekening van dezelfde index andere uitgangspunten te hebben gehanteerd. Tauw heeft in dat geval een eigen gefundeerde keus gemaakt over een te hanteren uitgangspunt voor de berekening. Ook is Tauw bij enkele flora-indices afgeweken van de berekeningen van andere bureaus. De argumentatie ervoor is helder terug te vinden als toelichting van de berekende indices (zie hoofdstuk 2 en 3).

Na berekening van de flora-indices heeft Tauw de berekende indicatoren onderling vergeleken, middels statistische analyses (zie hiervoor hoofdstuk 4). De meeste zeggingskracht wordt bepaald door de flora-indices te relateren aan floristische kwaliteit en natuurwaarde in combinatie met het beheer. Deze analyses gebeuren aan de hand van beschrijvende en toelichtende statistiek zoals met correlatieanalyse en boxplots. Uit deze analyse komt de flora-index (of enkele indices) met de meeste zeggingskracht naar voren. Van deze indices is de bruikbaarheid voor toepassing in RWS netwerken besproken (zie hoofdstuk 5).

Om in hoofdstuk 5 tot een advies te komen, zijn de indices vergeleken op bruikbaarheid aan de hand van vier criteria. Als eerste wordt gescoord hoe eenvoudig de indices te berekenen en te begrijpen zijn.



Vervolgens wordt geëvalueerd of de indices de verdeling van data goed beschrijven. Ook de robuustheid van de indices telt mee, net als de mate waarin zij gerelateerd zijn met de andere indices.

In hoofdstuk 6 volgt een advies voor een referentielijst flora voor RWS areaal, uitgesplitst naar Fysisch Geografische Regio en begroeiingstype. Tot slot volgt in hoofdstuk 7 nog een beschouwing over de toepasbaarheid en haalbaarheid van de indicatoren op de volgende punten:

- Opzetten van methodiek (vaststellen hoe de indicator(en)/parameter(s) moet worden gebruikt bij toekomstige monitoring
- Benodigde inzet/capaciteit veldwerk
- Bepalen kosten uitvoeren veldwerk



2 Data vergaring en transformaties

De data gebruikt in dit onderzoek zijn afkomstig van de laatste meetronde van het Meetnet Bermflora (2012-2015) en de Nulmeting biodiversiteit (2017). Dit hoofdstuk beschrijft de herkomst van de data en gemaakte keuzes omtrent omrekeningsmethoden.

2.1 Beschrijving datasets

Alle opnamen van dit vergelijkende onderzoek zijn afkomstig uit permanente kwadraten (PQ's). Elk PQ betreft een opname van de aanwezige vegetatie binnen een geselecteerd proefvlak van alle aanwezige plantensoorten en hun bedekkingsaandeel in de vegetatie. De schatting van de bedekking van elke soort gebeurde volgens de methode van Braun-Blanquet (Braun-Blanquet, 1921). De PQ's bevatten alleen waarnemingen van vaatplanten (geen (korst)mossen).

De plaatsing van de PQ's is gekozen op homogeniteit, representativiteit en eventueel afstand tot de spatzone van de weg. Gras- en heide PQ's hebben een afmeting van 3x3 meter. PQ's in bos en moeras hebben een afmeting van 10x10 meter en PQ's in slootoevers hebben een afmeting van 25x1 meter in de lengte van de sloot.

2.2 Gebruik datasets

Voor dit onderzoek zijn van de Meetnet Bermflora gegevens alleen de opnamen van de laatste volledige ronde gebruikt. In deze vierde ronde zijn 1358 PQ's gemeten van 2012 tot en met 2015 (Boddeke *et al.*, 2016) gebruikt. Van de dataset van de Nulmeting van RHDHV zijn alle 120 PQ's gebruikt (Possen *et al.*, 2017). Voor de berekening van de indexen zijn beide gehele datasets gebruikt.

Alle berekeningen en analyses zijn uitgevoerd in Python versie 3.7.0. gebruikmakend van Python Scripter versie 2.6.0.0, behalve daar waar anders vermeld. Python is een programmeertaal waarmee statistiek uitgevoerd kan worden. Van de Braun-Blanquet opnames van de vegetatie zijn bedekkingspercentages berekend volgens de in paragraaf 2.3 beschreven methode. Tabel 2.2 geeft een overzicht van de berekende indices en welke variabelen daarvoor benodigd zijn geweest.

2.3 Braun-Blanquet naar bedekkingspercentages

Definitie

In het Meetnet Bermflora en de Nulmeting van RHDHV is voor iedere soort de bedekking binnen een PQ geschat volgens de methode van Braun-Blanquet (Braun-Blanquet, 1921). De waarden die uit deze opnamemethode volgen zijn nog niet bruikbaar om alle statistische analyses mee uit te voeren. Voor het berekenen van de index florakwaliteit zijn de bedekkingsklassen van Braun-Blanquet geschaald volgens de decimale schaal van der Maarel in klassen van 1 t/m 9 (zie Tabel 2.1). De Shannon en Simpson index en de indices voor verruiging, ruderaliteit en bloemrijkdom zijn onder andere afhankelijk van de bedekking van soorten in de PQ's.



Voor deze indices is daarom noodzakelijk om de Braun-Blanquet klassen om te rekenen naar bedekkingspercentages.

Vergelijking tussen berekeningen

Het omrekenen van Braun-Blanquet waarden naar bedekkingspercentages is op verschillende manieren uit te voeren (Tabel 2.1). Voor het berekenen van indices van het Meetnet Bermflora hebben Boddeke *et al.* (2016) een omrekening via *Turboveg* gebruikt. Possen *et al.* (2017) gebruikten het klassenmidden om met hun Nulmeting biodiversiteit indices te berekenen en te vergelijken met hun ontwikkelde biodiversiteitsindicator. Bij het berekenen van het klassenmidden wordt het middelste percentage van de klassen van Braun-Blanquet gebruikt. Een alternatieve methode om Braun-Blanquet klassen om te rekenen is het gebruik maken van het geometrisch gemiddelde (zie box 2.1)

Om de verschillen in resultaten als gevolg van de verschillende omrekenmethodes inzichtelijk te maken, zijn de Shannon en Simpson indices berekend en weergegeven in boxplots in Figuur 2.1 (zie box 2.2 voor een uitleg over boxplots). De verschillen tussen de berekende indices is beperkt en het gebruik van een andere methode is daardoor te overzien. Echter, het is wel van essentieel belang dat een bepaalde methode consequent wordt toegepast bij het berekenen van indices.

Tabel 2.1 Verschillende omrekenmethoden om bedekkingspercentages te berekenen van geschatte Braun-Blanquet klassen. BuWa volgt uit Boddeke *et al.* (2016). RHDHV is de methode zoals gebruikt in Possen *et al.* (2017).

Braun-Blanquet	Bedekking	Van der Maarel	BuWa	RHDHV	Geometrisch gemiddelde
r	≤ 1%; 1 ind.	1	1	0.5	0.01
+	≤ 1%; 2-5 ind.	2	2	1	0.2
1	≤ 5%; 6-50 ind.	3	3	2.5	1.5
2m	≤ 5%; >50 ind.	4	4	5	3.9
2a	5-15%	5	8	10	8.7
2b	16-25%	6	18	20.5	20.0
3	26-50%	7	38	37.5	36.1
4	51-75%	8	68	62.5	61.8
5	76-100%	9	88	87.5	87.2



Box 2.1. Geometrisch gemiddelde

Het geometrisch gemiddelde wordt berekend door het product te nemen van de te middelen getallen, in plaats van de som. Vervolgens wordt over dat product de wortel genomen met een macht gelijk aan het aantal getallen. Zo is het geometrisch gemiddelde van 4, 8 en 2:

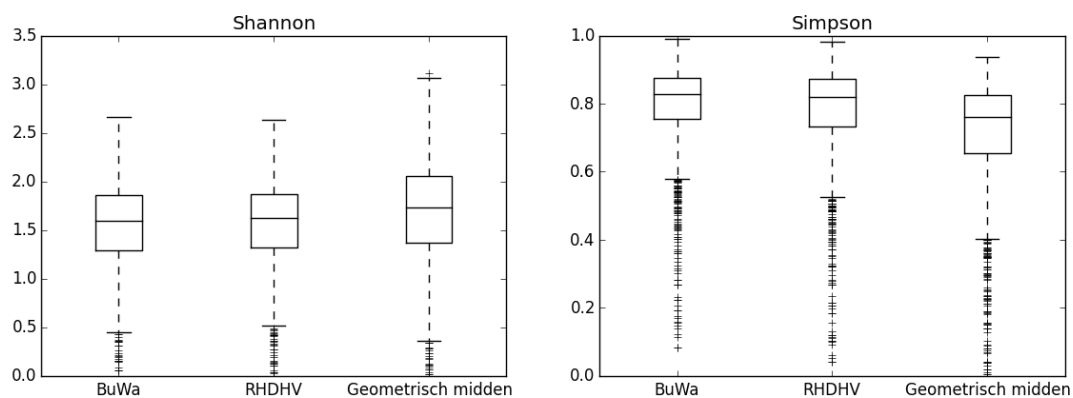
$$\sqrt[3]{4 * 8 * 2} = 4$$

Het geometrisch gemiddelde van de Braun-Blanquet klasse 3 wordt met deze methode als volgt berekend:

$$\sqrt{26 * 50} = 36.1$$

Een vergelijkende studie tussen verschillende omrekenmethoden is uitgevoerd door Hoshino (1991). Uit dit onderzoek volgde dat het gebruik van het klassenmidden, zoals Possen *et al.* (2017) heeft gedaan, een overrepresentatie tot gevolg heeft bij soorten met een lage abundantie in een gemeenschap. Omdat Boddeke *et al.* (2016) gebruik maakt van nog hogere waarden voor soorten met een lage abundantie, is ook hier sprake van overrepresentatie.

Het onderzoek van Hoshino (1991) concludeerde dat voor het berekenen van biodiversiteits-indicatoren, de beste methode van omrekenen het geometrisch gemiddelde is. Om die reden is er voor gekozen om in onderliggend vergelijkend onderzoek Braun-Blanquet klassen om te rekenen naar bedekkingspercentages via het geometrisch gemiddelde van de klassen. Bedekkingspercentages van soorten worden gebruikt voor het berekenen van het bedekkingsaandeel voor de indices, verruiging, ruderaliteit, bloemrijkdom, Shannon en Simpson index (zie Tabel 2.2 voor een overzicht van gebruikte variabelen voor iedere index).



Figuur 2.1 Een weergave van het effect van het gebruik van verschillende methoden om bedekkingspercentages te berekenen uit Braun-Blanquet opnamen. De methoden komen overeen met de waarden zoals in Tabel 2.1. Voor de methode voor het berekenen van de Shannon- en Simpson indexen wordt verwezen naar paragraaf 0.



Box 2.2. Boxplots

In de beschrijvende statistiek is een boxplot een grafisch hulpmiddel om de verspreiding van data binnen een dataset doelmatig weer te geven. Een boxplot geeft aan waar de mediaan (de middelste waarde) van de dataset ligt. De box loopt verder tot het eerste en derde kwartiel in de data. De “whiskers” (de stippellijnen) hebben een lengte van 1,5 maal de interkwartiel afstand. *Outliers* zijn waarden die mogelijk door een bijzondere reden buiten de natuurlijke verspreiding van de dataset vallen.

2.4 Bedekkingsaandeel

Voor het berekenen van de ruderaliteit, verruiging, bloemrijkdom, Shannon en Simpson index is het bedekkingsaandeel een benodigde variabele (zie Tabel 2.2). Het bedekkingsaandeel wordt berekend door de bedekking van een soort te delen door de totale bedekking van een PQ. Bij een meerlagige vegetatie kan de totale bedekking boven de 100% uitkomen. Bij de aanwezigheid van een soort in meerdere lagen, worden alle bedekkingen van die soort bij elkaar opgeteld. Het bedekkingsaandeel van een soort ligt altijd tussen de 0 en de 1. Dit komt overeen met de proportionele abundantie van een soort in de gemeenschap.

Tabel 2.2 Overzicht van de berekende indices, welke soorten gebruikt zijn voor het berekenen van de index en de benodigde variabelen voor de berekening.

Index	Gebruikte soorten	Variabele 1	Variabele 2
Species richness	Alle soorten	Aantal soorten	-
Simpson en Shannon	Alle soorten	Bedekkingsaandeel	-
Aantal bedreigde, beschermde en zeldzame soorten	Bedreigde, beschermde en zeldzame soorten	Aantal soorten	-
Verruiging, ruderaliteit en bloemrijkdom	Verruigings-, ruderaal en bloemrijke soorten	Bedekkingsaandeel	-
Biodiversiteitsindicator flora	Alle soorten	Trofie- en zuurgraad (Runhaar klasse) volgens Tamis <i>et al.</i> , (2004).	Aantal soorten
Index Florakwaliteit	SNL-indicatorsoorten	Bedekking volgens de decimale schaal van der Maarel,	Kilometerhok Frequentie Klasse



3 Berekening flora-indices

Om te bepalen welke index het meest geschikt is om biodiversiteit te beschrijven, zijn elf verschillende indices berekend met de datasets van de Meetnet Bermflora en de Nulmeting biodiversiteit. Van alle elf indices is de definitie en de berekeningswijze uitgelegd en zijn de resultaten in boxplots weergegeven. Vervolgens zijn constatering van de sterke en minder sterke punten toegelicht.

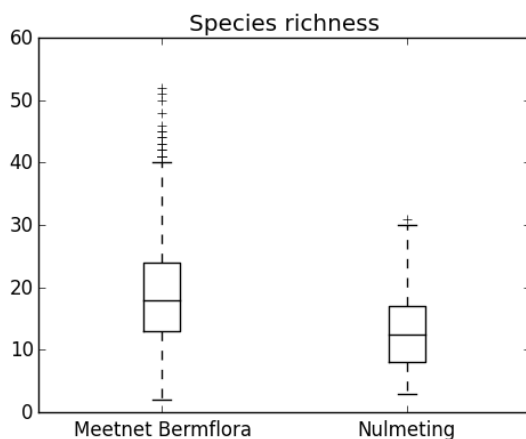
3.1 Species richness

Definitie

De species richness beschrijft de soortenrijkdom, oftewel, het aantal soorten in een PQ. De abundantie of een mate van "waarde" voor een vegetatie hebben geen effect op de species richness.

Resultaten

Figuur 3.1 geeft de verdeling van species richness in de PQ's binnen de twee datasets weer. Opvallend is dat de species richness van de Meetnet Bermflora opnamen iets hoger ligt dan die van de Nulmeting. Dat zou onder andere kunnen doordat de gegevens van het Meetnet Bermflora in de periode maart t/m september zijn opgenomen, wanneer er meer (bloeiende) soorten aanwezig zijn. Dit in vergelijking met de PQ's van de Nulmeting, die alleen in augustus zijn opgenomen.



Figuur 3.1 Een weergave van de verdeling van species richness binnen de Meetnet Bermflora ronde 4 en de Nulmeting 2017.

Constatering

Species richness beschrijft het aantal soorten in een opname. Het is hiermee goed te vergelijken wat de soortenrijkdom is ten opzichte van de andere opnamen. Daarmee is de Species richness een makkelijk te berekenen en interpreteren index voor biodiversiteit.



De index houdt echter geen rekening met de abundanties van de aanwezige soorten. Dit is te merken bij een gemeenschap waarbij een enkele soort een hoge dominantie heeft en er veel soorten zijn met slechts enkele individuen. De species richness is dan hoog, maar het valt te betwisten of deze gemeenschap biodivers genoemd mag worden. Zo geeft de soortenrijkdom een mogelijk vertekend beeld van de werkelijke situatie.

Species richness geeft verder ook geen informatie over de kwaliteit van de vegetatie in de opname. Het is dus niet te herleiden welk vegetatietype aanwezig is, welke groeiomstandigheden aanwezig zijn en hoeveel zeldzame of andere bijzondere soorten in welke bedekking aanwezig zijn in de opname. Wanneer er alleen binnen één vegetatietype vergeleken wordt, bijvoorbeeld alleen grasland, neemt de zeggingskracht van species richness toe omdat het gemiddeld aantal soorten tussen vegetatietypen erg kan verschillen.

Daarnaast is de species richness in een grotere mate onderhevig aan willekeurige variatie dan andere indices. Dat houdt in dat de aanwezigheid van één toevallig individu van een niet permanent gevestigde soort grote invloed kan hebben op de waarde van de species richness.

3.2 Shannon en Simpson index

Definitie

Een gemeenschap die gedomineerd wordt door één of twee soorten is minder divers dan een gemeenschap waarbij alle soorten in gelijke aantallen voorkomen. De Shannon en Simpson index corrigeren voor de verdeling van individuen tussen soorten.

Shannon

De Shannon index beschrijft de verdeling van individuen tussen soorten in een gemeenschap. De waarde van de index geeft de onzekerheid aan bij het voorspellen van de soort van een random gekozen individu binnen een populatie. De index drukt de verdeling van soorten in een opname in een bepaalde waarde uit, vooral op hoe gelijk soorten verdeeld zijn. De Shannon index heeft een hoge waarde wanneer in een soortenrijke gemeenschap alle soorten met dezelfde abundantie voorkomen (maximale evenness). Wanneer één soort volledig domineert en de andere soorten zeer zeldzaam zijn, nadert de Shannon index de waarde 0. Vergeleken met de Simpson index leunt de Shannon meer op soortenrijkdom, hierdoor hebben zeldzame soorten een groter belang in het vormen van de waarde.

Simpson

De Simpson index beschrijft de dominantie van soorten binnen een gemeenschap. De waarde van Simpson index beschrijft de kans dat twee random gekozen individuen uit een populatie allebei van dezelfde soort zijn. Daarbij leunt de index meer op de dominantie van soorten binnen een opname. In vergelijking met de Shannon index is soortenrijkdom voor Simpson minder belangrijk en hebben soorten met een lage abundantie een kleiner aandeel bij het bepalen van de waarde.



De Simpson index heeft altijd een waarde tussen de 0 en 1. Met de berekening van Simpson's D betekent een waarde die 1 nadert een afwezigheid van diversiteit (de kans dat twee individuen van dezelfde soort zijn is 100%: één soort domineert volledig), en een waarde die 0 nadert volledige diversiteit. Omdat dit tegenstrijdig lijkt, wordt ook wel een waarde van 1-D gebruikt. Die waarde geeft dan de kans aan dat twee random gekozen individuen van verschillende soorten zijn. Deze waarde is ook door Boddeke *et al.* (2016) gebruikt. Hoewel zij over de inverse (1/D) spreken, volgt dit niet uit de resultaten. Voor deze *second opinion* is dezelfde wijze van berekenen gebruikt.

Berekening

De Shannon diversiteitsindex wordt als volgt berekend:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

Waarbij H de Shannon diversiteitsindex is, p het bedekkingsaandeel van soort i en S de het aantal soorten.

De Simpson dominantie index wordt berekend volgens:

$$D = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Waarbij D Simpson index is, p het bedekkingsaandeel van soort i en S de het aantal soorten. Verdere berekeningen zijn vervolgens uitgevoerd met de waarden $1 - D$.

Wanneer deze berekeningen toegepast worden op een voorbeeld PQ, in dit geval VO01a van de Nulmeting 2017 (Tabel 3.1), volgen de onderstaande berekening en uitkomsten. Deze illustreren hoe men tot de waarden van de Shannon en Simpson index komt.

Voor de Shannon index volgt dan de volgende berekening:

$$H = -((0,236 \ln 0,236) + (0,018 \ln 0,018) + (0,426 \ln 0,426) + (0,236 \ln 0,236) + \dots) = 1,415$$

De Simpson index wordt dan als volgt bepaald:

$$1 - D = 1 - (0,236^2 + 0,018^2 + 0,426^2 + 0,236^2 + 0,018^2 + 0,018^2 + \dots) = 0,704$$

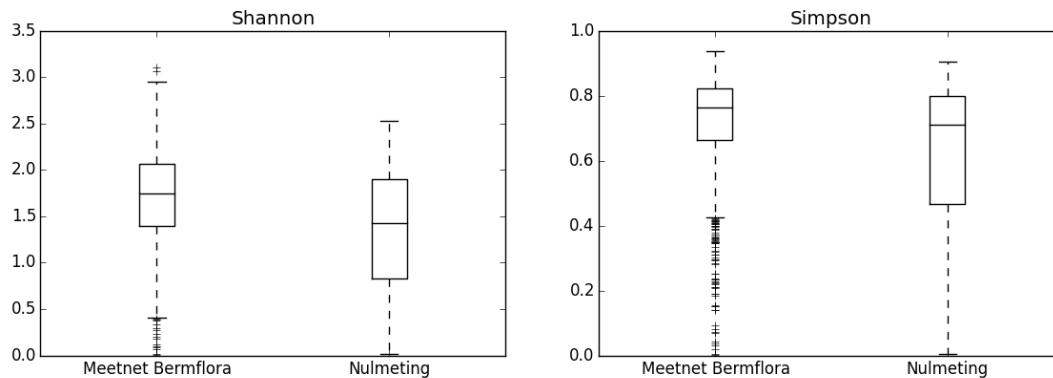


Tabel 3.1 De opname van PQ VO01a van de Nulmeting 2017 met de Braun-Blanquet, het bedekkingspercentage zoals berekend met het geometrisch midden en het bedekkingsaandeel van iedere soort.

PQ	Soort	Braun-Blanquet	Bedekkingspercentage (%)	Bedekkingsaandeel (%)
VO01a	<i>Achillea millefolium</i>	2b	20	23,6
VO01a	<i>Deschampsia flexuosa</i>	1	1,5	1,8
VO01a	<i>Festuca rubra</i>	3	36,1	42,6
VO01a	<i>Holcus lanatus</i>	2b	20	23,6
VO01a	<i>Jasione montana</i>	1	1,5	1,8
VO01a	<i>Rumex acetosa</i>	1	1,5	1,8
VO01a	<i>Rumex acetosella</i>	2m	3,9	4,6
VO01a	<i>Teesdalia nudicaulis</i>	+	0,2	0,2

Resultaten

Figuur 3.2 geeft de verdeling van de Shannon en Simpson index over de PQ's van de beide datasets weer. De waarden verschillen weinig tussen de Meetnet Bermflora en de Nulmeting. Bij beide opnamen is te zien dat de Simpson waarden relatief hoog liggen en er dus niet sprake is van hoge dominantie van enkele soorten binnen de PQ's.



Figuur 3.2 Een weergave van de verdeling van de Shannon en Simpson index binnen de Meetnet Bermflora ronde 4 en de Nulmeting 2017.

Constateringen

Door gebruik te maken van de (relatieve) abundantie van soorten binnen een gemeenschap, heeft de verdeling van soorten effect op de berekende Shannon en Simpson index. Wanneer een vegetatie gedomineerd wordt door één of twee soorten is deze informatie inzichtelijk te maken met deze indices.

Voor deze *second opinion* is gebruik gemaakt van de waarde 1-D voor de Simpson index. Hier is voor gekozen omdat deze waarde tussen de 0 en 1 een duidelijkere indicatie geeft over de mate van diversiteit binnen een gemeenschap.



Met de Simpson index is de dominantie van enkele soorten binnen een gemeenschap goed te evalueren. Aangezien Rijkswaterstaat streeft naar meer biodiversiteit binnen het areaal, wijst een lage waarde van deze index op mogelijk ongewenste situaties. Toch kan een hoge dominantie van bepaalde soorten in sommige gevallen ook op bijzondere situaties wijzen.

Daarnaast geeft Simpson index geen informatie over de hoeveelheid soorten die in een gemeenschap voorkomen waar de Shannon dat wel doet.

Een landschap met een hoge biodiversiteit wordt meestal gedefinieerd als één met veel soorten die een gelijke onderlinge verdeling hebben in de gemeenschap. Met de Shannon index kan de verdeling van soorten en het aantal soorten gemonitord worden binnen een PQ. Dat maakt dat de Shannon index een betere beschrijving geeft van de biodiversiteit dan de Simpson index.

Wezenlijke verschillen tussen de twee indices treden echter alleen op wanneer in een gemeenschap één soort domineert (lage Simpson) en de overige soorten allen een vergelijkbare abundantie hebben (hoge Shannon).

Deze indices geven geen informatie over de “waarde” van het type soorten dat aanwezig is in de gemeenschap. Daarmee duiden zij dus veel minder op zeldzame of bijzondere omstandigheden. Ook is met deze indices weinig te zeggen over de kenmerkendheid van de vegetatie op basis van abiotiek. Ook hier geldt dat de zeggingskracht van beide indices toeneemt wanneer er alleen binnen één vegetatietype vergeleken wordt. Dit volgt uit het feit dat van nature sommige gezonde vegetatietypen een ongelijkere verdeling van individuen hebben dan andere.

3.3 Aantal bedreigde, beschermde en zeldzame soorten

Definitie

Deze drie indices zijn een verbijzondering van de index species richness. In plaats van het totaal aantal soorten, wordt het aantal soorten met een bijzondere waarde berekend, namelijk de bedreigde, beschermde of zeldzame soorten.

Bedreigde soorten

Soorten worden als bedreigd geteld wanneer deze op de FLORON Rode Lijst (Sparrus *et al.*, 2014) voorkomen en gecategoriseerd zijn als ‘bedreigd’ of ‘ernstig bedreigd’. In de dataset met alle soorten die aangetroffen zijn in het Meetnet Bermflora en de Nulmeting, zijn er zeven die aan deze definitie voldoen. Tabel 3.2 geeft een overzicht van deze soorten. Er is ook een berekening gemaakt met alle Rode Lijst soorten, zie voor een overzicht van deze soorten Bijlage 2.



Tabel 3.2 Soorten die in het Meetnet Bermflora en de Nulmeting van RHDHV aangetroffen zijn en in de FLORON Rode Lijst gecategoriseerd zijn als 'bedreigd' of 'ernstig bedreigd'.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Bedreigingsstatus
<i>Anthemis cotula</i>	Stinkende kamille	BE
<i>Eleocharis quinqueflora</i>	Armbloemige waterbies	BE
<i>Fritillaria meleagris</i>	Wilde kievitsbloem	BE
<i>Lepidium campestre</i>	Veldkruidkers	BE
<i>Filago lutescens</i>	Geel viltkruid	EB
<i>Alchemilla glabra</i>	Kale vrouwenmantel	BE
<i>Hypericum maculatum</i>	Gevlekt hertshooi	BE

Beschermde soorten

Soorten worden als beschermd geteld wanneer deze volgens de Wet natuurbescherming een beschermde status hebben gekregen. In de dataset met alle soorten van het Meetnet Bermflora en de Nulmeting, is er één soort die aan deze definitie voldoet, de grote leeuwenklauw (Tabel 3.3).

Tabel 3.3 Soort die in het Meetnet Bermflora en de Nulmeting van RHDHV aangetroffen die volgens de Wet natuurbescherming beschermd is.

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
<i>Aphanes arvensis</i>	Grote leeuwenklauw

Zeldzame soorten

Voor het definiëren van zeldzame soorten wordt de methode van Boddeke *et al.* (2016) gevolgd. Echter, waar Boddeke *et al.* (2016) Uurhok Frequentie Klassen van 1990 gebruikten, maken wij gebruik van Kilometerhok Frequentie Klassen van 1995. Hier is voor gekozen om de gebruikte waarden gelijk te trekken met die voor de Index Florakwaliteit. De KFK-95 verdeelt alle Nederlandse soorten in klassen van 1 t/m 10 waarbij soorten met een waarde 10 zeer algemeen zijn en soorten met een waarde 1 zeer zeldzaam zijn. Voor dit onderzoek worden, net als in Boddeke *et al.* (2016) soorten als zeldzaam geteld wanneer zij een KFK-95 klasse hebben van 5 of lager.

In de complete dataset kunnen in totaal 31 soorten volgens deze methode gekenmerkt worden als zeldzaam. Soorten waarvan geen KFK-95 gegevens bekend zijn, zijn niet meegenomen in de analyses.

Resultaten

Het aantal waarnemingen van bedreigde, beschermde en zeldzame soorten in de laatste ronde van het Meetnet Bermflora en de Nulmeting is te laag om gefundeerde uitspraken over te doen. Tevens zijn er te weinig PQ's met deze soorten om de verdeling hiervan door middel van boxplots weer te geven.



In totaal zijn in 16 PQ's soorten waargenomen die een KFK-95 waarde hebben van 5 of minder en daarmee als zeldzaam kunnen worden geclassificeerd. In een poging een informatievere waarde voor de index zeldzame soorten te bereiken, is ook gerekend met een afwijkende methode. In dit geval is de definitie voor zeldzame soorten opgerekt naar soorten met een KFK-95 van 6 of lager in plaats van 5 of lager. Echter, ook met deze definitie zijn er niet genoeg resultaten, in dit geval bevatten 64 PQ's zeldzame soorten.

Slechts 5 PQ's bevatten bedreigde of ernstig bedreigde soorten. In alle 5 betreft het ook maar één soort per PQ. Wanneer de definitie van bedreigde soorten wordt opgeschaald naar alle Rode Lijst soorten, zijn er nog steeds te weinig waarnemingen om mee te rekenen (zie Bijlage 2 voor een overzicht van Rode Lijst soorten). Slechts 73 PQ's beschikken over Rode Lijst soorten, waarvan 70 PQ's maar één Rode Lijst soort hebben.

Constateringen

Door het lage aantal waargenomen bedreigde, beschermde en zeldzame soorten zijn deze indices niet te gebruiken om biodiversiteit mee te bepalen binnen het areaal van Rijkswaterstaat. Het kan echter wel interessant zijn om met enige regelmaat het aantal Rode Lijst of zeldzame soorten binnen het areaal van Rijkswaterstaat te monitoren. Deze soorten vestigen lastig en indiceren omstandigheden die binnen de doelstelling van Rijkswaterstaat liggen. Ondanks de lage aantallen, duidt een stijgende lijn in een verbetering van de kwaliteit van de vegetaties.

3.4 Verruiging, ruderaliteit en bloemrijkdom

Definitie

Deze drie indices beschrijven, net als de indices van de vorige paragraaf, de plantengemeenschap aan de hand van indicerende soorten. Bepaalde soorten zijn dus kenmerkend voor "verruiging", "ruderaliteit" en/of "bloemrijkdom".

Verruiging

Verruigingssoorten worden gedefinieerd als soorten die goed tot uiting komen bij een hoge beschikbaarheid van voedingsstoffen. De aanwezigheid van deze soorten in een gemeenschap duidt op beheer waarbij maaisel blijft liggen of het beheer op een lage of onregelmatige frequentie wordt uitgevoerd. Ook kunnen verruigingssoorten wijzen op een toename van meststoffen in de vegetatie.

Boddeke *et al.* (2016) hebben voor de soorten aangetroffen in het Meetnet Bermflora bepaald welke gekenmerkt kunnen worden als verruigingssoorten op basis van *expert judgement*. Deze lijst is aangevuld met enkele soorten die niet in het Meetnet Bermflora zijn aangetroffen, maar wel in de Nulmeting op basis van *expert judgement*.



Ruderaliteit

Ruderaal soorten zijn secundaire pionierssoorten. Zij worden gedefinieerd als soorten die kale bodems koloniseren die tot voor kort begroeid zijn geweest en waarbij resten van de oude vegetatie als voedingsstoffen beschikbaar komen. De aanwezigheid van ruderaal soorten wijst op verstoring door roeren in de bodem.

Boddeke *et al.* (2016) hebben voor de soorten van het Meetnet bepaald welke dienst kunnen doen als ruderaal soorten op basis van *expert judgement*. Engels raaigras is ook als ruderaal soort opgenomen omdat deze doorgaans na werkzaamheden in een wegberm ingezaaid wordt. De enkele soorten die in de Nulmeting zijn aangetroffen maar niet in de Meetnet Bermflora, zijn door een ecooloog van Tauw geëvalueerd.

Bloemrijkdom

Bloemrijke soorten worden gedefinieerd als opvallend bloeiende soorten. De aanwezigheid van bloemrijke soorten duidt op een plantengemeenschap met een hoge belevingswaarde (Bakker, 2008; Boddeke *et al.*, 2016). Daarnaast dragen bloemrijke soorten bij aan het voortbestaan van bestuivende soorten zoals de bij.

De keuze welke soorten als voor deze indicator meetellen volgt de invulling van Boddeke *et al.* (2016). Zij hebben zich gebaseerd op Bakker (2008) met toevoeging van eigen *expert judgement*. Enkele soorten die wel bij de Nulmeting van RHDHV zijn aangetroffen, maar niet in het Meetnet Bermflora, zijn door een ecooloog van Tauw geëvalueerd.

Berekening

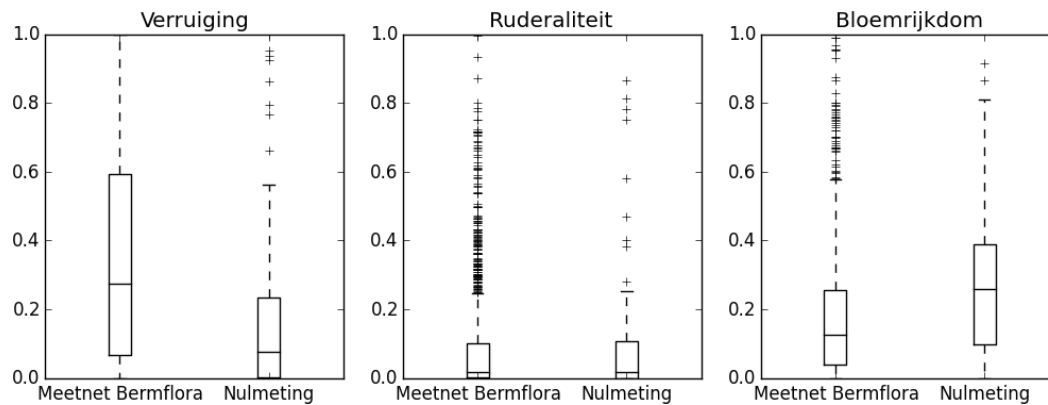
Boddeke *et al.* (2016) gebruiken de (gemiddelde) bedekkingspercentages van ruderaal- of verrijgingssoorten als indicator voor respectievelijk ruderaliteit en verrijging van een PQ. Echter, om consistentie tussen berekening te behouden is er in dit vergelijkend onderzoek voor gekozen deze twee indices op dezelfde wijze te berekenen als bloemrijkdom. Hierbij wordt gerekend met het bedekkingsaandeel van ruderaal, bloemrijke of verrijgingssoorten (zie paragraaf 2.4 voor definitie bedekkingsaandeel):

$$W = \sum_{i=1}^S p_i$$

Waarbij W de ruderaliteit, verrijging of bloemrijkdom is, S het aantal soorten en p het bedekkingsaandeel van de ruderaal, ruigte-, of bloemrijke indicatorsoort i .

Resultaten

Uit de boxplots in Figuur 3.3 valt op te maken dat doorgaans het aandeel verrijging soorten binnen PQ's hoger is bij het Meetnet Bermflora dan de Nulmeting opnamen. Mogelijk komt dit doordat de mate van verstoring binnen wegbermen over het algemeen hoger is dan bij uiterwaarden waar de meeste Nulmeting PQ's gesitueerd zijn. Het aandeel bloemrijke soorten lijkt wel vergelijkbaar tussen de twee datasets. In beide dataset ligt dat aandeel redelijk laag.



Figuur 3.3 Een weergave van de verdeling van verruiging, ruderaliteit en bloemrijkdom binnen de Meetnet Bermflora ronde 4 en de Nulmeting 2017.

Constatering

Er is afgeweken van de wijze van berekenen van ruderaliteit en verruiging zoals Boddeke *et al.* (2016) dat deden. In plaats van bedekkingspercentages is gekozen gebruik te maken van bedekkingsaandeel. Hiermee is de wijze van berekening gelijk getrokken tussen deze twee indices en bloemrijkdom. Dit heeft waarschijnlijk slechts een beperkt effect op de spreiding van de waarden. Echter, op deze wijze komen de indices uit als een percentage ruderales, verruigings- of bloemrijke soorten, wat een hogere zeggingskracht heeft.

De verruiging en ruderaliteit van PQ's dienen als negatieve indicatoren voor de kwaliteit van de plantengemeenschappen. Opvallend genoeg zijn alle boomsoorten en struiken in de lijst door Boddeke *et al.* (2016) als verruigingssoorten meegenomen. Voor graslanden is dit goed van toepassing omdat kiemplanten dan terecht als verruigingssoorten worden opgenomen. Echter dit heeft ook tot gevolg dat alle bossen als verruigd aangemerkt worden, wat mogelijk een deel van het verschil in tussen de Meetnet Bermflora en Nulmeting dataset zou kunnen verklaren.

De lijst met soorten die als bloemrijk zijn aangemerkt volgens Boddeke *et al.* (2016) beslaat vrijwel alle soorten behalve grassen, bomen en struiken. Hiermee kan deze index dienen als negatieve waarde voor de vergrassing van de PQ's. Aangezien de meeste PQ's in zeer grasrijke gemeenschappen liggen, zegt het aandeel van 'andere' soorten wel degelijk iets over de kwaliteit van de gemeenschap.

De index bloemrijkdom zou ook waardevol kunnen zijn als index voor leefgebied voor bestuivers en daarmee een index voor ecosysteemdiensten. Echter, de lijst bloemrijke soorten in zijn huidige vorm beslaat niet alle aanwezige nectardragende bloemen, zoals die van bomen. Daarnaast staan er soorten op de lijst die juist niet dienen als drachtplant. Het aanpassen van de lijst zodat deze alleen drachtplanten bevat zou als toegevoegde waarde hebben dat de index dan meer zegt dan alleen iets over florale biodiversiteit, maar juist ook over biodiversiteit in de vorm van bestuivers (fauna).



Echter, als negatieve index voor vergrassing verliest de index dan waarschijnlijk wel zeggingskracht. Het gebruik van de index bloemrijkdom als indicator voor bestuivingsmogelijkheden, valt daarmee buiten het doel van Rijkswaterstaat voor dit onderzoek, namelijk het monitoren van de (florale) biodiversiteit.

3.5 Biodiversiteitsindicator flora

Definitie

De biodiversiteitsindicator flora is ontwikkeld door RHDHV voor Rijkswaterstaat (Possen *et al.*, 2017). De ontwikkelde indicator is gebaseerd op de onderverdeling van soorten in ecologische groepen volgens Runhaar *et al.* (1987). De indicator heeft een hogere waarde wanneer in de gemeenschap soorten voorkomen die doorgaans op voedselarme grond groeien. Onder deze omstandigheden is de biodiversiteit over het algemeen gezien hoger dan bij voedselrijke bodems.

Voor dit onderzoek is de methodiek van Runhaar *et al.* (1987) gevolgd voor het verdelen van de soorten in klassen. De gebruikte klassenverdeling volgt de geactualiseerde lijst van Tamis *et al.* (2004). De methodiek voor het invullen van de klassen is echter wel hetzelfde gebleven tijdens de actualisatie. Voor de geactualiseerde verdeling is gekozen omdat wij van mening zijn dat deze een betere representatie van de werkelijke groeiplaatsen weergeeft dan de verouderde verdeling van Runhaar *et al.* (1987). Voor iedere soort in de dataset is hiervoor de trofie- en zuurgraad genoteerd (Tabel 3.4). Wanneer een soort in meerdere klassen is ingedeeld, wordt het gemiddelde genomen en vervolgens afgerond. De klassen beschrijven het ecotype waar een soort over het algemeen voorkomt, van een zure, voedselarme omgeving, tot een matig tot zeer voedselrijke omgeving. Klasse 9 komt niet voor in de dataset van het Meetnet Bermflora en de Nulmeting.

Tabel 3.4 Onderverdeling van de 9 klassen voor trofie- en zuurgraad volgens Runhaar *et al.* (1987). Voor dit onderzoek werd de geactualiseerde classificering volgens Tamis *et al.* (2004) gebruikt.

Klasse	Trofie- en zuurgraad
1	Voedselarm, zuur
2	Voedselarm, zwak zuur
3	Voedselarm, basisch
4	Voedselarm
5	Matig voedselrijk, (zwak) zuur
6	Matig voedselrijk, basisch
7	Matig voedselrijk
8	Zeer voedselrijk
9	Matig tot zeer voedselrijk.
0	Niet van toepassing



Berekening

De biodiversiteitsindicator flora wordt berekend volgens de volgende formule:

$$FI = \sum_{i=1}^n \left(\frac{p_i}{p_{tot}} * \frac{X_n}{X_i} \right)$$

Waarbij n het aantal Runhaar klassen in de dataset is (8), p_i is het aantal soorten van klasse i , p_{tot} het totaal aantal soorten binnen de PQ, X_n is het totaal aantal klassen in de dataset (8) en X_i de waarde van klasse i .

Wanneer deze berekening toegepast wordt op een voorbeeld PQ, in dit geval VO01a van de Nulmeting 2017 (Tabel 3.5), volgt de onderstaande berekening en uitkomst.

Tabel 3.5 De opname van PQ VO01a van de Nulmeting 2017 met per soort de corresponderende Runhaar klasse volgens Tamis et al., (2004).

PQ	Soort	Runhaar
VO01a	<i>Achillea millefolium</i>	7
VO01a	<i>Deschampsia flexuosa</i>	2
VO01a	<i>Festuca rubra</i>	4
VO01a	<i>Holcus lanatus</i>	7
VO01a	<i>Jasione montana</i>	2
VO01a	<i>Rumex acetosa</i>	7
VO01a	<i>Rumex acetosella</i>	3
VO01a	<i>Teesdalia nudicaulis</i>	2

Voor de biodiversiteitsindicator flora volgt dan de volgende berekening:

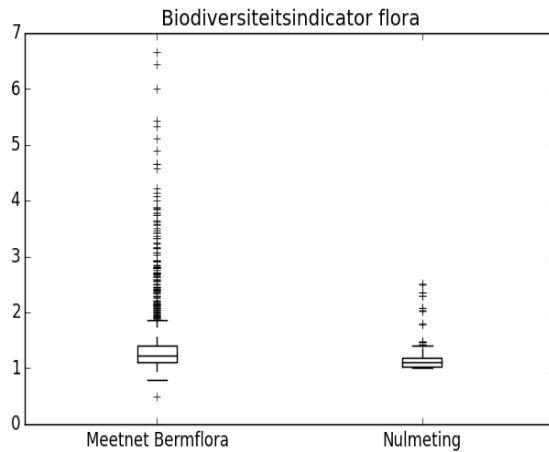
$$FI = \left(\frac{3}{8} * \frac{8}{2} \right) + \left(\frac{1}{8} * \frac{8}{3} \right) + \left(\frac{1}{8} * \frac{8}{4} \right) + \left(\frac{2}{8} * \frac{8}{7} \right) = 2,512$$

Resultaten

De verdeling van de waarden van de biodiversiteitsindicator flora is weergegeven in Figuur 3.4. De medianen van beide datasets liggen redelijk dicht bij de 1. Dat duidt erop dat weinig soorten met voedselarme bodems als standplaats voorkomen in de datasets. Opvallend is de beide boxen erg smal zijn, terwijl er bij de Meetnet Bermflora veel *outliers* zijn.

Constateringen

De biodiversiteitsindicator flora beschrijft de kenmerkendheid van een plantengemeenschap op basis van abiotiek. Deze is daarmee onderscheidend van de andere indices. De index geeft een indicatie van de voedingstoestand in de bodem.



Figuur 3.4 Een weergave van de verdeling van de biodiversiteitsindicator flora volgens Possen *et al.* (2017) binnen de Meetnet Bermflora ronde 4 en de Nulmeting 2017.

De index is niet afhankelijk van de bedekking van soorten binnen een PQ. Daarmee hebben soorten met een lage abundantie dezelfde waarde als dominantie soorten. Dit zou een overschatting of juist een onderschatting van de voedseltoestand van de bodem tot gevolg kunnen hebben. Daarnaast is hierdoor de index, net als species richness, relatief vatbaar voor toevallige gebeurtenissen waarbij één individu is waargenomen maar zich niet permanent heeft gevestigd.

Bij de berekening van de index, speelt het totaal aantal klassen in de dataset ook een rol. In dit geval komt klasse 9 niet voor in de datasets van het Meetnet Bermflora of de Nulmeting 2017. Dit betekent echter dat wanneer een soort van klasse 9 zich vestigt, de formule aangepast moet worden. Voor dit onderzoek is de methode van Possen *et al.*, (2017) gevolgd en wordt er gerekend met een totaal van 8 klassen. Echter, om de formule toekomstbestendiger te maken, zou het gebruik van een maximum aantal klassen van 9 beter zijn. De onderlinge verschillen tussen de waarden van de PQ's zal echter nauwelijks veranderen, aangezien alle opnamen aan dezelfde nieuwe berekening ondervonden worden.

De spreiding van waarden van de biodiversiteitsindicator is relatief laag met veel waarden die dicht bij elkaar liggen (zie Figuur 3.4). Daarnaast vallen veel PQ's van het Meetnet Bermflora als *outlier* buiten de boxen. Dit wijst op relatief veel waarden die numeriek afwijken van de rest van de data. Het veel voorkomen van afwijkingen in de berekende waarden resulteert in een verminderde beschrijvende kracht van de index.

Deze indicator gebruikt de ecotype classificering gebaseerd op Runhaar *et al.* (1987). Daarmee is deze afhankelijk van zowel voedselrijkdom als zuurgraad. Er zijn echter ook andere indicatoren voor de abiotiek in de bodem. Zo zijn er bijvoorbeeld de Ellenbergwaarden. Ellenberg heeft onder andere aparte standplaatsfactoren voor voedselrijkdom, vochtgehalte en zuurgraad. Over het algemeen is er niet veel variatie in de zuurgraad van het merendeel van de planten op het areaal van Rijkswaterstaat. Daarom zou het gebruik van de Ellenbergwaarde voor voedselrijkdom een goed alternatief zijn voor de Runhaar waarden.



Daarmee sluit deze index mogelijk beter aan bij het bewerkstelligen van de doelen van Rijkswaterstaat, namelijk het bevorderen van de biodiversiteit door middel van verschraling.

3.6 Index Florakwaliteit

Definitie

De index florakwaliteit is een index die rekening houdt met de abundantie van indicatorsoorten in een PQ. Het gaat hier specifiek om soorten die als indicatorsoort zijn aangewezen in het Subsiestelsel Natuur en Landschap (SNL). Indicatorsoorten worden gedefinieerd door het SNL voor specifieke beheertypen binnen het Natuur Netwerk Nederland (NNN). Omdat er maar erg weinig PQ's binnen de datasets binnen NNN-gebieden liggen, worden de indicatorsoorten meegenomen van alle beheertypen die ecotypen beschrijven zoals deze in de datasets voor kunnen komen. Het betreft hier beheertypen die typerend zijn voor wegbermen, bossen of uiterwaarden. Tabel 3.6 geeft een overzicht van de beheertypen waarvan de indicatorsoorten meegenomen zijn voor de index florakwaliteit.

Naast kenmerkende indicatorsoorten, wordt de index florakwaliteit ook bepaald door abundantie van de soorten en het voorkomen ervan in Nederland. Het voorkomen van de soort in Nederland wordt bepaald aan de hand van de KFK-95 gegevens. Om zeldzamere soorten een hogere waarde in de index te geven, wordt dit getal eerst van 10 afgetrokken (10 – KFK-95). Als waarde voor de abundantie worden Braun-Blanquet waarden omgerekend volgens de decimale schaal van der Maarel (Tabel 2.1).

Possen *et al.* (2017) hebben enkele niet zeldzame, typerende soorten aan hun lijst kwaliteitssorten toegevoegd voor het berekenen van de index Florakwaliteit. In dit onderzoek is er voor gekozen dat niet te doen om de algemene bruikbaarheid en transparantie van deze index zo hoog mogelijk te houden.

Tabel 3.6 De SNL-beheertypen waarvan indicatorsoorten opgenomen zijn voor het berekenen van de index florakwaliteit.

Nat schraalland	Kruiden- en faunarijk grasland	Hoog- en laagveenbos
Vochtig hooiland	Glanshaverhooiland	Haagbeuken- en essenbos
Droog schraalgrasland	Zilt - en overstromingsgrasland	Dennen-, eiken- en beukenbos
Bloemdijk	Rivier- en beekbegeleidend bos	Duinbos
Vochtig bos met produktie	Droog bos met produktie	Vochtig hakhout en middenbos
Botanisch waardevol grasland	Botanisch waardevol akkerland zz	Botanisch waardevol akkerland rag

Berekening

De index florakwaliteit wordt berekend volgens de volgende formule:

$$FK = \sum_{i=1}^S a_i * b_i$$

Hierbij is S het aantal aangetroffen kwaliteitssoorten in de PQ is, a_i de waarde $10 - KFK-95$ van kwaliteitssoort i , b_i de abundantie van de kwaliteitssoort i op de decimale schaal van der Maarel in de PQ. Wanneer van een soort de bedekking over meerdere lagen gemeten is, is de som van de bedekking volgens Van der Maarel genomen. Soorten waarvan geen KFK-95 waarde bekend is, zijn niet meegenomen in de berekening van de index florakwaliteit. Ook als deze soort wel als kwaliteitssoort is opgegeven, wat bij 19 soorten het geval is.

Wanneer deze berekening toegepast wordt op een voorbeeld PQ, in dit geval VO01a van de Nulmeting 2017 (Tabel 3.7), volgt de onderstaande berekening en uitkomst. Deze illustreert hoe tot de waarden van de Index Florakwaliteit kan komen.

Tabel 3.7 De opname van PQ VO01a van de Nulmeting 2017 met per soort of deze een kwaliteitssoort is, de bedekking volgens Braun-Blanquet in deze PQ en de corresponderende Van der Maarel code en de KFK-95 van de soort.

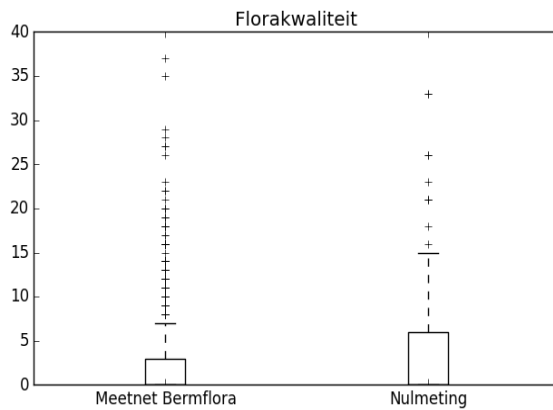
PQ NR	Soort	Kwaliteitssoort	Braun-Blanquet	Van der Maarel	KFK-95
VO01a	<i>Achillea millefolium</i>	0	2b	6	9
VO01a	<i>Deschampsia flexuosa</i>	0	1	3	9
VO01a	<i>Festuca rubra</i>	0	3	7	9
VO01a	<i>Holcus lanatus</i>	0	2b	6	9
VO01a	<i>Jasione montana</i>	1	1	3	8
VO01a	<i>Rumex acetosa</i>	0	1	3	9
VO01a	<i>Rumex acetosella</i>	0	2m	4	9
VO01a	<i>Teesdalia nudicaulis</i>	1	+	2	8

Voor de Index Florakwaliteit volgt dan de volgende berekening:

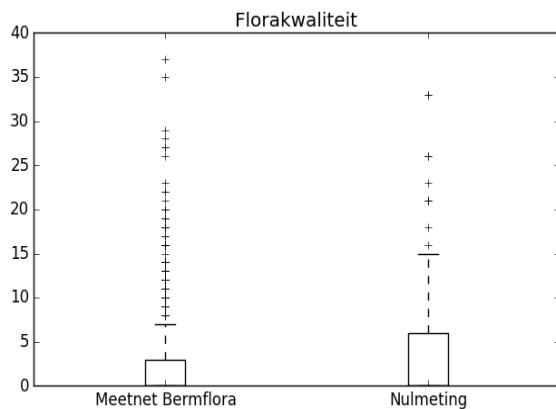
$$FK = ((10 - 8) * 3) + ((10 - 8) * 2) = 10$$



Resultaten



Figuur 3.5 is te zien dat in beide datasets de index florakwaliteit erg vaak een waarde van 0 heeft. Dit zou kunnen komen door het weinig voorkomen van kwaliteitsoorten in de datasets. Een andere verklaring zou kunnen zitten in het feit dat van enkele kwaliteitsoorten de KFK-95 waarden niet bekend zijn waardoor deze buiten de berekening vallen.



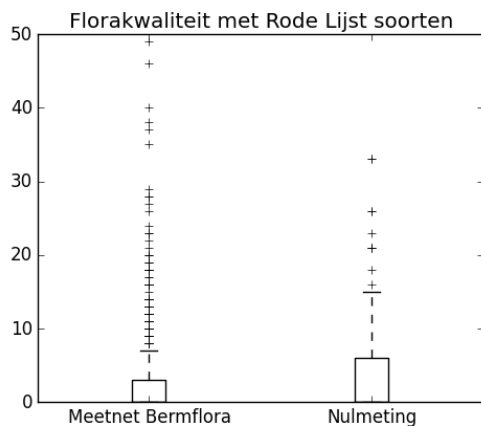
Figuur 3.5 Een weergave van de verdeling van de Index Florakwaliteit binnen de Meetnet Bermflora ronde 4 en de Nulmeting 2017.

Constateringen

Het gebruik van indicatorsoorten is een mogelijk geschikt middel om de kwaliteit van plantengemeenschappen te berekenen. Echter, het aantal aangetroffen kwaliteitsoorten en de bedekking ervan is in beide RWS datasets te laag om een statisch bruikbare verspreiding van waarden te genereren. Dit zou kunnen komen doordat indicatorsoorten zich over het algemeen lastig vestigen. In bijvoorbeeld wegbermen van het Meetnet Bermflora is verstoring een veelvoorkomend verschijnsel, wat het vestigen van indicatorsoorten tegen werkt. Daarnaast zijn de indicatorsoorten per definitie relatief zeldzame soorten, ook in NNN-gebieden. Daardoor is het voorkomen van deze soorten langs wegbermen ook maar beperkt.



Om de lijst van indicatorsoorten uit te breiden is het binnen de SNL mogelijk om Rode Lijst soorten toe te voegen. Om het aantal indicatorsoorten voor de Index Florakwaliteit te vergroten is dit als alternatief ook gedaan. De uitkomst van deze nieuwe rekenmethode is te zien in Figuur 3.6.



Figuur 3.6 Index Florakwaliteit met Rode Lijst soorten toegevoegd aan de lijst indicatorsoorten.

Een alternatief voor het gebruiken van SNL-indicatorsoorten is het gebruik van kenmerkende soorten met een hoge trouwgraad voor bepaalde vegetatietypen. De trouwgraad van een soort geeft de mate van gebondenheid aan een specifieke plantengemeenschap aan. Daarmee wordt de index florakwaliteit eigenlijk omgebouwd tot een index kenmerkende soorten. Hiervoor zouden de kenmerkende vegetatietypen gebruikt kunnen worden die aangetroffen zijn in de datasets en via Associa genoteerd zijn. Een voordeel van het gebruik van kenmerkende soorten is dat deze in grotere aantallen voorkomen dan de relatief zeldzame SNL-indicatorsoorten.

De index florakwaliteit maakt gebruik van de decimale schaal van der Maarel. Dit is een lineaire schaal die gebaseerd is op de stappen van de Braun-Blanquet klassen. Echter, in plaats van de schaal van der Maarel te gebruiken, kan er ook gebruik gemaakt worden van de bedekkingspercentages van de indicatorsoorten binnen de PQ's. Hiermee wordt het wezenlijke verschil tussen de stappen van Braun-Blanquet beter gewaarborgd in het berekenen van de indicator. Dit heeft als voordeel dat soorten met een lage abundantie minder effect hebben op de waarde van de index. Aan de andere kant zou dit mogelijk leiden tot een toename van het aantal lage waarden omdat veel kwaliteitsoorten waarschijnlijk een lage abundantie hebben binnen de PQ's.



4 Onderlinge statistische vergelijkingen

Een kwalitatief goede en diverse vegetatie bestaat uit meer dan alleen een hoog aantal soorten maar ook de verdeling van individuen over de soorten, het type soorten dat aanwezig is, de kenmerkendheid van de vegetatie en nog veel meer. Alle eerder berekende indices belichten ieder biodiversiteit op hun eigen wijze. In dit hoofdstuk worden de indices onderling vergeleken en wordt de toepasbaarheid van de indices voor Rijkswaterstaat onder de loep genomen.

4.1 Werkwijze

Als eerste onderlinge vergelijking worden correlaties berekend tussen alle indices. Door te kijken hoe de indices gecorreleerd zijn, kunnen onderlinge relaties blootgelegd worden. Een index met een hoge correlatie over het hele brede spectrum aan biodiversiteitsindices zou kunnen duiden op veel zeggingskracht. Echter, een hoge correlatie met slechts enkele indices kan een overlap tussen deze indices aan het licht brengen waarbij bepaalde indices dezelfde aspecten biodiversiteit belichten en wellicht overvloedig zijn. In het laatste geval worden deze indices niet meer meegenomen in de volgende analyses.

Na de correlaties worden er lineaire regressies berekend van iedere index, waarbij de andere indices dienst doen als verklarende variabelen. Met de lineaire regressie wordt berekend hoe iedere index verklaard wordt door de rest van het brede pakket van biodiversiteit-beschrijvende indices. De index die het best voorspeld wordt door de andere indices is mogelijk de beste in het beschrijven van alle aspecten van biodiversiteit.

Als laatste wordt een selectie van de indices vergeleken over verschillende beheermethoden, fysisch geografische regio's en begroeiingstypen. Hiermee wordt onderzocht hoe goed deze indices zijn in het beschrijven van deze drie, voor Rijkswaterstaat van belang zijnde, variabelen. Met deze stap is de bruikbaarheid van de berekende indices voor de doelen van Rijkswaterstaat belicht.

Omdat het aantal waarnemingen van bedreigde, beschermde en zeldzame soorten in de dataset te laag is, zijn er geen betekenisvolle uitspraken te doen aan de hand van deze indices. Om die reden zijn deze niet meegenomen in de volgende stap van de onderlinge vergelijking van indices.

4.2 Correlaties tussen indices

Definitie

Als eerste stap van de onderlinge vergelijking zijn de berekende indices (behalve het aantal bedreigde, beschermde en zeldzame soorten) tegenover elkaar uitgezet. Door het berekenen van de Spearman Rank correlatie is vervolgens de mate van overeenkomst tussen iedere index bepaald. De Spearman Rank correlatie is een methode om de relatie tussen twee variabelen te beschrijven.

Met het bepalen van de correlaties tussen de indices worden onderlinge relaties en overeenkomsten bloot gelegd. Een index met hoge zeggingskracht heeft een hoge mate van overeenkomst met zoveel mogelijk van de andere indices om het totaalpakket van biodiversiteitsonderdelen zo goed mogelijk te vertegenwoordigen. Echter, een (zeer) hoge correlatie met slechts enkele indices zou kunnen betekenen dat deze twee indices eigenlijk hetzelfde beschrijven.

Berekening

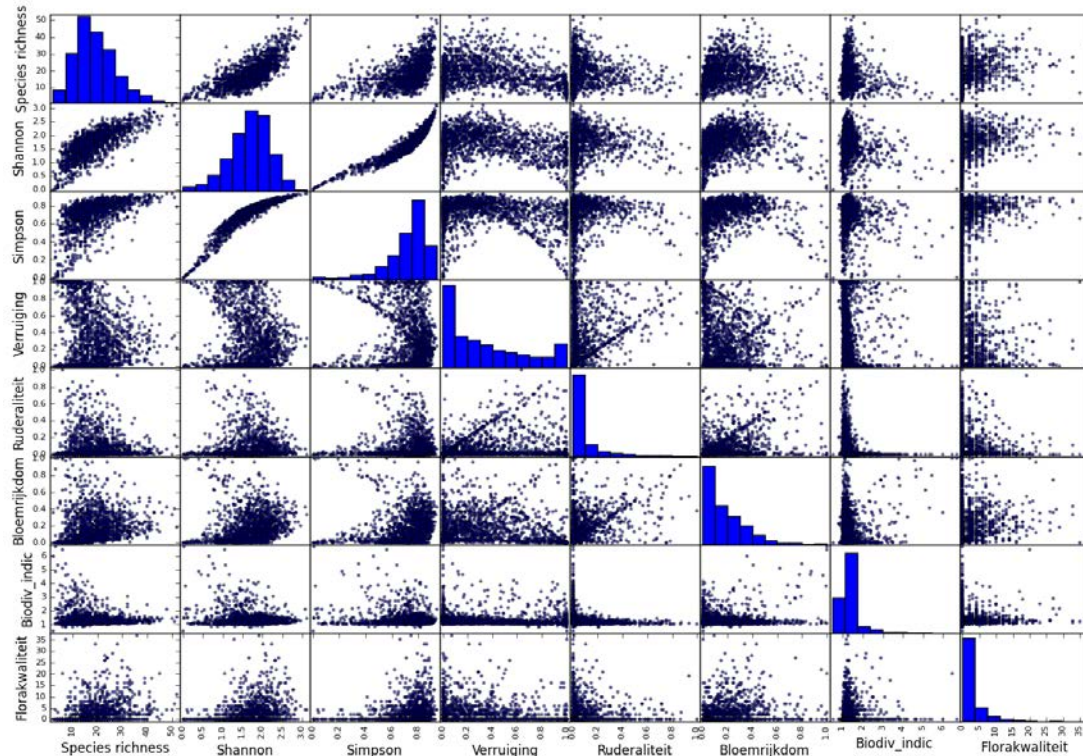
In tegenstelling tot de meer gebruikelijke Pearson correlatie gebruikt de Spearman de rang van de PQ's om een correlatie te berekenen. Door dit verschil in methode is kan de Spearman veel beter omgaan met variabelen die niet normaal verdeeld zijn of die (veel) *outliers* hebben. Uit de boxplots van hoofdstuk 0 is duidelijk op te maken dat van beide situaties sprake is in de gebruikte datasets.

Resultaten

In Tabel 4.1 is een correlatiematrix weergegeven van de acht berekende indices. Figuur 4.1 geeft op zijn beurt de bijbehorende puntenwolken weer. Over het algemeen wordt aangenomen dat correlaties met een waarde tussen de 0 en 0,3 of tussen de 0 en -0,3 als niet gecorreleerd tellen. In de tabel en de figuur is te zien dat de berekende indices niet sterk gecorreleerd zijn. De Shannon en Simpson indexen zijn hier een uitzondering op en lijken, samen met species richness, een blok te vormen van elkaar verklarende indices.

Tabel 4.1 Correlatiematrix die de Spearman Rho (ρ) weergeeft tussen de acht berekende flora indices ($n=1467$). De correlaties zijn gekleurd naar de mate van correlatie. De hoogste correlatiewaarden ($\rho = -1$ en $\rho = 1$) zijn groen gekleurd, de laagste ($\rho = 0$) is rood. Een ρ van 0,5 of -0,5 is geel. Andere waarden van ρ zijn tussen deze kleuren geschaald. Correlaties met een $p < 0,05$ zijn vetgedrukt. Correlaties met een $0,05 < p < 0,1$ zijn schuingedrukt.

	Species richness	Shannon	Simpson	Verruiging	Ruderaliteit	Bloemrijkdom	Biodiversiteits-indicator	Florakwaliteit
Species richness	1	0.752	0.612	-0.089	0.181	0.314	0.010	0.396
Shannon	0.752	1	0.960	-0.070	0.185	0.360	0.005	0.286
Simpson	0.612	0.960	1	-0.040	0.160	0.331	0.019	0.234
Verruiging	-0.089	-0.070	-0.040	1	0.230	-0.184	-0.251	-0.192
Ruderaliteit	0.181	0.185	0.160	0.230	1	0.363	-0.493	0.041
Bloemrijkdom	0.314	0.360	0.331	-0.184	0.363	1	-0.125	0.279
Biodiversiteits-indicator	0.010	0.005	0.019	-0.251	-0.493	-0.125	1	<i>0.134</i>
Florakwaliteit	0.396	0.286	0.234	-0.192	0.041	0.279	<i>0.134</i>	1



Figuur 4.1 Visuele puntgrafieken van alle indices. Iedere punt in de grafiek stelt een PQ voor. De PQ's zijn vervolgens uitgezet tegenover met de waarde van de index op de x-as en de waarde van de index op de y-as. De staafdiagrammen laten de verdeling van de waarden van die specifieke indices zien.

Constateringen

De species richness, Shannon en Simpson index hebben een hoge onderlinge correlatie. De hoge mate van correlatie tussen deze indices is te verwachten gezien de overeenkomstige wijze van berekenen. Zoals in hoofdstuk 0 beschreven, worden de Shannon en Simpson index berekend aan de hand van de verdeling van individuen tussen soorten en zijn de waarden afhankelijk van het aantal soorten binnen de gemeenschap. De Shannon index is daarbij meer afhankelijk van de soortenrijkdom dan de Simpson, zoals ook uit de resultaten volgt.

De zeer hoge correlatie tussen de Shannon en de Simpson index wijst er op dat deze twee indices de PQ's op vrijwel exact dezelfde wijze beschrijven. De twee indices lichten allebei biodiversiteit op dezelfde manier door. Hieruit kan men opmaken dat wanneer de ene index gebruikt wordt, het gebruik van de ander overbodig is. Hetzelfde geldt voor de species richness.

Omdat de Shannon een hogere correlatie heeft met de species richness, kiezen we er voor in volgende analyses de Simpson index en de species richness te laten vervallen. De Shannon index blijft dan over als beschrijvende index voor het aantal soorten binnen een gemeenschap en de verdeling van individuen tussen de soorten.



De biodiversiteitsindicator ontwikkeld door RHDHV heeft een matige correlatie met het bedekkingsaandeel van ruderaal soorten binnen PQ's. Dit zou kunnen komen doordat in ruderaal soorten veelal ook soorten zijn die in hoge Runhaar klassen zitten. Doordat de twee indices vanuit een andere invalshoek hetzelfde punt proberen te belichten ontstaat er een relatie tussen de twee.

Door de absolute correlatie waarden uit tabel 4.1 op te tellen kan een globaal beeld verkregen worden welke indices het meest gecorreleerd is met de andere indices. Voor deze berekening zijn de Simpson en species richness niet meegeteld, omdat zij gelijk zijn gesteld aan de Shannon index en geen daarmee toegevoegde waarde meer in zich hebben. Wanneer deze methode gevolgd wordt, hebben de indices bloemrijkdom en ruderaliteit de hoogste absolute correlatiewaarden (allebei 2,31). Dit zou kunnen indiceren dat deze twee indices over de breedte het meest gecorreleerd zijn met de andere aspecten van biodiversiteit.

4.3 Lineaire regressies van indices

Definitie

Lineaire regressie is een manier om verbanden tussen waarden te onderzoeken. De lineaire regressie beschrijft in welke mate de waarde van x de uitkomst van y kan voorspellen. Men gebruikt lineaire regressies bijvoorbeeld ook wel om te bepalen hoe goed een biotische waarde wordt verklaard door abiotische waarden. Ook zou het mogelijk zijn om te onderzoeken welke onderdelen van een formule een wezenlijke bijdrage leveren in het vormen van de berekende waarde. In de ideale situatie zou onderzocht worden welke van de berekende indices het meest de perfecte waarde van biodiversiteit verklaard, zoals is gepoogd in Possen *et al.* (2017). Echter, omdat die perfecte waarde niet bestaat, gebruiken we in dit onderzoek lineaire regressie om te onderzoeken welke index het meest beschreven wordt door de andere indices.

Berekening

Er is met de package *Relaimpo* (Grömping 2006) in R versie 3.4.2. gewerkt. Van ieder index is een lineair regressiemodel gemaakt. Als input variabelen voor de modellen zijn de overige indices gebruikt. Van ieder model is de R^2 berekend. De R^2 beschrijft hoeveel van de variatie in het model verklaard wordt door de input variabelen. In dit geval wordt bij een hoge R^2 dus de variatie van de berekende index goed verklaard door de andere indices. De index met de hoogste waarde, is daarmee het meest verklarend voor de rest van het pakket van biodiversiteitsindices.

Uit de hoge mate van correlatie tussen Shannon, Simpson en species richness valt op te maken dat deze indices op zo'n mate gerelateerd zijn dat zij dezelfde waarden van biodiversiteit beschrijven. Daarom is het niet relevant om alle drie de indices mee te nemen in de volgende stap van de analyse. Er is voor gekozen alleen de Shannon index te gebruiken omdat deze het beste zowel het aantal soorten binnen een gemeenschap als de verdeling van individuen tussen deze soorten beschrijft.

Resultaten

Uit Tabel 4.2 valt op te maken dat de variatie van ruderaliteit en bloemrijkdom het meeste verklaard wordt door de andere indices (hoogste totale R^2). De indicator Florakwaliteit wordt het minst door de andere indices verklaard. Bij geen van de modellen werd de variatie voor meer dan 30% verklaard door de andere indices.

Wanneer ruderaliteit en bloemrijkdom onderling vergeleken worden is te zien dat de verklaring van bloemrijkdom minder rust op de biodiversiteitsindicator en het bedekkingsaandeel verruigingssoorten. In plaats daarvan leveren de index florakwaliteit en de Shannon index een relatief groter aandeel aan de verklaarde variatie. De onderlinge relatie tussen ruderaliteit en bloemrijkdom is sterker dan met de andere indices, wat ook al te zien viel uit de relatief hogere correlatie.

Tabel 4.2 De mate van verklaring van ieder index regressie model (R^2) verdeeld per onderliggende indice. De rechter kolom geeft de totale R^2 van het model aan.

	Shannon	Verruiging	Ruderaliteit	Bloemrijkdom	Biodiversiteitsindicator	Flora-kwaliteit	Totale R^2
Shannon	-	2.039	0.198	1.943	4.162	4.918	13.260
Verruiging	2.041	-	6.098	3.715	0.300	1.546	13.699
Ruderaliteit	0.173	5.540	-	16.068	6.179	0.273	28.232
Bloemrijkdom	1.811	3.362	16.145	-	3.389	2.783	27.490
Biodiversiteitsindicator	4.154	0.300	6.789	3.767	-	0.199	15.209
Florakwaliteit	4.989	1.561	0.315	3.023	0.200	-	10.088

Constateringen

Het bedekkingsaandeel van bloemrijke of ruderale soorten lijkt als index voor biodiversiteit het meest verklaard te worden door de andere indices. Dit houdt in dat deze twee indices het meest verklaard worden door de verschillende aspecten van biodiversiteit. Bloemrijkdom en ruderaliteit scoren daarmee goed in het breed beschrijven van biodiversiteit binnen de opnamen.

Ruderaliteit en bloemrijkdom verschillen in hoe de R^2 is opgebouwd per onderliggende indice. De opbouw van de R^2 van bloemrijkdom lijkt daarbij iets breder verdeeld over de overige indices wat kan duiden op een bredere vertegenwoordiging van biodiversiteitsonderdelen.

Florakwaliteit wordt het minst door de andere indices verklaard. Dit zou kunnen duiden op een bijzonder geval waarbij deze index onderdelen beschrijft die de andere indices achterwegen laten. De Index Florakwaliteit is dan ook de enige index die zicht richt op de weinig voorkomende indicatorsoorten.

4.4 Bruikbaarheid en geschiktheid van indices

Om de toepasbaarheid van de indices voor Rijkswaterstaat te belichten, wordt van drie indices de verdeling over de datasets nader onderzocht. De drie indices die gekozen zijn voor deze stap in de vergelijking zijn de Shannon index, de bloemrijkdom en de Biodiversiteitsindicator flora ontwikkeld door RHDHV (Possen *et al.*, 2017).

Deze drie indices belichten ieder een ander onderdeel van de biodiversiteit van de gemeenschappen. Voor de Shannon index is gekozen omdat deze zich voornamelijk richt op het beschrijven van het aantal soorten en de verdeling van individuen tussen die soorten. Daarmee representeert deze index het blok van indices met daar ook de Species richness en de Simpson index in. Ook bloemrijkdom is meegenomen in deze analyse. Uit de lineaire regressie is gebleken dat deze index het best de andere indices beschrijft (paragraaf 4.3). Daarnaast representeert deze index het blok van indices die de vegetatie beschrijven door het bedekkingsaandeel van indicerende soorten. De biodiversiteitsindicator op zijn beurt, beschrijft als enige index het abiotische ecotype van de gemeenschap. Om die reden is ook deze index meegenomen in de verdere analyse.

De indices worden onderling vergeleken in hun vermogen beheermethoden, fysisch geografische regio's en begroeiingstypen te beschrijven.

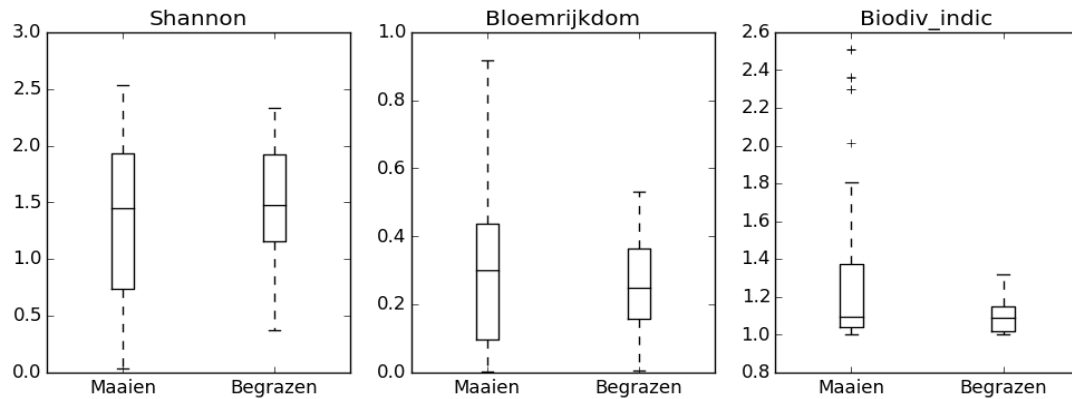
4.4.1 Beheermethode

In de dataset van de Nulmeting is genoteerd welk beheer er op iedere PQ wordt uitgevoerd. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen maaien en begrazen. In de Meetnet Bermflora wordt het beheer niet meegenomen als meetwaarde. De twee beheertypen zijn voor iedere index vergeleken met behulp van Mann-Whitney U testen. De test onderzoekt voor data die niet normaal verdeeld is of verschillende verdelingen hebben tussen twee groepen, in dit geval twee beheertypen. Naast Mann-Whitney U testen zijn er boxplots gemaakt als beschrijvende statistiek.

Uit de Mann-Whitney U test volgt dat geen van de indices een verschil tussen beheertypen laat zien (Tabel 4.3). De indices worden dus op vergelijkbare wijze beïnvloed door verschillende beheermethoden. De verdeling van de waarden is echter niet gelijk tussen de indices (Figuur 4.2). Bij de Biodiversiteitsindex flora zijn enkele *outliers* in de data te zien die bij de andere indices niet opkomen. De spreiding tussen begraasde en gemaaide PQ's lijkt dan ook het grootst bij deze indice, hoewel niet significant ($p = 0.063$).

Tabel 4.3 P-waarden van de Mann-Whitney U testen van beheertypen van de PQ van de Nulmeting 2017 met de Shannon index, bloemrijkdom en biodiversiteitsindicator flora.

Beheer	U-waarde	P-waarde
Shannon index	1485.0	0.640
Bloemrijkdom	1751.5	0.281
Biodiversiteitsindicator	1886.0	0.063



Figuur 4.2 Verdeling van bloemrijkdom, Shannon index en de biodiversiteitsindicator flora tussen gemaaide en begraasde PQ's in de Nulmeting dataset. Biodiv_indic is de biodiversiteitsindicator flora.

4.4.2 Fysisch geografische regio

De dataset van het Meetnet Bermflora maakt een duidelijk onderscheid tussen fysisch geografische regio's van de PQ's (Boddeke *et al.* 2016). Daarom is voor de vergelijking van de Shannon index, bloemrijkdom en biodiversiteitsindicator tussen fysisch geografische regio's (FGR) alleen gebruik gemaakt van deze dataset. De PQ's van het Meetnet Bermflora zijn onderverdeeld in vijf regio's, zijnde: heuvelland (HL), hoge zandgronden (HZ), laagveen (LV), rivierklei (RI) en zeeklei (ZK). De vijf FGRs zijn voor iedere index vergeleken met behulp van Kruskal-Wallis testen. Deze test berekend of data die niet normaal verdeeld is een gelijke verdeling heeft tussen meerdere groepen. Daarnaast zijn er boxplots gemaakt als beschrijvende statistiek. Om natuurlijke variatie binnen de dataset te verkleinen is er voor deze analyse alleen gebruik gemaakt van PQ's die getypeerd worden met het begroeiingstype grasland.

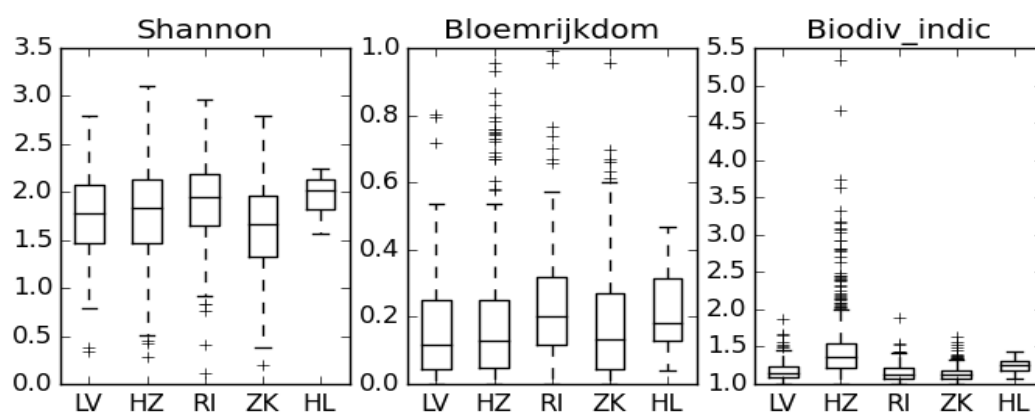
Uit de Kruskal-Wallis testen volgt dat de vijf FGRs geen gelijke verdeling van zowel de Shannon index, de bloemrijkdom en de biodiversiteitsindicator flora laten zien (Tabel 4.4).

Om exacte uitspraken te doen over waar dit verschil zit, moeten post-hoc toetsen uitgevoerd worden, welke niet relevant zijn voor dit onderzoek. Wat uit de boxplots van Figuur 4.3 volgt is dat de verschillen tussen FGRs in bloemrijkdom en biodiversiteitsindicatoren goed het gevolg kunnen zijn van de *outliers* bij hoge zandgronden, waar ook de hoogste waarden zijn aangetroffen.

Er zijn in Figuur 4.3 geen grote verschillen waar te nemen in de verdeling van de Shannon index, bloemrijkdom en de biodiversiteitsindicator tussen de FGRs. Tussen de indices zijn wel verschillen waar te nemen. Zo is het aantal *outliers* bij de Shannon index lager dan bij de andere twee indices. De Shannon index is dus beter dan de andere twee in het beschrijven van de verdeling van PQ's tussen de vijf fysisch geografische regio's. De boxen van de Biodiversiteitsindicator zijn erg smal, terwijl er erg veel *outliers* aanwezig zijn. Daarmee is deze index het minst goed in het beschrijven en weergeven van deze data.

Tabel 4.4 P-waarden van Kruskal-Wallis testen van de fysisch geografische regio's van de PQ's van het Meetnet Bermflora met de Shannon index, bloemrijkdom en biodiversiteitsindicator flora. Alleen de PQ's van het begroeiingstype Grasland zijn gebruikt voor de analyse.

FGR	H-waarde	P-waarde
Shannon index	46.175	<0.001
Bloemrijkdom	27.651	<0.001
Biodiversiteitsindicator	454.669	<0.001



Figuur 4.3 Verdeling van de Shannon index, bloemrijkdom en Biodiversiteitsindicator flora tussen de vijf geografische regio's in de Meetnet Bermflora dataset. LV = laagveen, HZ = hoge zandgronden, RI = rivierklei, ZK = zeeklei en HL = heuvelland. Biodiv_indic is de biodiversiteitsindicator flora. Alleen de PQ's van het begroeiingstype Grasland zijn gebruikt voor deze analyse.

4.4.3 Begroeiingstypen

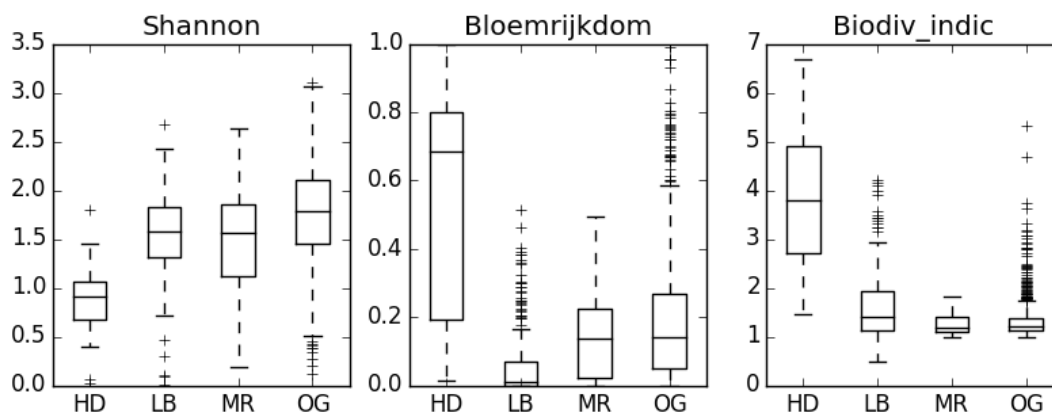
De dataset van het Meetnet Bermflora maakt een duidelijk onderscheid tussen begroeiingstypen van de PQ's (Boddeke *et al.* 2016). Daarom is voor de vergelijking van de Shannon, bloemrijkdom en biodiversiteitsindicator tussen begroeiingstypen (BGT) alleen gebruik gemaakt van deze dataset. De PQ's van het Meetnet Bermflora zijn onderverdeeld in vijf begroeiingstypen: heide (HD), loofbos (LB), moeras (MR), naaldbos (NB) en grasland (OG). Voor de analyse zijn de begroeiingstypen met minder dan 20 PQ's niet meegenomen. De overgebleven begroeiingstypen zijn dan heide (n=21), loofbos (n=181), moeras (n=23) en grasland (n=1127). De vier BGTs zijn voor iedere index vergeleken met behulp van Kruskal-Wallis testen. Daarnaast zijn er boxplots gemaakt als beschrijvende statistiek.

Uit de Kruskal-Wallis testen volgt dat de vier BGT geen gelijke verdeling van zowel de Shannon, de bloemrijkdom en de biodiversiteitsindicator flora laten zien (Tabel 4.5). Om exacte uitspraken te doen over waar dit verschil zit, moeten post-hoc toetsen uitgevoerd worden, welke niet relevant zijn voor dit onderzoek. Uit de boxplots van Figuur 4.4 volgt de verdeling van de Shannon index, bloemrijkdom en biodiversiteitsindicator tussen de BGTs niet hetzelfde is. Dit is niet verrassend aangezien het begroeiingstype een biotische factor is die de vegetatiesamenstelling globaal beschrijft, net als de gekozen indices.

Opvallend is dat de Shannon index de waarde van heiden relatief laag scoort (Figuur 4.4). De verdeling van de score die gegeven wordt aan loofbossen, moeras en graslanden is bij alle drie de indices ongeveer gelijk. Bloemrijkdom lijkt loofbossen lager te scoren, wat te verwachten valt aangezien deze index vooral toepasbaar is op grassige vegetaties. De spreiding van bloemrijkdom en de biodiversiteitsindicator waarden is hoger bij grasland PQ's dan bij de Shannon index. Dit is noemenswaardig aangezien meer dan 80% van de PQ's binnen het Meetnet Bermflora, en daarmee het bermareaal van Rijkswaterstaat, als grasland getypeerd wordt. Net als bij de fysisch geografische regio's, zijn de boxen van de Biodiversiteitsindicator relatief smal en heeft de Shannon index weinig *outliers*.

Tabel 4.5 P-waarden van Kruskal-Wallis testen van de begroeiingstypen van de PQ's van het Meetnet Bermflora met de Shannon index, bloemrijkdom en Biodiversiteitsindicator flora.

BGT	H	p
Shannon index	80.624	<0.001
Bloemrijkdom	191.237	<0.001
Biodiversiteitsindicator	94.210	<0.001



Figuur 4.4 Verdeling van de Shannon index, bloemrijkdom en Biodiversiteitsindicator flora tussen de vijf begroeiingstypen in de Meetnet Bermflora dataset. HD = heide, LB = loofbos, MR = moeras en OG = grasland. Biodiv_indic is de biodiversiteitsindicator flora.

4.4.4 Constatierungen

De Shannon index, bloemrijkdom en Biodiversiteitsindicator flora zijn statistisch gezien weinig verschillend in het beschrijven van verschillende beheermethoden, fysisch geografische regio's en begroeiingstypen. De grootste verschillen tussen de drie indices treden op wanneer er gekeken wordt naar de verdeling tussen begroeiingstypen.

Wanneer de indices over het brede spectrum beter worden vergeleken is wel te zien dat het aantal *outliers* bij de biodiversiteitsindicator relatief hoog ligt en de boxen relatief smal zijn. De Shannon index daarentegen heeft erg weinig *outliers*. In de ideale situatie zijn de boxen en de *whiskers* van de boxplot breed genoeg om de data te bevatten en is het aantal *outliers* klein.



Het hebben van veel *outliers* duidt namelijk op een scheve verdeling van de data. In dat geval is de statistische zeggingskracht veel lager. De Shannon index is door de brede boxen en de weinige *outliers* dus beter in het beschrijven van de variatie in de meetwaarden dan de andere twee indices. De grote spreiding in waarden van de Biodiversiteitsindicator flora was ook al zichtbaar bij eerdere berekening en uiteenzetting van deze index (zie paragraaf 3.5)



5 Advies gebruik indices

5.1 Algemeen

Biodiversiteit beschrijft de verscheidenheid aan levensvormen binnen een ecosysteem. De kwaliteit van een ecosysteem is echter meer dan alleen hoe divers deze is. Het hangt ook af van de staat van de gemeenschap en de samenhang tussen biotische en abiotische factoren. De kwaliteit van het areaal van Rijkswaterstaat is daarom lastig met één index voor biodiversiteit te vatten. Toch is voor het monitoren en het vormen van doelstellingen van belang om met slechts één of enkele waarden te kunnen spreken. Het komt vaak voor dat een combinatie van indices gebruikt wordt om van ieder de sterkste punten te gebruiken voor een analyse. Hiermee wordt een meer compleet beeld geschetst van de complete structuur van de gemeenschap. Voor dit onderzoek heeft Tauw elf indices berekend en vergeleken die allen op hun eigen wijze biodiversiteit beschrijven in een poging een ideale index voor biodiversiteitsmonitoring te bepalen.

Om een gedegen advies te kunnen geven over het gebruik van de vergeleken indices voor het doel van Rijkswaterstaat, zijn de bevindingen van de voorgaande hoofdstukken samengevat in Tabel 5.1. Als eerste zijn de indices gescoord op het gemak waarmee deze zijn te berekenen en te begrijpen. Een goede index die de biodiversiteitsdoelstellingen van Rijkswaterstaat moet beschrijven, moet op begrijpbare wijze in toekomstig beheer gegoten kunnen worden. Daarnaast worden de indices vergeleken op de mate waarmee zij de verdeling van data kunnen beschrijven. Wanneer een index erg veel 0-waarden bevat, de waarden erg dicht bij elkaar liggen (smalle box in boxplot) of de spreiding van waarden erg groot is (veel *outliers* in boxplot), verliest de index aan zeggingskracht. De beste index heeft een brede, normaal verdeelde verdeling van de PQ's. Hiermee wordt de natuurlijke variatie het best beschreven.

Vervolgens zijn de indices vergeleken op hun robuustheid tegen random gebeurtenissen. Een index verliest aan zeggingskracht wanneer deze een hoge vatbaarheid heeft voor toevalligheden. Een index is niet robuust wanneer een enkele (toevallig) gekiemde plant evenveel waarde in de berekening heeft als planten van een soort met een hoge abundantie en historie in de vegetatie. Als laatste score is meegenomen hoe goed een index is in het beschrijven van het brede pakket biodiversiteit beschrijvende indices. Aangezien het voor het doelstellingen van Rijkswaterstaat niet houdbaar is om alle indices te beschrijven, wordt er gezocht naar de index die het beste is in het beschrijven van het gehele brede pakket aan indices. Hiervoor wordt gekeken naar hoe goed de index scoorde bij de correlaties en lineaire regressies.

5.2 Vergelijking indices

Bedreigde, beschermde en zeldzame soorten

Het aantal beschermde, zeldzame en Rode Lijst soorten zijn eerder al uit de analyse gehaald vanwege het beperkt aantal waarnemingen van deze soorten. Echter, het regelmatig monitoren van het aantal Rode Lijst of zeldzame soorten binnen het areaal van Rijkswaterstaat is nog steeds waardevol.

Dit omdat deze soorten zich lastig vestigen en als indicatie kunnen dienen voor goede groeiomstandigheden. Een stijgende lijn van gevestigde Rode Lijst of zeldzame soorten zou kunnen duiden op een verbetering van de kwaliteit van de vegetaties.

Simpson index

De Simpson index is in de verdere vergelijking niet meegenomen omdat de overeenkomsten tussen deze en de Shannon index te groot zijn. De toegevoegde waarde van de Simpson index is daarmee verloren.

Species richness

De species richness is een index die er uit springt door het gemak waarmee deze index te berekenen en te interpreteren is. Hoewel de index weinig robuust is tegen random gebeurtenissen, geeft het aantal soorten binnen een gemeenschap een goede eerste indruk van de staat ervan. De species richness zou dan kunnen dienen als ondersteunende index die extra zeggingskracht geeft aan indices bij het beschrijven van de biodiversiteit.

Shannon index

De Shannon index is gebleken erg goed te zijn in het beschrijven van variaties binnen beheer, fysisch geografische regio's en begroeiingstypen. In tegenstelling tot bloemrijkdom en de biodiversiteitsindicator flora zijn maar weinig opnamen als *outliers* behandeld in de beschrijvende statistiek. De Shannon index is daarnaast een goede index om de soortenrijkdom te koppelen aan de verdeling van individuen tussen die soorten. Het geeft daarmee een beeld van eventuele dominantie van één of enkele soorten. De Shannon index geeft geen kwaliteitsoordeel aan de soorten binnen de gemeenschap, maar dit zou ook als sterk punt geassocieerd kunnen worden, omdat het juist een op zichzelf staande beschrijving geeft van de soorten in de gemeenschap.

Tabel 5.1 Uiteenzetting van zeven overgebleven indices waarbij deze gescoord worden aan de hand van criteria voor de optimale index. De score zijn onderverdeeld in 5 klassen: van - - voor de laagste score tot ++ voor de hoogste score. 0 is een matige score.

Criteria	Species richness	Shannon	Verruiging	Ruderaliteit	Bloemrijkdom	Biodiversiteits-indicator Flora	Index florakwaliteit
Beschrijvend onderdeel biodiversiteit	# soorten en verdeling	# soorten en verdeling	Bedekking indicerende soorten	Bedekking indicerende soorten	Bedekking indicerende soorten	Abiotiek	Bedekking indicerende soorten
Eenvoudig te berekenen en begrijpen	++	0	+	+	++	-	-
Goede beschrijving van de verdeling van data	+	++	+	-	0	- -	-
Robuust tegen random gebeurtenissen	- -	+	+	+	+	-	0
Gerelateerd met brede aspecten biodiversiteit	0	0	0	+	++	0	-



Verruiging

Verruigingssoorten zijn soorten die zich goed uiten bij een hoge beschikbaarheid van voedingsstoffen. Aangezien Rijkswaterstaat de biodiversiteit in zijn areaal wilt verhogen door middel van verarming, zou deze index kunnen fungeren als negatieve indicator van dit streven. Door het opnemen van boomsoorten binnen de lijst met verruigingssoorten is deze index echter minder toepasbaar op vegetaties met een ander begroeiingstype dan grasland.

Ruderaliteit

Ruderaal soorten worden gedefinieerd als soorten die kale bodems koloniseren. Hiermee wijst deze index op roering in de bodem. De gemiddelde waarde van ruderaliteit over de PQ's is erg laag (Figuur 3.3). Verder is de spreiding van *outliers* juist erg hoog. Hiermee scoort de index niet goed in het beschrijven van de data. Verder valt de toepasbaarheid te betwisten aangezien roering in de bodem vaak voorkomt binnen het areaal van Rijkswaterstaat.

Bloemrijkdom

Bloemrijkdom is gebleken het meest gerelateerd te zijn met de andere indices (paragraaf 4.2 en 4.3). Daarmee zou deze index het brede pakket aan onderdelen van biodiversiteit het beste beschrijven. Bloemrijkdom behelst de soorten in de dataset die niet wind bestoven worden, of als struik of boom gecategoriseerd worden. Daarmee is bloemrijkdom een goede negatieve indicator voor de bedekking van deze drie soortgroepen. Aangezien een afname van grassige soorten over het algemeen gepaard gaat met een verbetering van de kwaliteit van een ecosysteem, lijkt de index hier goed op in te springen. Verder is bloemrijkdom in zijn vorm ook direct te begrijpen voor mensen met minder verstand van vegetatiekunde. De index is echter minder toepasbaar voor PQ's met een ander begroeiingstype dan grasland.

Biodiversiteitsindicator Flora

Dit is de enige index die de abiotiek van PQ's probeert te omschrijven door middel van de gevestigde planten, en kan daarmee waardevol kan zijn in de toepassing bij Rijkswaterstaat. Echter, door de ingewikkelde formule is het gemak van gebruik van deze index lager gescoord. Daarnaast is de index minder robuust tegen random gebeurtenissen omdat de berekening gebruik maakt van het aantal soorten van bepaalde Runhaar klassen. De bedekking van deze soorten is daarbij niet van belang. De willekeurige kieming van één plant in een hoge Runhaar klasse kan daarmee een relatief grote invloed hebben op de waarde van deze index. Daarnaast scoort deze index niet hoog in de mate waarmee het de data beschrijft. Over het algemeen zijn de waarden van de Biodiversiteitsindicator Flora erg scheef verdeeld met veel waarden rond de 1.

Index flora kwaliteit

De index flora kwaliteit beschrijft de vegetatie net als de verruiging, ruderaliteit en bloemrijkdom door middel van de bedekking van indicerende soorten. Echter, hier wordt gebruik gemaakt van de indicatorsoorten van de SNL. Verder gebruikt de Index flora kwaliteit de decimale schaal van Van der Maarel om bedekking te scoren.



Op deze schaal hebben soorten met een lage abundantie een relatief hoger aandeel in het bepalen van de berekende waarde. Hierdoor is de index meer vatbaar voor het voorkomen van één enkele plant van een indicerende soort.

Door het lage voorkomen van indicatorsoorten bevat de Index florakwaliteit veel waarden van 0 en is de index in mindere mate in staat de variatie juist te beschrijven. In plaats van Index Florakwaliteit kan er wel, net als met Rode Lijst en zeldzame soorten, met enige regelmaat gekeken worden naar de aanwezigheid van indicator soorten om de toestand van de vegetatie te monitoren.

5.3 Advies gebruik

Zoals hierboven vermeld heeft iedere index zijn sterke en minder sterke punten en is iedere index op zijn eigen manier toepasbaar om de biodiversiteitsdoelstellingen van Rijkswaterstaat te beschrijven. Zo is het monitoren van species richness een eenvoudige manier om snel de toestand van de vegetatie inzichtelijk te maken. Ondanks de vatbaarheid voor random gebeurtenissen, verhoogt het vermelden van de species richness de zeggingskracht van ieder andere gebruikte index.

Bijna onlosmakelijk van de species richness en over de breedte veel gebruikt als biodiversiteitsindicator is de Shannon index. Deze index is gebleken erg goed te zijn in het beschrijven van de variatie van de data. Daarnaast brengt deze index perspectief op de species richness binnen een PQ.

Ook het gebruik van de bloemrijkdom als biodiversiteitsindicator wordt aanbevolen. Uit de analyses is gebleken dat deze index het beste is in het beschrijven van de andere indices. Het gebruik van deze index zegt daarmee ook iets over bijvoorbeeld de florakwaliteit binnen het PQ. Deze index is ook makkelijk te begrijpen en zeker in graslanden erg goed toe te passen met een doelstelling om het aandeel van grassige soorten in de bedekking te laten afnemen.

Aanbevolen wordt om de drie indices mee te nemen in het formuleren van doelstellingen van Rijkswaterstaat. Voor iedere index zou dan een apart doel gevormd kunnen worden. Men zou bijvoorbeeld kunnen voornemen om aantal soorten met 10% te laten stijgen, de verdeling tussen soorten gelijkjer te trekken (hogere Shannon index) en de dominantie van grassen te laten afnemen (hogere bloemrijkdom).

5.4 Toekomstige monitoring indices

Alle drie indices (species richness, Shannon Index en Bloemenrijkdom) zijn direct af te leiden uit de verzamelde dataset. Het meetnet PQ voor bermflora loopt nog steeds door. Ook voor kanalen zet RWS een meetnet op. Het betekent dus ook dat extra benodigde inzet of capaciteit voor veldwerk niet nodig is. Extra kosten zijn er dan ook niet. De enige beperking erbij is dat dit alleen mogelijk is bij puntvormige objecten waarvoor het nodig is deze in een tijdreeks van zeker 20 jaar voor te zetten. De drie indices zijn niet te verzamelen als vlakvormige inventarisaties worden gedaan.

6 Referentielijst flora

6.1 Beheertypen SNL

In paragraaf 3.6 is al beschreven dat Tauw voor de berekening van de Index Florakwaliteit gebruik heeft gemaakt van soorten die als indicatorsoort zijn aangewezen in het Subsiestelsel Natuur en Landschap (SNL). Het gaat dan alleen om soorten die indicierend zijn voor een zeker beheertype (zie bijlage 1 voor de lijst indicatorsoorten). Het is hiermee ook mogelijk om de indicerende soorten uit te splitsen per begroeiingstype. De PQ's van het Meetnet Bermflora zijn onderverdeeld in vijf begroeiingstypen: heide (HD), loofbos (LB), moeras (MR), naaldbos (NB) en grasland (OG). In Tabel 6.1 volgt een overzicht van welke beheertypen onder de genoemde begroeiingstypen vallen.

Omdat de aangetroffen vegetaties vaak dezelfde (algemene) soorten herbergen en per Fysisch Geografische Regio weinig verschillen zijn in floristische samenstelling (op basis van de beschikbare datasets), heeft het weinig toegevoegde waarde om plantensoorten in te delen per Fysisch Geografische Regio.

6.2 Uitbreiding indicerende soorten

Uit paragraaf 3.6 blijkt dat het aantal aangetroffen kwaliteitssoorten en de bedekking ervan te laag is om een statisch bruikbare verspreiding van waarden te genereren. Dit zou kunnen komen doordat indicatorsoorten zich over het algemeen lastig vestigen. Daarnaast zijn de indicatorsoorten vaak relatief zeldzame soorten, ook in NNN-gebieden.

Tabel 6.1 Overzicht van de begroeiingstype en bijbehorende beheertypen van het NNN.

Begroeiingstype	Bijbehorende beheertypen
Heide	Vochtige heide, droge heide en duinheide
Loofbos	Hoog- en laagveenbos, Dennen-, eiken- en beukenbos, Rivier- en beekbegeleidend bos, Duinbos, Vochtig en droog bos met produktie, Vochtig hakhout en middenbos
Moeras	Moeras
Naaldbos	Dennen-, eiken- en beukenbos, Droog bos met produktie
Grasland	Nat schraalland, Kruiden- en faunarijk grasland, Vochtig hooiland, Glanshaverhooiland, Droog schraalgrasland, Zilt - en overstromingsgrasland, Bloemdijk, Botanisch waardevol grasland, botanisch waardevol akkerland.

Om dit probleem op te lossen is een set aan typerende, maar minder zeldzame soorten nodig om effecten van vershraling van wegbermen in beeld te brengen. Een aantal soorten die bekend zijn als indicatorsoorten uit SNL zijn minder zeldzaam en kunnen dus goed gebruikt worden voor een referentielijst. Tabel 6.2 toont deze soorten.



Tabel 6.2 is aangevuld met een set aan kenmerkende soorten op basis van de meest voorkomende vegetatietypen voor graslanden. Deze soorten zijn bepaald aan de hand van de aanwezige vegetatietypen binnen het areaal van RWS. Bureau Waardenburg heeft bepaald welk vegetatietype het beste hoort bij de aangetroffen samenstelling van planten in de opnamevlakken. Uit deze dataset is op basis van expert-judgement bepaald welke ervan indicierend zijn voor verschraling (afgeleid van Weeda et al, 2002). Dit zijn de volgende:

1. 14B: Struisgrasorde (vooral het verbond van struisgras en het Dwerghaververbond)
2. 16A: Pijpstrootje-orde (Dotterbloemverbond)
3. 16B Glanshaverorde (vooral het glanshaververbond en het kamgrasverbond)

Van deze syntaxa is vervolgens nagegaan welke soorten indicierend zijn voor de betreffende orde (en verbond). Hieruit zijn die soorten geselecteerd die potentieel vaker voorkomen dan de indicerende soorten onder de SNL. Hierbij zijn te algemene en nietszeggende soorten, zoals madeliefje en varkensgras, niet meegenomen. De referentielijst flora voor Rijkswaterstaat bestaat deels uit de SNL-indicatorsoorten en deels uit kenmerkende soorten voor typerende vegetatietypen.

Tabel 6.2 Geselecteerde soorten voor de referentielijst flora voor het begroeiingstype grasland.

Geselecteerde soorten

Duizendblad, gewoon struisgras, moerasstruisgras, vroege haver, reukgras, zachte dravik, akkerhoornbloem, gewone hoornbloem, zandhoornbloem, fijn schapengras, rood zwenkgras, gewoon biggenkruid, smalle weegbree, schapenzuring, gewone rolklaver, moerasrolklaver, veldzuring, kleine en grote bevernel, kale jonker, moeraspirea, tweerijige zegge, blauwe zegge, gewone bermzegge, zandzegge, zeegroene muur, glad walstro, geel walstro, moeraswalstro, holpijp, pinksterbloem, klein en groot streepzaad, kleine leeuwentand, kraailook, bermooievaarsbek, veldlathyrus, hopklaver, kleine klaver, aardaker, behaarde boterbloem, knolboterbloem, echte koekoeksbloem, gele morgenster, gewone margriet, knoopkruid, gewone veldbies, gewone veldsla, gewone vogelmelk, grasklokje, rapunzelklokje, grote ratelaar, heelblaadjes, goudhaver, kamgras, klein tasjeskruid, klein vogelpootje, zandblauwtje.



7 Literatuur

Bakker, R. & Bijkerk, W., 2008. Meetnet Bermflora Rijkswegen. Analyserapport 2004-2007. A&W-rapport 1074. Altenburg & Wymenga, ecologisch onderzoek, Veenwouden.

Boddeke, P.H.N., Japink, M., Boonman, M. & Reitsma, J.M., 2016. Ontwikkelingen in de bermvegetatie langs rijkswegen 1999-2015. Eindrapport Meetnet Bermflora 4e meetronde 2012-2015, Analyserapport 1999-2015. Bureau Waardenburg Rapportnr. 16-095. Bureau Waardenburg, Culemborg.

Braun-Blanquet, J. (1921). Prinzipien einer Systematik der Pflanzengesellschaften auf floristischer Grundlage. Jahrb. St. Gallischer Naturwiss. Ges. 57: 305-351.

Grömping, U. 2007. Relative importance for linear regression in R: the package *Relaimpo*. J. Stat. Softw. 17, 1-27.

Hoshino, 1991. Transformation from the Braun-Blanquet Cover-Abundance Scale to Percentage Cover for the Calculation of Species Diversity. Environmental Science, vol.4, 3
https://www.jstage.jst.go.jp/article/sesj1988/4/3/4_3_193/article-char/en

Possen, B. Courbois, M., Eichhorn, K. & van den Broek, T., 2017. Methodiek en nulmeting biodiversiteit. Royal Haskoning DHV. Rapport referentie WATBF5328R001F01.

Runhaar J, Groen CLG, van der Meijden R & Stevers RAM. 1987. Een nieuwe indeling in ecologische groepen binnen de Nederlandse flora. Gorteria 13: 277-359.

Sparrius, L.B., Odé, B., & Beringen, R., 2014. Basisrapport Rode Lijst Vaatplanten 2012 volgens Nederlandse en IUCN-criteria. FLORON Rapport 57. FLORON, Nijmegen.

Tamis, W.L.M., van der Meijden, R., Runhaar, J., Bekker, B.M., Ozinga, W.A., Odé, B. & Hosté, I., 2004. Standaardlijst van de Nederlandse flora 2003. Gorteria 30: 101-195.

Weeda, E.J., J.H.J. Schaminée en L. van Duuren, 2002. Atlas van Plantengemeenschappen in Nederland, deel 2 graslanden, zomen en heiden.



Bijlage 1 SNL indicatorsoorten

Een bijgevoegd Excel-bestand bevat de SNL-indicatorsoorten gebruikt voor het berekenen van de Index Florakwaliteit (paragraaf 3.6).

SNL, Kwaliteitssorten per beheertype

Versie RW/RvR feb-2014

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	CBS-code	892	N11.01	N12.01	N12.02	N12.03	N12.04	N14.01	N14.02	N14.03	N14.04	N15.01	N15.02	N15.03	N16.01	N16.02	N17.01	A02.01	A02.02	A02.03	
Aapjesorchis	<i>Orchis simia</i>																					
Aardaker	<i>Lathyrus tuberosus</i>		717		X		X											X	X			
Aardbeiganzerik	<i>Potentilla sterilis</i>		1011						X		X						X					
Aardbeiklaver	<i>Trifolium fragiferum</i>		1300					X														
Aarddistel	<i>Cirsium acule</i>		330		X	X																
Aardkastanje	<i>Bunium bulbocastanum</i>		169																	X		
Addertong	<i>Ophioglossum vulgatum</i>		879	X	X													X				
Adderwortel	<i>Persicaria bistorta</i>		969		X																	
Akkerandoorn	<i>Stachys arvensis</i>		1243																	X		
Akkerboterbloem	<i>Ranunculus arvensis</i>		1042																	X		
Akkerdoornzaad	<i>Torilis arvensis</i>		1288		X		X													X		
Akkerereprijs	<i>Veronica agrestis</i>		1345																			X
Akkergeelster	<i>Gagea villosa</i>		537																	X		
Akkerklokje	<i>Campanula rapunculoides</i>		195																	X		
Akkerleeuwenbek	<i>Misopates orontium</i>		72																	X		
Akkerogentroost	<i>Odonites vernus subsp. vernus</i>		1496																	X		
Akkervergeet-mij-nietje	<i>Myosotis arvensis</i>		840																	X		
Akkerviltkruid	<i>Filago arvensis</i>		522																	X		
Akkerviooltje	<i>Viola arvensis</i>		1378																	X		
Akkerzenegroen	<i>Ajuga chamaepitys</i>		22																	X		
Alpenheksenkruid	<i>Circaea alpina</i>		327							X												
Amandelwolfsmelk	<i>Euphorbia amygdaloides</i>		491								X											
Amsinckia	<i>Amsinckia menziesii</i>		1658																			X
Armbloemige waterbies	<i>Eleocharis quinqueflora</i>		438	X																		
Beemdnaver	<i>Helictotrichon pratense</i>		603		X																	
Beemdkroon	<i>Knautia arvensis</i>		692		X	X	X												X			
Beemdoeivaarsbek	<i>Geranium pratense</i>		573		X	X	X															
Behaarde boterbloem	<i>Ranunculus sardous</i>		1057					X												X		
Beklierde ogentroost	<i>Euphrasia rostkoviana</i>		511		X																	
Bergdravik	<i>Bromopsis erecta</i>		157		X																	
Berggamander	<i>Teucrium montanum</i>		1271		X																	
Berghertshooi	<i>Hypericum montanum</i>		648								X											
Bergnachtorchis	<i>Platanthera montana</i>		951		X																	
Besanjelier	<i>Cucubalus baccifer</i>		377							X												
Betonie	<i>Stachys officinalis</i>		1244		X																	
Bevertjes	<i>Briza media</i>		153	X	X	X	X												X			
Bijenorchis	<i>Ophrys apifera</i>		880		X																	
Bitter barbarakruid	<i>Barbarea intermedia</i>		130			X																
Bittere scheefbloem	<i>Iberis amara</i>		657																			X
Bittere veldkers	<i>Cardamine amara</i>		201							X												
Blaasvaren	<i>Cystopteris filix-fragilis</i>		389								X											
Blauw guichelheil	<i>Anagallis arvensis subsp. coerulea</i>		1659								X									X		
Blauw walstro	<i>Sherardia arvensis</i>		1198			X														X		
Blauwe bremraap	<i>Orobancha purpurea</i>		903		X																	
Blauwe knoop	<i>Succisa pratensis</i>		1258	X																		
Blauwe leeuwenbek	<i>Linaria arvensis</i>		740																			X
Blauwe waterereprijs	<i>Veronica anagallis-aquatica</i>		1346					X														
Bleek bosvogeltje	<i>Cephalanthera damasonium</i>		289								X											
Bleek schildzaad	<i>Alyssum alyssoides</i>		44		X																	
Bleekgele hennepnetel	<i>Galeopsis segetum</i>		541																			X
Bleeksporig bosviooltje	<i>Viola riviniana</i>		1387								X											
Bleke klaproos	<i>Papaver dubium</i>		915																			X
Bleke zegge	<i>Carex pallescens</i>		247	X	X						X							X	X			
Blonde zegge	<i>Carex hostiana</i>		236	X																		
Bochtige klaver	<i>Trifolium medium</i>		1302			X	X	X	X							X				X		
Bolderik	<i>Agrostemma githago</i>		15																			X
Bonte paardenstaart	<i>Equisetum variegatum</i>		471	X																		
Borstelkrans	<i>Clinopodium vulgare</i>		1143		X			X			X									X		
Bosaardbei	<i>Fragaria vesca</i>		529									X							X			
Bosanemoon	<i>Anemone nemorosa</i>		56									X	X						X			
Bosbies	<i>Scirpus sylvaticus</i>		1160		X															X		
Bosbingelkruid	<i>Mercurialis perennis</i>		823								X											
Bosboterbloem s.s.	<i>Ranunculus polyanthemus subsp. nemorosus</i>		2404								X											
Bosdravik	<i>Bromus ramosus subsp. benekenii</i>		155								X											
Bosereprijs	<i>Veronica montana</i>		1354								X											
Bosgeelster	<i>Gagea lutea</i>		534							X	X											
Boslathyrus	<i>Lathyrus sylvestris</i>		716								X											
Bosmuur	<i>Stellaria nemorum</i>		1253							X	X											
Bosogentroost	<i>Euphrasia nemorosa</i>		508		X																	
Bospaardenstaart	<i>Equisetum sylvaticum</i>		468							X												
Bosroos	<i>Rosa arvensis</i>		1080								X									X		
Boswederik	<i>Lysimachia nemorum</i>		781							X												
Boszegge	<i>Carex sylvatica</i>		264								X								X			
Bottelroos	<i>Rosa villosa</i>		1644								X	X										
Brede ereprijs s.s.	<i>Veronica austriaca subsp. teucrium</i>		1364		X	X		X														
Brede orchis	<i>Dactylorhiza majalis subsp. majalis</i>		1637	X	X															X		

Botanisch waardevol akkerland reg A02.02 r
Botanisch waardevol akkerland zz A02.02 z
Botanisch waardevol grasland A02.01
Vochtig hakhout en middenbos N17.01
Vochtig bos met produktie N16.02
Droog bos met produktie N16.01
Dannert-, elken- en beukenbos N15.02
Duinbos N15.01
Haagbeuken- en essenbos N14.03
Hoog- en laagveenbos N14.02
Rivier- en beekbegeleidend bos N14.01
Zilt- en overstromingsgrasland N12.04
Glanzshaverhooiland N12.03
Kruiden- en faunarijk grasland N12.02
Bloemrijk N12.01
Droog schraalgrasland N11.01
Vochtig hooiland N10.02
Nal schraalland N10.01

Waterviolier	<i>Hottonia palustris</i>	638						X		
Wegedoorn	<i>Rhamnus cathartica</i>	1064						X		
Weidekervel	<i>Silaum silaus</i>	1200	X	X						X
Weidekervel-torkruid	<i>Oenanthe silaifolia</i>	871					X			
Weideklokje	<i>Campanula patula</i>	193		X	X	X				
Weidevergeet-mij-nietje	<i>Myosotis scorpioides subsp. nemorosa</i>	1493	X							
Welriekende agrimonie	<i>Agrimonia procera</i>	14					X	X		X
Welriekende nachtorchis	<i>Platanthera bifolia</i>	950	X	X						X
Welriekende salomonszegel	<i>Polygonatum odoratum</i>	965						X		
Wijdbloeiende rus	<i>Juncus tenageia</i>	689	X							
Wild kattenkruid	<i>Nepeta cataria</i>	862						X		
Wilde averuit	<i>Artemisia campestris subsp. campestris</i>	98		X	X					
Wilde gagel	<i>Myrica gale</i>	849						X		
Wilde hyacint	<i>Hyacinthoides non-scripta</i>	1151						X		
Wilde kievitsbloem	<i>Fritillaria meleagris</i>	532	X				X			
Wilde marjolein	<i>Origanum vulgare</i>	894			X	X				X X
Wilde narcis s.s.	<i>Narcissus pseudonarcissus subsp. pseudonarcissus</i>	856						X		
Wilde ridderspoor	<i>Consolida regalis</i>	396								X
Wilde weit	<i>Melampyrum arvense</i>	803								X
Winterlinde	<i>Tilia cordata</i>	1285						X		
Wit bosvogeltje	<i>Cephalanthera longifolia</i>	290						X		
Witte engbloem	<i>Vincetoxicum hirsutinaria</i>	383						X		
Witte klaverzuring	<i>Oxalis acetosella</i>	909							X	
Witte krodde	<i>Thlaspi arvense</i>	1281								X
Witte munt	<i>Mentha suaveolens</i>	818			X	X				
Witte rapunzel	<i>Phyteuma spicatum subsp. spicatum</i>	936					X	X		
Witte veldbies	<i>Luzula luzuloides</i>	769							X	
Wollige distel	<i>Cirsium eriophorum</i>	333			X					
Wondklaver	<i>Anthyllis vulneraria</i>	71		X						
Zacht vetkruid	<i>Sedum sexangulare</i>	1181		X	X					
Zandblauwtje	<i>Jasione montana</i>	669		X						
Zandwolfsmelk	<i>Euphorbia seguieriana</i>	500		X	X					
Zeegerst	<i>Hordeum marinum</i>	635					X			
Zeegroene rus	<i>Juncus inflexus</i>	684					X			
Zeegroene zegge	<i>Carex flacca</i>	232			X					
Zeerus	<i>Juncus maritimus</i>	685					X			
Zeeweegbree	<i>Plantago maritima</i>	948					X			
Zevenster	<i>Trientalis europaea</i>	1295						X		
Zilt torkruid	<i>Oenanthe lachenalii</i>	870					X			
Zilte rus	<i>Juncus gerardii</i>	683	X				X			X
Zilte schijnspurrie	<i>Spergularia salina</i>	1238					X			
Zilte watterranonkel	<i>Ranunculus baudotii</i>	1044					X			
Zilte zegge	<i>Carex distans</i>	224					X			
Zilverhaver	<i>Aira caryophyllea</i>	20		X						X
Zinkboerenkers	<i>Thlaspi caerulescens</i>	1280		X						
Zinkschapengras	<i>Festuca ovina subsp. guesphalica</i>	5489		X						
Zinkviooltje	<i>Viola lutea subsp. calaminaria</i>	1379		X						
Zomeradonis	<i>Adonis aestivalis</i>	1628								X
Zomerandoorn	<i>Stachys annua</i>	1242								X
Zomerklokje	<i>Leucoujum aestivum</i>	734					X			
Zulte	<i>Aster tripolium</i>	117					X			
Zwartblauwe rapunzel	<i>Phyteuma spicatum subsp. nigrum</i>	935	X	X			X	X		X
Zwarte zegge	<i>Carex nigra</i>	244			X					X
Zweedse kornoelje	<i>Cornus suecica</i>	356						X		



Bijlage 2 Rode Lijst soorten binnen de datasets

CBS code	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	Rode Lijst status
13	<i>Agrimonia eupatoria</i>	Gewone agrimonie	GE
31	<i>Allium oleraceum</i>	Moeslook	KW
62	<i>Anthemis arvensis</i>	Valse kamille	KW
63	<i>Anthemis cotula</i>	Stinkende kamille	BE
67	<i>Anthoxanthum aristatum</i>	Slofhak	KW
91	<i>Armeria maritima</i>	Engels gras	KW
193	<i>Campanula patula</i>	Weideklokje	GE
196	<i>Campanula rapunculus</i>	Rapunzelklokje	KW
233	<i>Carex flava</i>	Gele zegge	KW
279	<i>Centaurea cyanus</i>	Korenbloem	GE
294	<i>Cerastium brachypetalum</i>	Kalkhoornbloem	GE
386	<i>Cynosurus cristatus</i>	Kamgras	GE
418	<i>Drosera rotundifolia</i>	Ronde zonnedaauw	GE
438	<i>Eleocharis quinqueflora</i>	Armbloemige waterbies	BE
441	<i>Elodea canadensis</i>	Brede waterpest	GE
456	<i>Epilobium palustre</i>	Moerasbasterdwederik	GE
479	<i>Eriophorum vaginatum</i>	Eenarig wollegras	KW
509	<i>Odontites vernus s. serotinus</i>	Rode ogentroost	GE
529	<i>Fragaria vesca</i>	Bosaardbei	GE
532	<i>Fritillaria meleagris</i>	Wilde kievitsbloem	BE
541	<i>Galeopsis segetum</i>	Bleekgele hennepnetel	KW
548	<i>Cruciata laevipes</i>	Kruisbladwalstro	KW
558	<i>Genista anglica</i>	Stekelbrem	GE
560	<i>Genista pilosa</i>	Kruipbrem	KW
569	<i>Geranium columbinum</i>	Fijne ooievaarsbek	KW
644	<i>Hypericum elodes</i>	Moerashertshooi	KW
692	<i>Knautia arvensis</i>	Beemdkroon	KW
696	<i>Petrorhagia prolifera</i>	Mantelanjer	KW
726	<i>Leontodon hispidus</i>	Ruige leeuwentand	KW
729	<i>Lepidium campestre</i>	Veldkruidkers	BE
747	<i>Linum catharticum</i>	Geelhartje	KW
798	<i>Medicago falcata</i>	Sikkelklaver	KW
857	<i>Nardus stricta</i>	Borstelgras	GE
884	<i>Dactylorhiza incarnata</i>	Vleeskleurige orchis	KW
901	<i>Orobanche minor</i>	Klavervreter	KW
928	<i>Peucedanum carvifolia</i>	Karwijvarkenskervel	KW
941	<i>Pimpinella saxifraga</i>	Kleine bevernel	KW
948	<i>Plantago maritima</i>	Zeeveegbree	KW



1067	<i>Rhinanthus minor</i>	Kleine ratelaar	GE
1198	<i>Sherardia arvensis</i>	Blauw walstro	KW
1258	<i>Succisa pratensis</i>	Blauwe knoop	GE
1324	<i>Utricularia minor</i>	Klein blaasjeskruid	KW
1371	<i>Vicia lathyroides</i>	Lathyruswikke	KW
1380	<i>Viola canina</i>	Hondsviooltje	GE
1422	<i>Cornus mas</i>	Gele kornoelje	GE
1424	<i>Filago lutescens</i>	Geel viltkruid	EB
1454	<i>Alchemilla glabra</i>	Kale vrouwenmantel	BE
1482	<i>Hypericum maculatum</i>	Gevlekt hertshooi	BE
2316	<i>Euphrasia stricta</i>	Stijve ogentroost	GE