



Sturende factoren voor vissen in het beheersgebied van Waterschap Rijn & IJssel

J. Kranenbarg (RAVON), E.T.H.M. Peeters (WU), A. de Bruin (RAVON) &
M. Groen (RAVON)



RAVON



WAGENINGEN UNIVERSITY
ENVIRONMENTAL SCIENCES

Colofon

Status uitgave:	Eindrapport
Rapportnummer:	2017.093
Datum uitgave:	15-02-2019
Titel:	Sturende factoren voor vissen in het beheersgebied van Waterschap Rijn & IJssel.
Wijze van citeren:	Kranenbarg, J., E.T.H.M. Peeters, A. de Bruin & M. Groen, 2019. RAVON, Nijmegen. Rapportnummer 2017.093
Samenstellers:	J. Kranenbarg (RAVON), E.T.H.M. Peeters (WU), A. de Bruin (RAVON) & M. Groen (RAVON)
Foto's omslag:	Blikonderwater.nl
Aantal pagina's incl. bijlagen:	96
Projectnummer:	2017.093
Projectleider:	j. Kranenbarg
Opdrachtgever:	Waterschap Rijn & IJssel

Inhoud

1	Inleiding	6
2	Werkwijze	7
2.1	Samenstellen databestand	7
2.1.1	Omgevingsfactoren	7
2.1.2	Visgegevens	8
2.2	Trend analyses	8
2.3	Multivariate analyses	9
3	Resultaten	11
3.1	Variatie in omgevingsfactoren en voorkomen vissoorten	11
3.1.1	Vispasseerbaarheid	12
3.1.2	Habitatvariabelen	13
3.1.3	Voorkomen vissoorten	14
3.1.4	Trends van vissoorten	16
3.1.5	Effect vismigratievoorzieningen	19
3.2	Multivariate analyses visgemeenschap	21
3.2.1	Indirecte ordinatie	21
3.2.2	Verklaarde variantie	23
3.2.1	Invloed tijd	27
3.2.2	Invloed ruimtelijke factoren	28
3.2.3	Invloed habitatfactoren	30
3.2.4	Relatie met EKR-scores	34
3.2.5	Effect vismigratievoorzieningen	37
3.2.6	Invloed grootte van aaneengesloten trajecten op vissamenstelling	38
4	Conclusies, discussie & aanbevelingen	39
4.1	Voorkomen van soorten	39
4.2	Trends in de aanwezigheid van soorten	40
4.3	Verklarende factoren samenstelling visgemeenschap	40
4.3.1	Factor tijd	40
4.3.2	Ruimtelijke factoren	41
4.3.3	Habitatfactoren	41
4.3.4	EKR-scores	42
4.4	Effect van vismigratievoorzieningen	42
4.5	Aanbevelingen voor aanpassingen in vismeetnet	43
5	Literatuur	45
	Bijlage 1: afkortingen soortnamen en ecologisch gilde	46
	Bijlage 2: afkortingen beektrajecten	47
	Bijlage 3: Kaarten stroomgebieden, trajectcodes en omgevingsfactoren	48
	Bijlage 4: Kaarten aantal soorten per ecologische en verspreiding soorten	4
	Bijlage 5: Overzicht beschikbare gegevens omgevingsfactoren	76
	Bijlage 6: Indirectie ordinatie aanwezigheid soorten en visgilden	77
	Bijlage 7: Directe ordinatie omgevingsfactoren	81
	Bijlage 8: Details uitgevoerde trendanalyses	88

1 Inleiding

Kader

Waterschap Rijn & IJssel heeft de afgelopen jaren veel geïnvesteerd om watergangen geschikter te maken voor vissoorten. Er zijn onder andere stuwen vispasseerbaar gemaakt en watergangen natuurlijker ingericht. Onduidelijk is of hiermee alle knelpunten voor een soortenrijke visgemeenschap zijn weggenomen. Vanuit dit oogpunt is het wenselijk om inzicht te krijgen in het voorkomen van de verschillende vissoorten in relatie tot de kenmerken van watergangen. Dit helpt om de juiste maatregelen te formuleren voor verhoging van de ecologische kwaliteit.

Vraagstelling

Waterschap Rijn & IJssel heeft aan RAVON gevraagd om middels een analyse van de beschikbare visgegevens inzicht te verschaffen in het voorkomen van de verschillende vissoorten binnen haar beheersgebied in relatie tot omgevingsfactoren als stroming, diepte, beekinrichting en het aanleggen van vismigratievoorzieningen bij kunstwerken. Hiernaast wil het waterschap graag weten of het huidige vissenmeetnet voldoet om inzicht te verschaffen in het effect van maatregelen, en zo nee welke aanpassingen wenselijk zijn.

Hiervoor zijn de volgende deelvragen opgesteld:

1. Welke omgevingsfactoren zijn het meest verklarend voor de variatie in soortensamenstelling?
2. Zijn er verschuivingen (trends) zichtbaar in de aanwezigheid van soorten en zo ja, waar is dat aan toe te schrijven?
3. Zijn er effecten zichtbaar van vismigratievoorzieningen op de aanwezigheid van vissoorten in de trajecten die visoptrekbaar gemaakt zijn?
4. Is het huidige vismonitoringsmeetnet geschikt om trends in de soortensamenstelling en het effect van de aanleg van vismigratievoorzieningen vast te stellen en zo nee, welke aanpassingen zouden er nodig zijn?

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft op welke wijze de beschikbare gegevens bewerkt zijn om de analyses uit te kunnen voeren en welke methoden gebruikt zijn.

In **hoofdstuk 3** worden de resultaten van de analyses beschreven. Paragraaf 3.2 geeft hierbij een overzicht van de variatie van de belangrijkste omgevingsfactoren en het voorkomen van vissen in de periode 2005-2016. Paragraaf 3.2 gaat in op de relatie tussen omgevingsfactoren en het voorkomen van vissen.

Hoofdstuk 4 bevat de conclusies en discussie van de resultaten uit hoofdstuk 3 en geeft aanbevelingen met betrekking tot het monitoren van het effect van vispassages en het bepalen van trends.

2 Werkwijze

2.1 Samenstellen databestand

Bij de start van het project heeft waterschap Rijn & IJssel een bestand aangeleverd met de KRW-visgegevens en informatie over omgevingsfactoren. Op basis van deze gegevens zijn er analysebestanden gemaakt voor respectievelijk de omgevingsfactoren en de visgegevens. De gegevens in beide bestanden zijn te koppelen op basis van unieke codes die zijn aangemaakt voor middels stuwen en/of vismigratievoorzieningen gescheiden trajecten in de watergangen van het waterschap. Hieronder wordt beschreven welke databewerkingen hebben plaatsgevonden ten behoeve van de analysebestanden.

2.1.1 Omgevingsfactoren

Bijlage 5 geeft een overzicht van de omgevingsfactoren waarvan gegevens beschikbaar waren. Deze omgevingsfactoren zijn omgewerkt tot gegevens per traject. Een traject is een deel van een KRW-waterlichaam tussen stuwen en/of vismigratievoorzieningen. Afhankelijk van de afstand tussen twee kunstwerken, kunnen trajecten korter of langer zijn. In het totaal zijn er 408 trajecten onderscheiden. Binnen de omgevingsfactoren kan onderscheid gemaakt worden in ruimtelijke factoren, habitatfactoren en EKR-scores van andere soorten (waterplanten, macrofauna). Ruimtelijke factoren betreffen o.a. stroomgebied, vispasseerbaarheid en het aantal stuwen tot aan een grote rivier (o.a. de IJssel). Er is voor gekozen om de factoren stuwen en watertype in te delen bij de ruimtelijke factoren omdat ze ruimtelijk gesitueerd zijn en van een ander schaalniveau zijn dan habitatfactoren. Bij habitatfactoren gaat het o.a. om stroomsnelheid, breedte, diepte, meandering, zuurstofgehalte, vegetatie en bomen op de oever.

De meeste omgevingsfactoren bevatten één waarde voor alle jaren. Als er meerdere waarden binnen een traject beschikbaar waren, is steeds het gemiddelde van de beschikbare waarden gebruikt. Voor de variabelen die in specifieke jaren bepaald zijn (o.a. aanwezigheid vegetatie en EKR scores) is de (gemiddelde) waarde in het betreffende jaar in het betreffende traject gebruikt, jaren zonder meting hebben in dit geval geen waarde gekregen.

De stroomsnelheidsgegevens zijn gebaseerd op modelberekeningen. Hiervoor zijn de modelwaarden bij de basisafvoer (benaderd met 5% van $T=1$) binnen een traject gemiddeld. Voor het zuurstofgehalte is het gemiddelde genomen van de beschikbare meetwaarden binnen een traject in de zomermaanden. Hierbij is geen onderscheid gemaakt voor verschillende jaren omdat het aantal metingen beperkt was.

Ieder traject heeft een unieke code gekregen waarin een afkorting van de beeknaam verwerkt is. In de multivariate analyses zijn alleen de trajecten gebruikt (164) waarvan KRW-visgegevens beschikbaar waren (zie paragraaf 2.1.2.). Bijlage 2 bevat een overzicht van de onderscheiden trajecten.

2.1.2 Visgegevens

Door het waterschap is een excelbestand aangeleverd met daarin informatie over de gevangen soorten in KRW-bemonsteringen (met info over o.a. aantallen, datum, coördinaten, vangtuig uit de periode 2005 t/m 20016)). Dit bestand is eerste gecontroleerd betrekking tot het correcte en uniforme gebruik van de visnamen (o.a. *Clupea harengus*, *Gobio*, *Neogobius*, *Barbatula*, *Tinca*, *Proterorhinus marmoratus*, *Salmo trutta fario*).

Hierna zijn de trajectcodes (zie paragraaf 2.1.1) gekoppeld aan de coördinaten in dit bestand. Er bleken 164 trajecten (van de 408) te zijn waarin de visgemeenschap bemonsterd is. Vervolgens zijn per traject en per datum de vangsten per soort geaggregeerd en in het format voor de multivariate analyses (CANOCO) gezet. Het aggregeren is gebeurd door de gevangen individuen van een soort binnen een traject bij elkaar op te tellen. Naast het aantal aangetroffen individuen per soort, is ook het aantal aangetroffen soorten en het aantal aangetroffen individuen per ecologisch gilde per traject bepaald. Dit leverde de volgende responsevariabelen:

- Totaal aantal aangetroffen soorten in traject
- Totaal aantal aangetroffen soorten van ecologisch gilde stromingsminnend in traject
- Totaal aantal aangetroffen soorten van ecologisch gilde plantenminnend in traject
- Totaal aantal aangetroffen soorten van ecologisch gilde generalisten in traject
- Totaal aantal aangetroffen soorten van ecologisch gilde exoten in traject
- Totaal aantal aangetroffen individuen van soorten van ecologisch gilde stromingsminnend in traject
- Totaal aantal aangetroffen individuen van soorten van ecologisch gilde plantenminnend in traject
- Totaal aantal aangetroffen individuen van soorten van ecologisch gilde generalisten in traject
- Totaal aantal aangetroffen individuen van soorten van ecologisch gilde exoten in traject

2.2 Trend analyses

Omdat er vanuit de Kaderrichtlijn Water eens per 3 jaar bemonsterd wordt is het aantal metingen per traject over de periode 2006 t/m 2016 beperkt. Daarom is er bij de trendanalyses voor gekozen om te kijken naar de presentie van vissoorten in de trajecten die binnen een jaar onderzocht zijn. Er is niet naar dichtheden gekeken omdat er aan het begin van de onderzoeksperiode met andere vangtuigen gevist is (zie paragraaf 3.2.1). Deze vangtuigen (zegen en stortkuil) vangen bepaalde soorten in veel hogere aantallen dan met de electrovisserij welke in de jaren erna alleen nog maar is toegepast.

In 2009 zijn er slechts drie trajecten bevestigd waardoor de kans op aanwezigheid onevenredig laag ligt. Dit jaar is daarom uit de analyse gelaten.

Omdat de responsvariabele tussen de 0 en de 1 ligt is er een binomiale verdeling toegepast. Voor het toetsen op een significante trend per soort zijn twee typen modellen toegepast: Generalized Linear Model (GLM) en Generalized Additive Model (GAM). Beide modellen zijn enigszins vergelijkbaar wat betreft modelvalidatie (onafhankelijkheid, homoscedasticiteit) en toepasbaarheid voor een logistische verdeling. De trend tussen de presentie over de jaren is in de ecologie echter niet altijd lineair. Bij

een (nagenoeg) lineaire trend is een GLM toegepast en bij meerdere toe- of afnames binnen een soort is gekozen voor een GAM. Overigens is er bij alle modellen getoetst voor overdispersie (variantie > gemiddelde) en autocorrelatie (onafhankelijkheid van responsvariabele over tijd). Bij significante ($p < 0.05$) toe- of afnames zijn de coëfficiënten uit deze modellen toegepast om voorspelde waarden (inclusief 95% betrouwbaarheidsinterval) te genereren en vervolgens te visualiseren in grafieken.

2.3 Multivariate analyses

Multivariate analyses zijn gebruikt om patronen over de tijd en in de ruimte te herkennen en om te kwantificeren wat de bijdragen van de verschillende omgevingsfactoren aan het verklaren van de variatie in de visgemeenschappen zijn. Er zijn analyses uitgevoerd met de aantallen individuen van de gevangen vissen, met de aan- en afwezigheidsgegevens en met de samenstelling van de visgildes. Hieronder volgt een beschrijving van de uitgevoerde analyses.

Stap 1: indirecte ordinaties

In eerste instantie is gestart met een indirecte ordinatie, waarbij alleen de gegevens over de abundantie (of de aan-/afwezigheid of de gildes) van de vissen zijn geanalyseerd. In het geval van de abundantie gegevens en de visgildes is gekozen om de aantallen logaritmisches te transformeren. Zulke analyses geven inzicht in de mate van variatie in de dataset via de berekende gradiëntlengten en op grond hiervan is een keuze gemaakt voor het bewerken van de gegevens met een lineair (gradiëntlengte < 1.5) dan wel Gaussisch responsmodel (gradiëntlengte > 4). Nadat de keuze voor het responsmodel is gemaakt, zijn de definitieve indirecte ordinaties uitgevoerd waarbij de patronen die naar voren komen zijn geïnterpreteerd op relevantie en bruikbaarheid. Bekeken is of de patronen mogelijk verband houden met temporele of ruimtelijke variatie door het jaar van bemonsteren of het stroomgebied als supplementary variabele mee te nemen. De variabele heeft dan geen invloed op de ordinatie, maar wordt gebruikt bij de (grafische) interpretatie van het resultaat.

Stap 2: directe ordinaties

Vervolgens zijn directe analyses uitgevoerd, waarbij de visgegevens en (omgevings)factor(en) gelijktijdig binnen één analyse worden bewerkt, om te achterhalen wat het belang is van de meegeleverde factoren. Aandacht is besteed aan zowel temporele (jaren) als spatiële (stroomgebied), als habitatpatronen met mogelijke veranderingen in de vissamenstelling.

Stap 3: Verklarend vermogen van de afzonderlijke variabelen

Daarna is geanalyseerd wat de bijdrage was van de verschillende omgevingsfactoren in het verklaren van de variatie in de visgegevens. Daartoe zijn ordinaties uitgevoerd met steeds één omgevingsvariabele en de significantie is getoetst via een zogenaamde Monte Carlo permutatie test.

Stap 4: Selecteren van de combinatie van relevante variabelen

Vervolgens is onderzocht welke combinatie van afzonderlijke factoren een significant deel van de variatie kan verklaren door de afzonderlijke variabelen met een significant verband mee te nemen in een analyse met een voorwaartse selectie. Bij de voorwaartse selectie wordt stapsgewijs geanalyseerd welke variabele de grootste bijdrage aan het

verklaren van het patroon in de visgemeenschap geeft en wat de significantie ervan is. De variabele met de hoogste, significante bijdrage wordt in het model opgenomen en vervolgens wordt weer berekend wat de bijdrage van de andere variabelen is. Wanneer het significantieniveau hoger is dan 0.05 is de variabele niet meer opgenomen. De variabelen zijn gegroepeerd naar temporele variabelen (jaren), spatiële variabelen (stroomgebied, beektraject, KRW-type, aantal kunstwerken) en habitat variabelen (breedte, diepte, meandering, stroomsnelheid, zuurstof, bedekkingen) en met behulp van de variantie partitie methode is geanalyseerd in welke mate deze 3 groepen de variatie in de visgemeenschappen verklaren. Deze analyses zijn uitgevoerd voor abundantiegegevens, aan- en afwezigheidsgegevens en de gildes.

Stap 5: evaluatie van het optrekbaar maken

Naast bovenstaande analyses is nog een additionele analyse uitgevoerd, waarin alleen de gegevens van de locaties zijn meegenomen waar een vispassage is aangelegd, zodat de visgegevens van voor en na de aanleg met elkaar vergeleken konden worden.

Stap 6: evaluatie van de grootte van het traject

Een extra multivariate analyse is uitgevoerd om te achterhalen in hoeverre de grootte van aaneengesloten trajecten een rol speelt bij de samenstelling van de visgemeenschap. De lengte is bepaald voor trajecten die in de periode tot en met 2013 met elkaar in verbinding stonden. De multivariate analyse is vervolgens uitgevoerd met de gegevens over de vissen over de periode 2013-2016. Voor 111 monsters waren deze gegevens bekend.

Alle multivariate analyses zijn uitgevoerd met CANOCO voor windows versie 5.10.

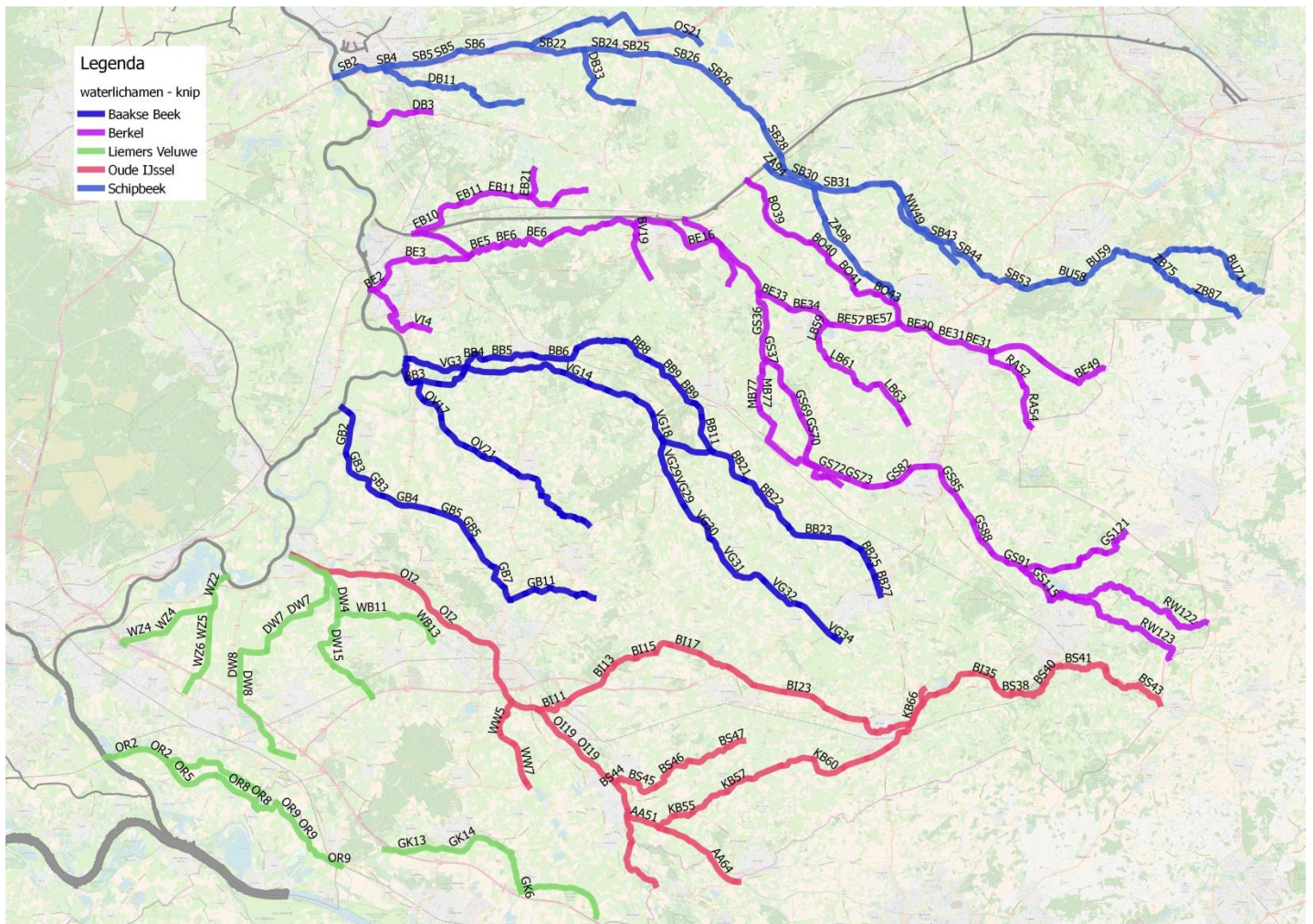
Kader: Interpretatie ordinatiediagram

De resultaten van een ordinatie worden doorgaans grafisch weergegeven. De eerste ordinatie as wordt op de horizontale as weergegeven, de tweede ordinatie as op de verticale as. Monsters die ten aanzien van de samenstelling heel erg op elkaar lijken worden in het ordinatiediagram dicht bij elkaar geplaatst. Monsters die weinig op elkaar lijken staan juist ver van elkaar af. Soorten die eenzelfde verspreidingspatroon in de dataset hebben liggen dicht bij elkaar en staan ver af van soorten met een ander verspreidingspatroon. Omgevingsfactoren worden weergegeven met een pijl in geval van continue variabelen of met centroides (zwaartepunten) voor binaire of klasse-variabelen. De richting van de pijl geeft aan in welke richting van het diagram de waarde toeneemt. De zwaartepunten geven de posities aan waar gemiddeld genomen de monsters die tot die klassen behoren liggen.

3 Resultaten

3.1 Variatie in omgevingsfactoren en voorkomen vissoorten

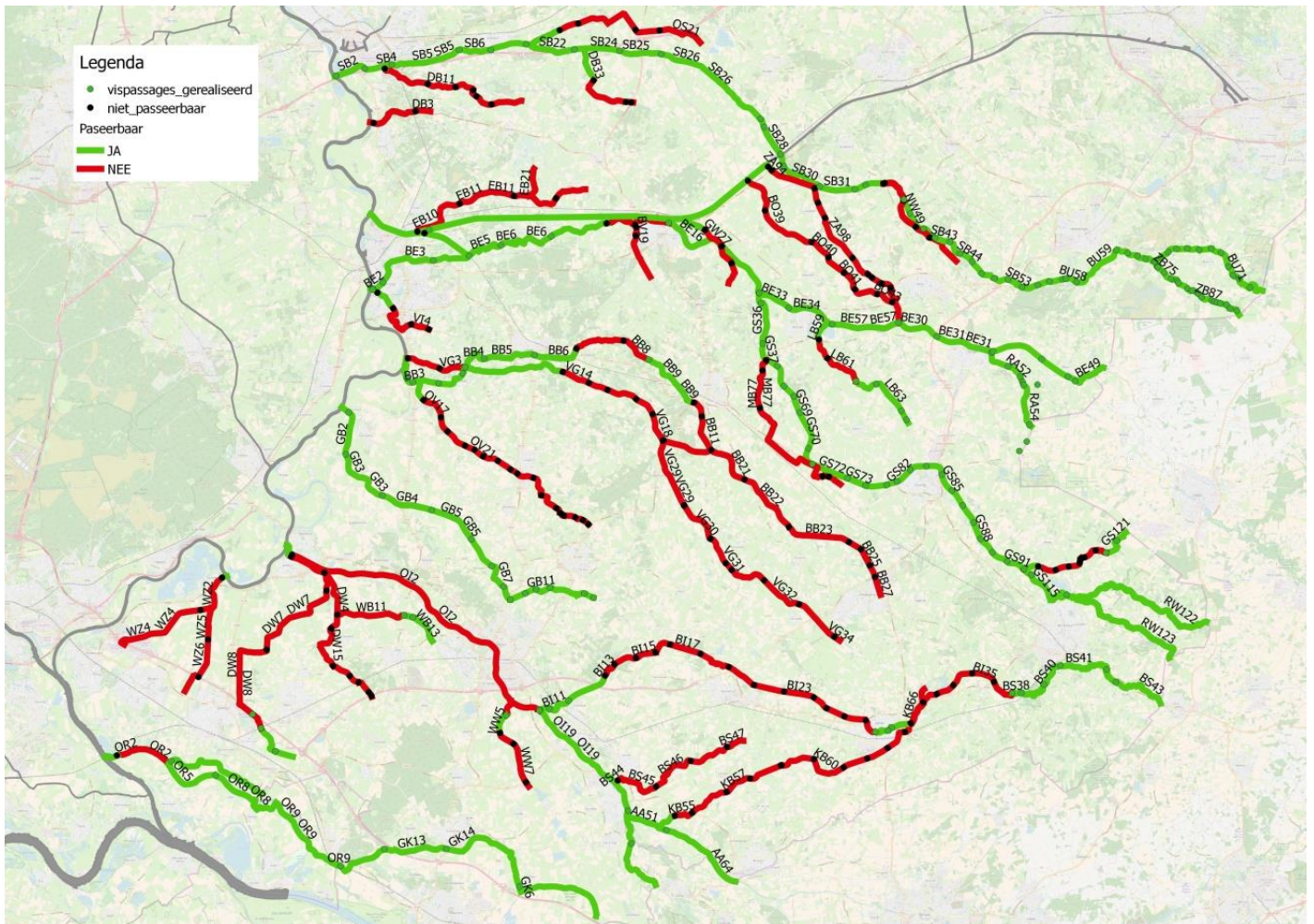
In deze paragraaf wordt een beschrijving gegeven van de variatie in omgevingsfactoren en het voorkomen van vissoorten binnen het beheergebied van waterschap Rijn & IJssel. Afbeelding 3.1 geeft een overzicht van de stroomgebieden en de trajectnummers waarbinnen visgegevens verzameld zijn.



Afbeelding 3.1: Stroomgebieden en trajecten met KRW-visgegevens. Zie bijlage 2 voor de beeknamen bij de trajectcodes.

3.1.1 Vispasseerbaarheid

Afbeelding 3.2 geeft een overzicht van de vispasseerbaarheid van de verschillende beektrajecten en de aanwezige kunstwerken die nog niet passeerbaar zijn. Grote delen van de Schipbeek en de Berkel zijn vispasseerbaar. Voor de Veengoot, Oude IJssel en Liemers is dit niet geval.



Afbeelding 3.2: Vispasseerbaarheid van beekdelen en trajecten met KRW-visgegevens. Zie bijlage 2 voor de beeknamen bij de trajectcodes.

3.1.2 Habitatvariabelen

Bijlage 3 bevat kaartjes die inzichtelijk maken wat de variatie in waarden van de belangrijkste habitatvariabelen in de verschillende beektrajecten binnen het beheergebied van waterschap Rijn & IJssel is. Hieronder wordt de variatie kort gekarakteriseerd voor de habitatvariabelen stroomsnelheid, breedte, diepte, submerse vegetatie en percentage bomen op de oever.

Stroomsnelheid

Circa 70% van de trajecten in de stroomgebieden is stagnant en/of stroomt langzaam (stroomsnelheid bij basisafvoer <0,1 m/s). Trajecten die sneller stromen zijn aanwezig in de bovenlopen van Schipbeek, Buurserbeek, Berkel, Groenlose Slinge en Boven Slinge. Omdat de stroomsnelheidsgegevens modelmatig berekende zijn gegeven ze met name een indicatie geven voor de trajecten die sneller stromen. In werkelijkheid zijn veel van de watergangen stagnant of bijna stagnant in de zomer.

Breedte & diepte

De smallere en ondiepe (<1 m) delen bevinden zich vooral in de meer bovenstrooms trajecten. De Oude IJssel, en plaatselijk de Berkel, onderscheidt zich door een relatief grote breedte (>15 m) en diepte (> 2m).

Submerse vegetatie

Van 50% van de trajecten staat vast dat er vegetatie aanwezig is, en in 30% gaat het om vrij hoge bedekkingspercentages (>25%). Met name in de stroomgebieden van de Veengoot, Liemers, Schipbeek zijn veel vegetatierijke trajecten aanwezig.

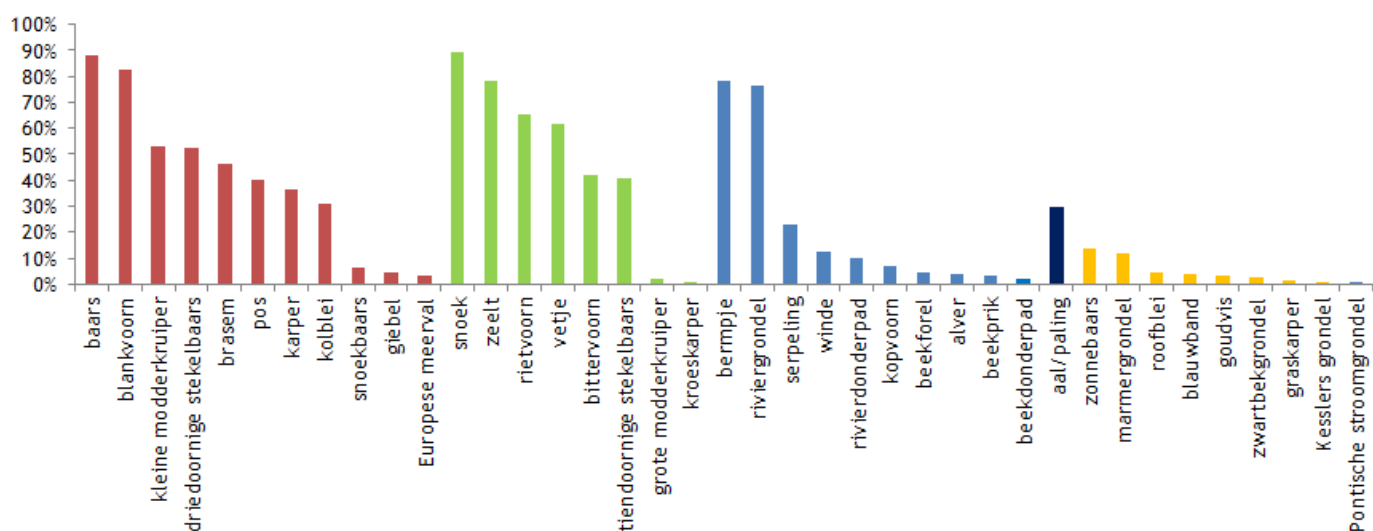
Percentage bomen op de oever

Het aantal trajecten met bomen op de oever is vrij beperkt. Beboste oevers zijn hoofdzakelijk aanwezig in de bovenlopen van Berkel (Ratumse beek) en Oude IJssel (Boven Slinge).

3.1.3 Voorkomen vissoorten

In het gebied van Waterschap Rijn & IJssel zijn binnen de KRW-visbemonsteringen in totaal 39 verschillende soorten aangetroffen: 11 generalistische soorten, 8 plantenminnende soorten, 10 stromingsminnende soort, 1 diadrome soort en 9 exoten (karper en snoekbaars zijn als ingeburgerd beschouwd en bij de generalisten ingedeeld). Het hoogste aantal vissoorten komt voor in de benedenstrooms trajecten (zie bijlage 4). Doorgaans zijn dit grotere en diepere wateren. In de Schipbeek en de Berkel komen ook verder bovenstrooms nog relatief veel soorten voor. Ook de Boven Slinge is plaatselijk soortenrijk.

Afbeelding 3.3 geeft aan in welke deel van de op vis onderzochte trajecten de verschillende soorten zijn aangetroffen, en welke soorten dus wijd verspreid voorkomen binnen het beheersgebied en welke op maar enkele plaatsen.



Afbeelding 3.3: Percentage van de trajecten waarin de verschillende soorten zijn aangetroffen. Bruin: generalistische soorten, groen: plantenminnende soorten, blauw stromingsminnende soorten, donkerblauw: diadroom (trekvis), oranje: exoten.

Generalistische vissoorten

Van de generalistische soorten zijn **baars** en **blankvoorn** zeer wijd verspreid (zij komen vrijwel overal voor). **Kleine modderkruiper**, **driedoornige stekelbaars**, **brasem**, **pos**, **karper** en **kolblei** komen ook op relatief veel plaatsen voor. Voor deze soorten mag worden aangenomen dat als er geschikt habitat aanwezig is, en als vismigratie mogelijk is, zij deze trajecten op relatief korte termijn kunnen koloniseren. Bij afwezigheid van deze soorten is het aannemelijk dat het habitat in een traject minder of ongeschikt is.

Snoekbaars, **giebel** en **Europese meerval** zijn relatief zeldzaam binnen het beheersgebied. Deze soorten zullen hierdoor minder snel geschikte trajecten koloniseren. Op basis van de habitatvoorkeur van snoekbaars en Europese meerval zijn veel trajecten ook te ondiep.

Plantenminnende vissoorten

De aanwezigheid van plantenminnende vissoorten zijn een belangrijke voorwaarde voor een goede ecologische toestand van de M-watertypen van de Kaderrichtlijn Water. Van de

plantenminnende soorten zijn **bittervoorn, rietvoorn, snoek, tiendoornige stekelbaars, vetje** en **zeelt** in veel trajecten en verspreid over alle stroomgebieden aangetroffen. Er mag worden aangenomen dat als er geschikt habitat aanwezig is, en als vismigratie mogelijk is, zij trajecten op relatief korte termijn kunnen koloniseren. Trajecten waar zij momenteel niet aanwezig zijn zullen waarschijnlijk te weinig waterplanten bevatten of niet bereikbaar zijn. **Grote modderkruiper** en **kroeskarper** zijn in slechts enkele trajecten aangetroffen. Het betreft soorten van vaak kleine verlandende moerasachtige wateren. Gezien deze habitatvoorkeur worden ze doorgaans niet aangetroffen in de grotere KRW-waterlichamen.

Stromingsminnende & diadrome vissoorten

De aanwezigheid van stromingsminnende vissoorten zijn een belangrijke voorwaarde voor een goede ecologische toestand van de R-watertypen van de Kaderrichtlijn Water. Van de stromingsminnende soorten zijn **bermpje** en **riviergrondel** wijd verspreid. Voor deze soorten mag worden aangenomen dat als er geschikt habitat aanwezig is, en als vismigratie mogelijk is, zij trajecten op relatief korte termijn kunnen koloniseren. Trajecten waar zij momenteel niet aanwezig zijn zullen waarschijnlijk te weinig stromen of niet bereikbaar zijn.

Serpeling is wijd verspreid aanwezig in het stroomgebied van de Schipbeek, en daarnaast ook plaatselijk in het stroomgebied van de Berkel en de Oude IJssel. Bij aanwezigheid en bereikbaarheid van geschikt leefgebied mag verwacht worden dat deze soort zich in deze stroomgebieden relatief snel uit kan breiden.

Winde, die vrij algemeen voorkomt in de Nederlandse Rijnktakken (oa. de IJssel), is momenteel vooral aanwezig in de delen die in verbinding staan met de grote rivieren en kanalen.

Rivierdonderpad, beekdonderpad, beekprik, kopvoorn en **beekforel** komen maar op een beperkt aantal plaatsen voor. Op de vermoedelijke uitgezette beekforel na is hun dispersievermogen gering. Ook als er bereikbaar geschikt habitat is dan zal het, met name in stroomopwaartse richting, langere tijd vergen voordat dit door deze soorten gekoloniseerd kan worden. **Alver** is meer een soort van diepere stromende wateren (grote rivieren). Hierdoor zal deze soort waarschijnlijk niet veel leefgebied kunnen vinden het watersysteem van waterschap Rijn & IJssel.

De **aal** is de enige diadrome soort die voorkomt in beheersgebied. Hoewel de soort ernstig bedreigd wordt, zijn er nog redelijk veel trajecten waar deze is aangetroffen. De soort kent een sterke migratiedrang en is niet erg kritisch met betrekking tot het habitat. De soort wordt ook regelmatig uitgezet (vooral in Duitsland), het is onduidelijk in hoeverre dit een rol speelt bij het voorkomen binnen het beheersgebied van het waterschap.

De **rivierprik** en **kwabaal** komen van nature ook in het beheersgebied voor, maar zijn al geruime tijd niet meer aangetroffen.

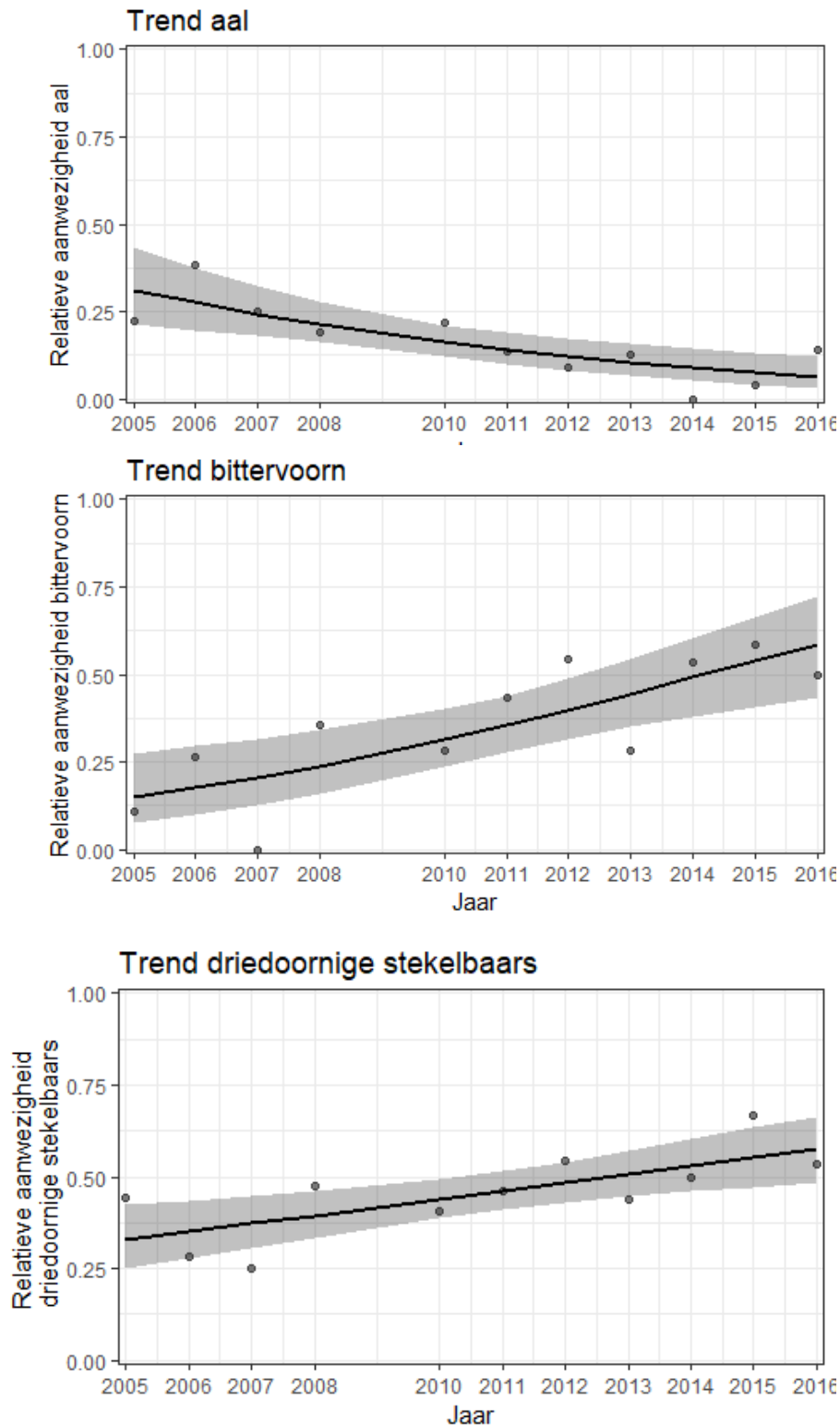
Exoten

In het beheersgebied zijn **graskarper, blauwband, marmergroundel, zwartbekgrondel, Pontische stroomgrondel, Kesslersgrondel, Roofblei, goudvis** en **zonnebaars** aangetroffen. Het aantal trajecten waar deze soorten voorkomen is echter zeer gering (vaak maar enkele trajecten per stroomgebied). Een uitzondering hierop vormt de Oude IJssel. Mogelijk speelt het uitzetten van vissoorten in deze watergang hierbij een rol. De verspreiding van marmergroundel duidt erop dat het inlaten van water uit de grote rivieren een vector is voor de verspreiding van deze soort.

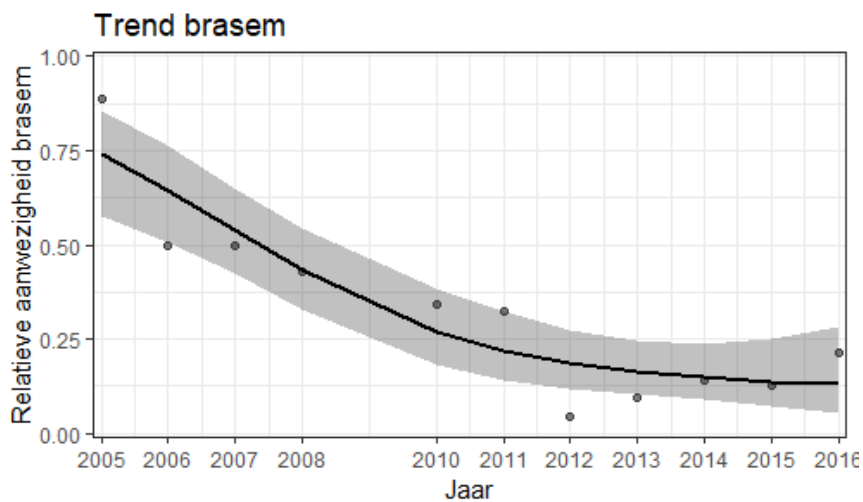
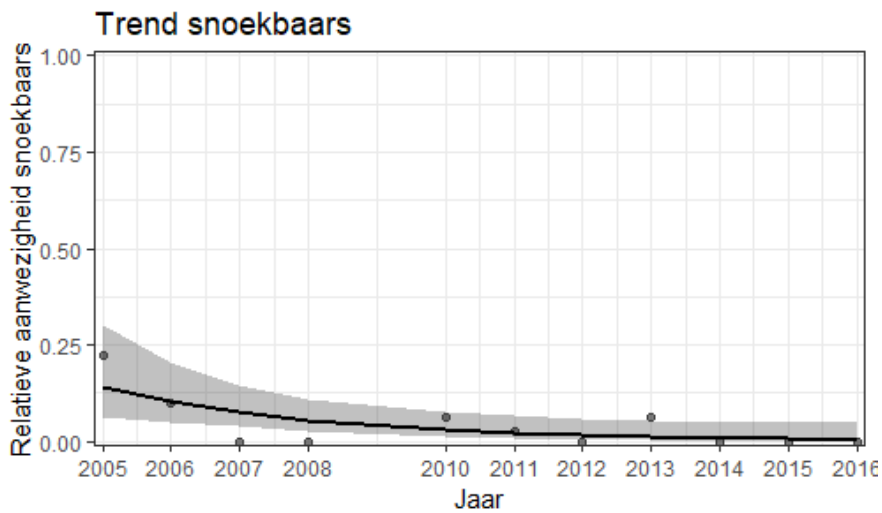
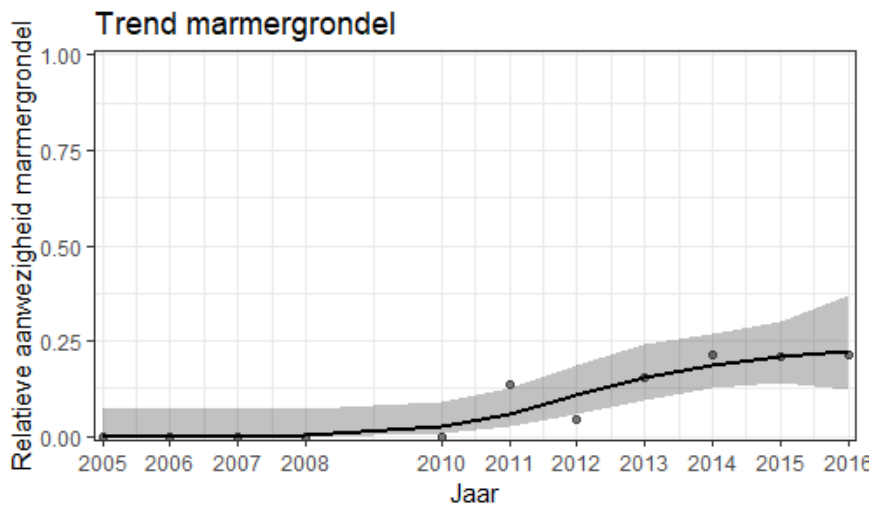
3.1.4 Trends van vissoorten

Uit de statistische analyses (GLM of GAM) van relatieve aanwezigheid over de jaren is gebleken dat zes vissoorten significant toe- of afgenomen zijn. **Marm grondel**, **bittervoorn** en **driedoornige stekelbaars** zijn over de jaren significant toegenomen. Daarentegen zijn **snoekbaars**, **brasem** en **aal** significant afgenomen. Marm grondel is vanaf 2011 voor het eerst in het onderzoeksgebied aangetroffen, waarna deze soort steeds vaker, tot bijna 25% in 2016 in diverse trajecten is gevangen. **Bittervoorn** en **driedoornige stekelbaars** zijn in 2005 in circa 25% van de trajecten aangetroffen waarna de relatieve aanwezigheid over de jaren is toegenomen tot een aandeel van circa 50% van alle trajecten. **Snoekbaars** is in 2005 in relatief weinig (circa 12,5%) trajecten aangetroffen. Dit aandeel is nagenoeg exponentieel afgenomen tot 0% in 2014. **Brasem** werd in 2005 in veel trajecten (circa 75%) aangetroffen, maar is tot het jaar 2011 met een steil verloop afgenomen waarna de relatieve aanwezigheid matig afneemt. De **aal** is vanaf 2005 tot en met 2016 in een lineair verband afgenomen, respectievelijk van circa 25% tot circa 10%.

Bijlage 8 bevat de coëfficiënten van de trendlijnen en het script van R.



Afbeelding 3.4: Significante ($p < 0,05$) trend voor drie vissoorten op basis van (relatieve) aanwezigheid op diverse beviste trajecten over de jaren 2005-2016. De zwarte lijn is de voorspelde trend, gegenereerd uit een GLM ("Generalized Linear Model". De lichtgrijze banden is de 95% betrouwbaarheidsinterval en de lichtgrijze punten zijn de originele waarden. Data uit 2009 is uit de analyse gehaald door gering aantal beviste trajecten.



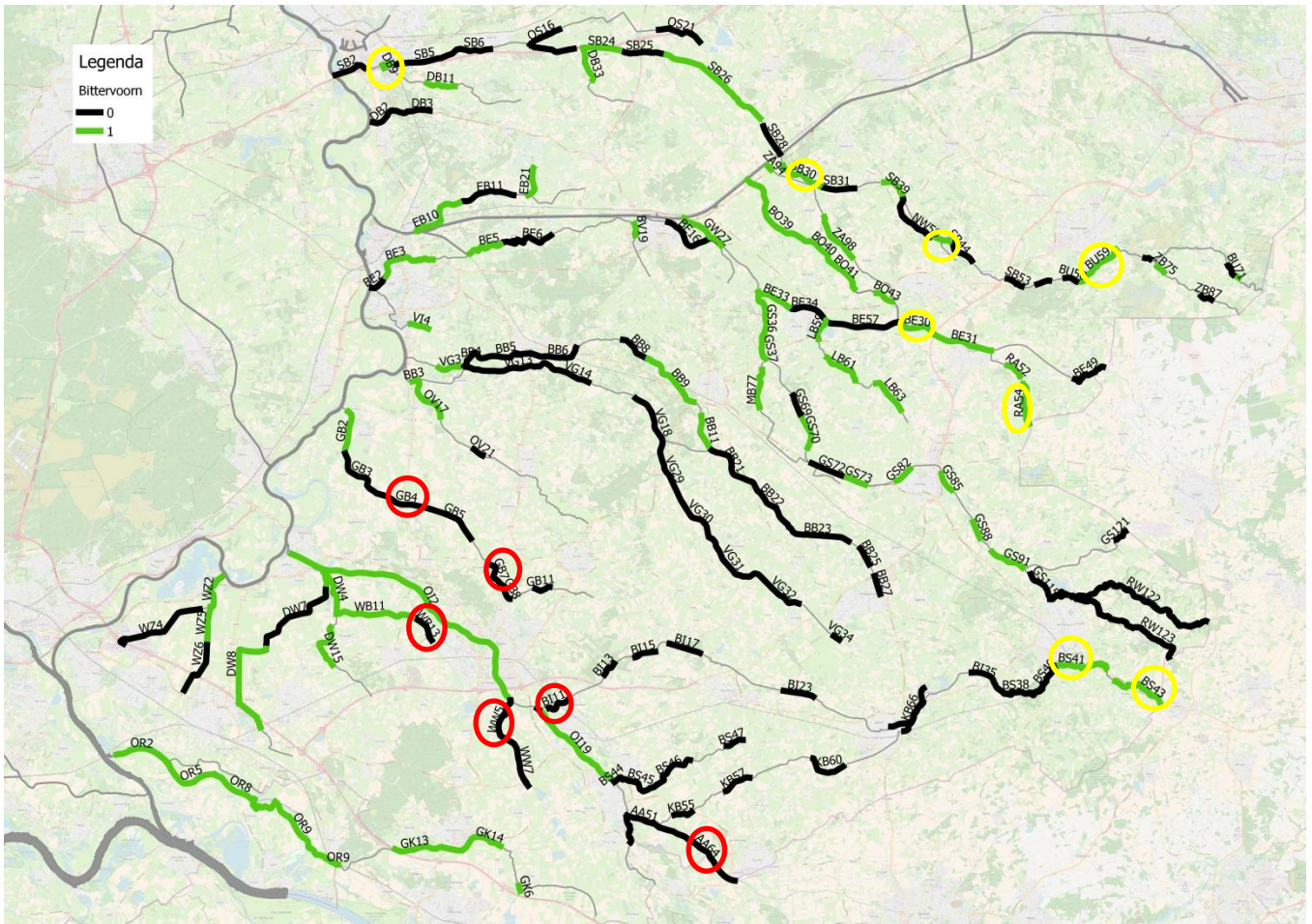
Afbeelding 3.5: Significante ($p < 0,05$) trend voor drie vissoorten op basis van (relatieve) aanwezigheid op diverse beviste trajecten over de jaren 2005-2016. De zwarte lijn is de voorspelde trend, gegenereerd uit een GAM ("Generalized Additive Model"). De lichtgrijze band is de 95% betrouwbaarheidsinterval en de lichtgrijze punten zijn de originele waarden. Data uit 2009 is uit de analyse gehaald door gering aantal beviste trajecten.

3.1.5 Effect vismigratievoorzieningen

Het aantal trajecten met visgegevens van zowel voor, als na, de aanleg van een vismigratievoorziening blijkt beperkt tot 24. Voor deze trajecten is bekeken in hoeverre er een toename van bepaalde vissoorten te constateren was nadat de vismigratievoorziening was aangelegd. Voor de meer wijd verspreide soorten (o.a. biermpje en riviergrondel) bleek dat deze al voor de aanleg van de vismigratievoorziening in vrijwel alle 24 trajecten aanwezig waren. **Serpeling** (SB30), **beekprik** (BS41) en **rivierdonderpad** (SB26) bleken in één traject en paling (BB3, BE33) in twee trajecten voor het eerst voor te komen nadat een vismigratievoorziening gerealiseerd was. Op basis van de positie van de betreffende trajecten staat niet vast dat dit het gevolg is van stroomopwaartse migratie. Stroomafwaartse migratie lijkt vaak een logischer verklaring, ook is het mogelijk dat deze zeldzame soorten bij een eerdere bemonstering gemist zijn. **Bittervoorn** blijkt in 8 (50%) van de 16 trajecten waar de soort nog niet aanwezig was voor de aanleg van een vismigratievoorziening, wel aanwezig na de aanleg hiervan (zie tabel 3.1). Dit is ook één van de weinige soorten die een toenemende trend vertoont (zie paragraaf 3.1.4).

Tabel 3.1: Voorkomen bittervoorn (aantallen) in de trajecten waarbinnen zowel voor als na de aanleg van een vismigratievoorziening visgegevens verzameld zijn. In de laatste kolom is aangegeven welke trajecten door de soort gekoloniseerd lijken te zijn, en hoeveel jaar na de aanleg van een vismigratievoorziening de soort voor het eerst werd aangetroffen. De grijze cellen geven aan in welk jaar de vismigratievoorziening is aangelegd. Zie afbeelding 3.6 voor een ruimtelijke weergave van de trajecten.

trajectcode	2005	2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	voorkomen bittervoorn
BB3					178			1			5	al aanwezig
GB4		0				0			0			nog niet aangetroffen
GB7		0				0			0			nog niet aangetroffen
BE30	0						670			200		na 3 jaar aangetroffen
BE31	1	125										al aanwezig
RA52		18							41			al aanwezig
RA54		0							3			na 3 jaar aangetroffen
BE5	0						94			1000		al aanwezig
BE33							591			22		al aanwezig
GS36		0			188	73		87	21		23	al aanwezig
GS115		0				0			0			nog niet aangetroffen
WB13		0					0			0		nog niet aangetroffen
BI30					0			0			0	nog niet aangetroffen
BI11					0			0			0	nog niet aangetroffen
BS41				0	0			2			1	na 1 jaar aangetroffen
BS43				0	0			0			3	na 1 jaar aangetroffen
AA64					0		0			0		nog niet aangetroffen
WW5			0					0			0	nog niet aangetroffen
BU59					0			1			3	na 4 jaar aangetroffen
ZB75			0			0			14			al aanwezig
SB43					0			0			5	na 8 jaar aangetroffen
SB26		0					8			27		al aanwezig
SB30		0					0			9		na 6 jaar aangetroffen
DB9			0			9				0		na 4 jaar aangetroffen



Afbeelding 3.6: Voorkomen van de bittervoorn in beektrajecten. In de geel omrande trajecten is de soort aangetroffen in de periode nadat een vismigratievoorziening werd aangelegd. In de rood omcirkelde trajecten is dit (nog) niet het geval (tabel 3.1 geeft informatie over het moment van aanleg van de vismigratievoorzieningen en de aantallen aangetroffen bittervoorns).

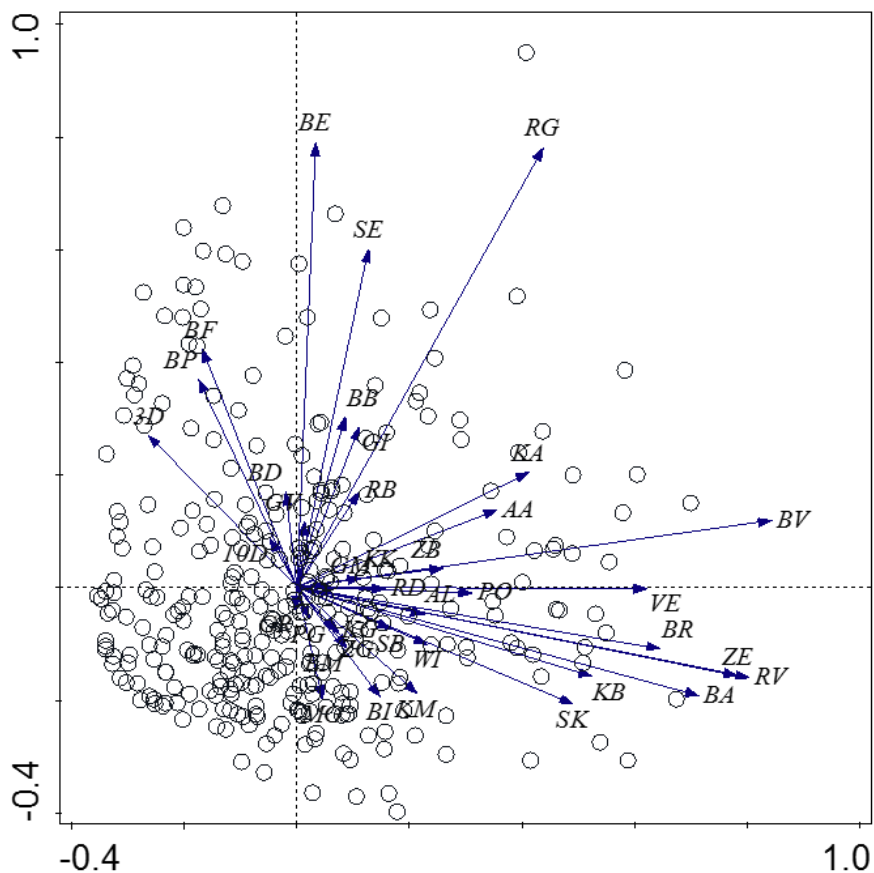
3.2 Multivariate analyses visgemeenschap

Deze paragraaf bevat de resultaten van multivariate analyses. Hierbij worden alleen de ordinatiediagrammen weergegeven voor de abundantie van soorten. De ordinatiediagrammen voor de aan- en afwezigheid van soorten en voor visgilden vertonen vergelijkbare uitkomsten. Deze worden in bijlage 6 weergegeven voor de indirecte ordinaties (paragraaf 3.2.1) en in bijlage 6 voor de directe ordinaties (paragraaf 3.2.1 t/m 3.2.4).

3.2.1 Indirecte ordinaties

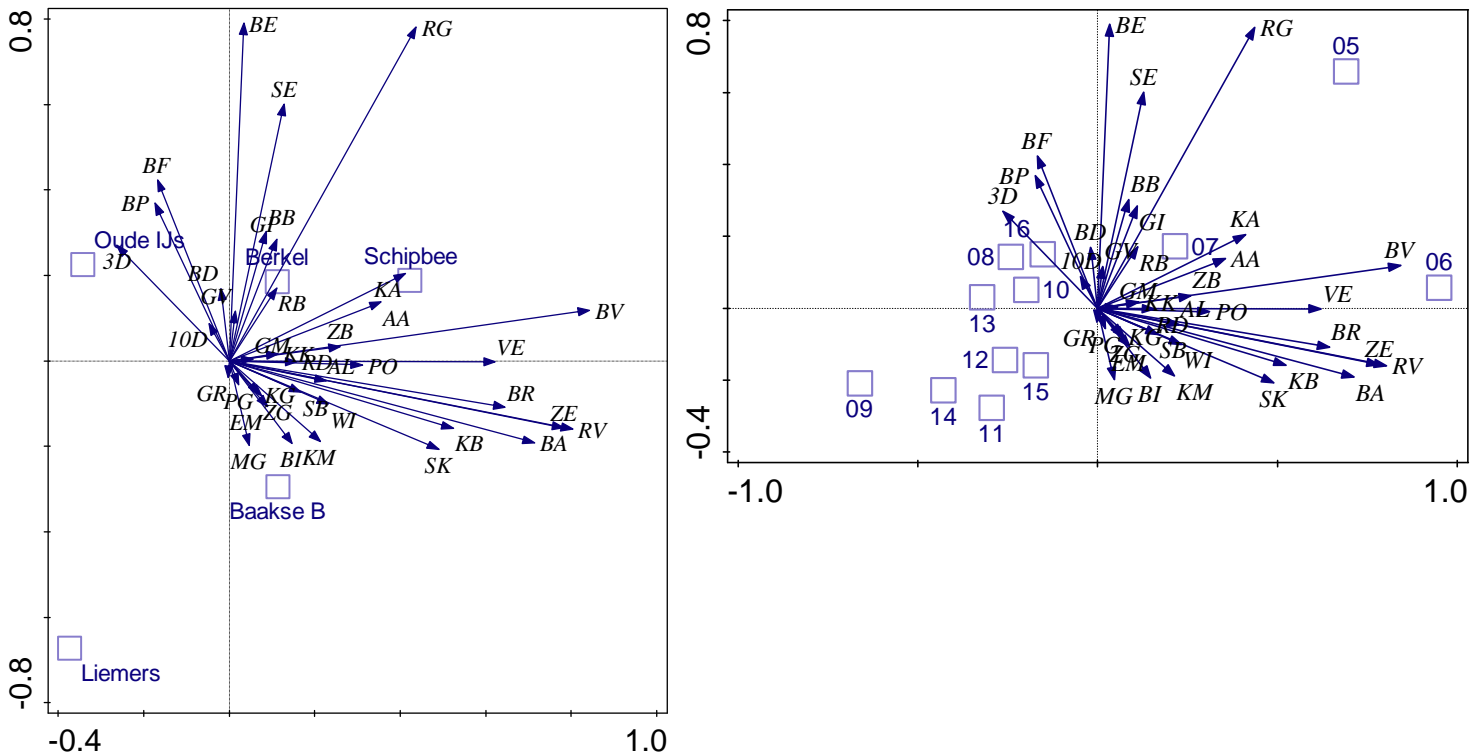
De berekende gradiëntlengte lag tussen 1,5 en 4 en het advies van Canoco luidde dat beide responsi modellen te gebruiken waren. Een eerste analyse met het Gaussische responsie model gaf één groep van monsters met een paar afwijkende monsters, het lineaire model gaf een egalere spreiding van de visbemonsteringen over de ordinaties-assen en daarom is uiteindelijk gekozen voor het lineaire model (afbeelding 3.6).

De ordening van de eerste as wordt voor een belangrijk deel bepaald door een combinatie van generalistische en plantenminnende soorten zoals blankvoorn (BV), ruisvoorn (RV), zeelt (ZE) en baars (BA). Bij de tweede as gaat het om met name stromingsminnende soorten als riviergrondel (RG), biermpje (BE), beekprik (BP) en serpeling (SE).



Afbeelding 3.6: Grafische weergave van het resultaat van een principale componenten analyses met visabundantie waarbij de eerste (horizontaal) en tweede (vertikaal) ordinaat-assen tegen elkaar zijn uitgezet. Iedere cirkel is een monster en iedere pijl staat voor een vissoort. Bijlage 1 bevat de visnamen bij de afkortingen.

In Afbeelding 3.7 is ook te zien dat de meer stromende systemen (Berkel, Schipbeek, Oude IJssel) aan de bovenzijde van de grafiek liggen, en de meer stagnante systemen (Liemers en Baakse beek) aan de onderzijde. Tevens laat de rechter afbeelding van 3.7 zien dat de jaren 2006 en 2005 nogal afwijkend zijn (rechts gelegen) van de overige jaren (links gepositioneerd), met name door soorten als blankvoorn (BV), brasem (BR), Baars (BA), ruisvoorn (RV), vetje (VE) en zeelt (ZE). Bij navraag bleek dat in deze jaren, in tegenstelling tot de andere jaren, veel bemonsteringen met de zegen zijn uitgevoerd (zie tabel 3.2). Doordat met de zegen bepaalde soorten effectiever gevangen worden (met name generalisten) is dit van grote invloed op de vangstsamenstelling. Analyses zonder het jaar 2006 leidde daarna tot een aparte positie van 2005 en wanneer die weggelaten werden tot 2007. In het vervolg van het rapport worden resultaten daarom gepresenteerd van analyses van de hele dataset en van de dataset vanaf 2008.



Afbeelding 3.7. Grafische weergave van het resultaat van een principale componenten analyses met visabundantie. Rechts: de positie van het jaar van bemonsteren, links: de posities van de stroomgebieden. Bijlage 1 bevat de visnamen bij de afkortingen.

Tabel 3.2: Overzicht van de toegepaste vangtuigen in de verschillende jaren en het aantal vissen dat ermee gevangen werd. In 2006 werd meer dan 40% van het totaal aantal individuen gevangen met de zegen en de stortkuil. In de andere jaren was dit beduidend minder en vanaf 2010 is de zegen niet meer toegepast.

JAAR	VANGTUIG				
	electro	electro + zegen	zegen	stortkuil	handnet
2005	29512				
2006	51506		38591	3136	
2007	80548				
2008	53625	1090			
2009	1352				36
2010	6170	3164			
2011	8776				
2012	4435				
2013	8073				
2014	5249				
2015	7776				
2016	9342				

3.2.2 Verklaarde variantie

Afzonderlijke factoren

De verklarende kracht van de verschillende variabelen is berekend voor de verschillende data sets (abundantie, aan-/afwezigheid, gildes) en is variabel (Tabel 3.3).

De bijdrage van de afzonderlijke factoren ligt doorgaans in dezelfde grootte van orde voor de 3 verschillende datasets (Tabel 3.3). De jaren 2005 t/m 2007 hebben een flinke invloed op de hoeveelheid verklaarde variatie. Wanneer deze jaren worden weggelaten, wordt de variatie verklaard door tijd fors lager en dus minder belangrijk. Factoren verbonden aan de temporele en ruimtelijke variatie dragen in verschillende mate bij en hun bijdrage is doorgaans hoger dan van de habitat factoren. Opvallend binnen de habitatfactoren is de niet significante bijdrage van het zomergemiddelde gehalte van zuurstof. Dimensies, stroming, meandering verklaren een beperkt deel van de variatie alsmede de bedekking van de oever met bomen en de submerse (en emerse) vegetatie.

Opvallend weinig correlatie bestaat er met de EKR scores voor macrofauna, onderwaterflora en vis, terwijl er daarentegen een goed verband bestaat met de score voor stromingsminnende macrofauna.

Combinatie van factoren

De voorwaartse selectie, uitgevoerd met de significante variabelen, resulteerde in kleine verschillen in de combinatie van opgenomen variabelen tussen de typen visgegevens (Tabel 3.4). Bij de volledige datasets, dus met de jaren 2005, 2006 en 2007, speelt het temporele aspect een net iets kleinere rol dan de spatiële factoren. Door genoemde jaren niet mee te nemen in de analyse wordt de bijdrage van de temporele variatie sterk gereduceerd en neemt de bijdrage van de spatiële factoren toe. De netto bijdrage van de habitatfactoren is beperkt, variërend van 0.2 tot 2.4%. Echter, de habitatfactoren delen

met de spatiële factoren een aanzienlijk deel van de variantie. Een deel van de variatie kan dus zowel door de spatiële als door de habitatfactoren verklaard worden. Het rheofiele karakter van de macrofauna kan als een habitatfactor opgevat worden en gebruikt in de multivariate analyses. Door deze variabele mee te nemen in de voorwaartse selectie ontstaan kleine wijzigen in de variabelen die meegenomen worden (tabel 3.4). De verklaarde hoeveelheid variatie neemt echter wel duidelijk toe, ten dele als gevolg van de netto bijdrage als habitat alsmede door een toename in de gedeelde variatie met de spatiële component.

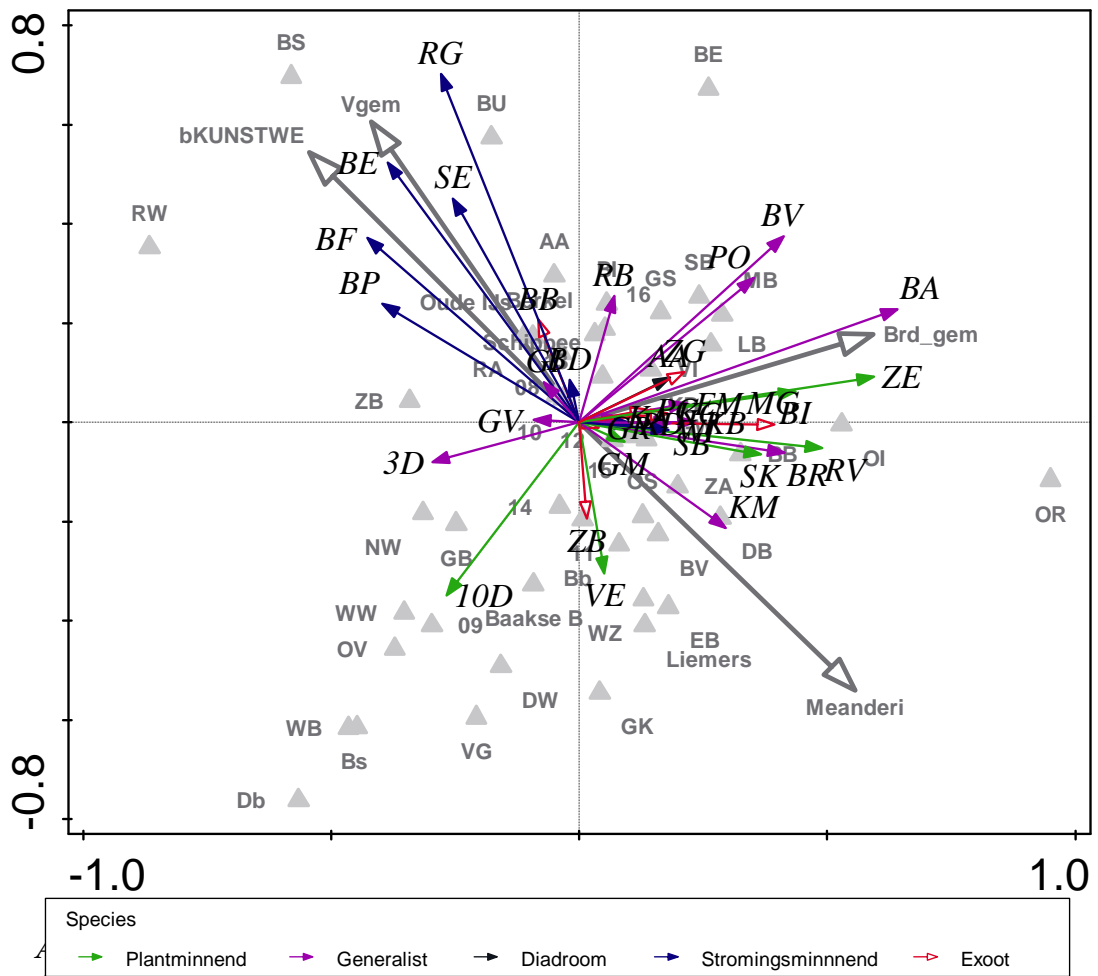
Afbeelding 3.8 toont dat de pijlen van de stromingsminnende vissoorten als riviergrondel(RG), biermpje (BE), serpeling (SE) en beekprik (BP) dezelfde kant opwijzen als de factoren gemiddelde stroomsnelheid (vgem) en aantal kunstwerken tot de grote rivier (bKUNSTW) en enkele beektakken (RW, BS, BU). Soorten als blankvoorn (BV), pos (PO), baars (BA) en zeelt (ZE) zijn positief gecorreleerd met de variabele breedte. De verschillende beektrajecten liggen over het gehele diagram verspreid, dat geldt echter niet voor de jaren, die een beperkte verspreiding rondom het centrum hebben. Dit geeft al aan dat jaar van bemonstering niet zo'n belangrijke rol speelt.

*Tabel 3.3. Hoeveelheid verklaarde variatie door de afzonderlijke variabelen voor verschillende datasets van visgegevens (abundantie, aan-/afwezigheid, gildes) berekend met een Redundancy Analyse. **Vet gedrukt:** bijdrage is significant. Paragraaf 3.2.1 t/m 3.2.4 bevatten de ordinatiediagrammen voor de belangrijkste verklarende variabelen in relatie tot de abundantie, aan-/afwezigheid en gildes.*

Variabele	Dataset					
	Abundantie		Aan-/afwezigheid		Gildes	
	alles	minus 05-07	alles	minus 05-07	alles	minus 05-07
Temporeel						
jaar (klasse)	15,8	2,5	8,1	3,0	17,1	4,6
jaar (continue)	7,4	0,6	6,9	1,0	6,9	1,3
Ruimtelijk						
stroomgebied	7,9	9,9	7,2	7,9	7,6	10,8
beek	25,9	36,1	24,2	29,4	27,4	38,3
KRW-type	5,6	6,0	5,3	5,4	6,2	7,6
# kunstwerken	4,6	7,5	3,5	5,3	8,5	13,9
Habitat						
diepte	3,7	6,3	3,6	4,7	3,4	6,2
breedte	5,2	6,6	4,7	5,1	4,9	5,7
stroming	3,6	6,2	2,5	4,0	7,1	11,9
O2zomergem	0,1	0,0	0,7	0,8	0,0	0,2
meandering	5,3	7,9	4,4	5,4	9,3	13,7
meanderlengte	0,8	1,1	0,8	0,9	0,7	0,8
BDK alg totaal	0,2	0,5	0,1	0,2	0,9	1,5
BDK oever met bomen	4,3	5,0	2,8	3,0	6,1	7,1
BDK drijvende vegetatie	0,8	0,8	0,2	0,3	2,6	2,2
BDK emerse vegetatie	0,3	0,5	0,1	0,5	1,2	0,8
BDK kroos	0,3	0,5	0,5	0,7	0,7	1,2
BDK submerse vegetatie	1,4	3,3	1,3	3,4	3,2	5,7
BDK submerse & emerse	1,4	3,2	1,1	2,0	3,4	5,4
Overig						
GEPMF	0,6	1,2	0,6	0,6	1,5	2,9
GEPOWF	0,6	1,8	0,3	0,5	0,4	1,4
GEPVIS	0,6	1,1	0,3	0,6	0,5	0,5
Mafa Rheofiel	12,5	15,1	8,9	10,0	22,7	26,5

Tabel 3.4. Variabelen die door de voorwaartse selectie zijn gekomen (grijs gemarkeerd), de netto bijdragen in het verklaren van de variantie door temporele, spatiële en habitatvariabelen en de variantie gedeeld door de drie groepen van variabelen.

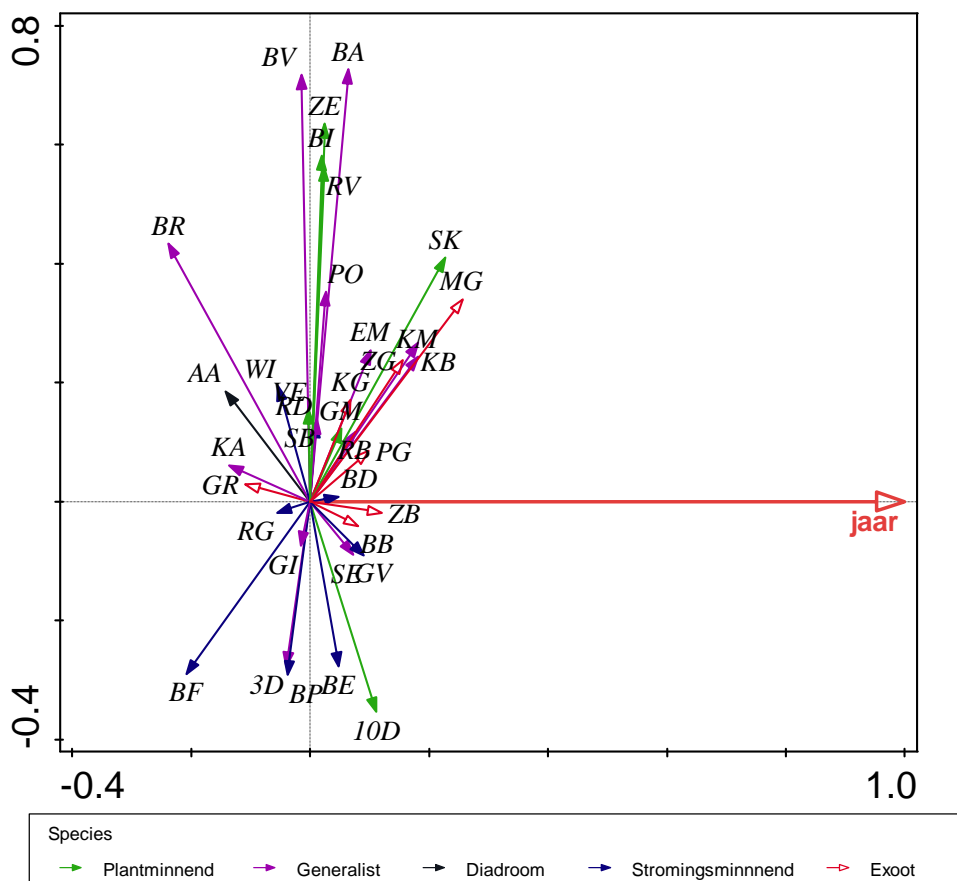
Variabele	Dataset					
	Abundantie		Aan-/afwezigheid		Gildes	
	alles	minus 05-07	alles	minus 05-07	alles	minus 05-07
<u>Temporeel</u>						
jaar (klasse)						
jaar (continue)						
<u>Ruimtelijk</u>						
stroomgebied						
beek						
KRW-type						
# kunstwerken						
<u>Habitat</u>						
diepte						
breedte						
stroming						
O2zomergem						
meandering						
meanderlengte						
BDK alg totaal						
BDK oever met bomen						
BDK drijvende vegetatie						
BDK emerse vegetatie						
BDK kroos						
BDK submerse vegetatie						
BDK submerse & emerse						
<u>Partitioning netto bijdragen</u>						
Temporeel	14,2	2,7	6,7	4,1	12,2	5,9
Spatieel	17	24,2	16,5	24,5	18,5	28,3
Habitat	1,1	1,7	1,6	2,5	0,2	0,6
Gedeeld						
temp&spat	-0,1	-0,6	0,3	-0,7	1,1	0
temp&hab	-0,1	-0,4	0,1	-0,2	0	-0,3
spat&hab	8,9	14,2	7	11,9	6,8	7,8
temp&spat&hab	1,7	0,1	1	-0,2	0,3	-0,3
Totaal	42,7	42,5	33,1	41,9	39,1	42



beelding 3.8. Grafische weergave van het resultaat van een redundancy analyse met visabundanties en verklarende factoren die door de voorwaartse selectie zijn gekomen waarbij de eerste (horizontaal) en tweede (vertikaal) ordinatie-assen tegen elkaar zijn uitgezet. De driehoeken zijn de beken. De pijlkleur geeft aan tot welk ecologisch gilde de soorten behoren, de grijze pijlen staan voor de omgevingsfactoren. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen en bijlage 2 die van de beeknamen.

3.2.1 Invloed tijd

De factor tijd verklaart een beperkt deel van de variatie in de visbestanden. Hoewel de pijlen van de meeste exoten in dezelfde richting wijzen als de variabele jaar en dus een positieve correlatie met jaartal hebben (behalve GR: graskarper), is de relatie beperkt want de pijlen lopen niet echt parallel met de horizontale as maar onder een bepaalde hoek.



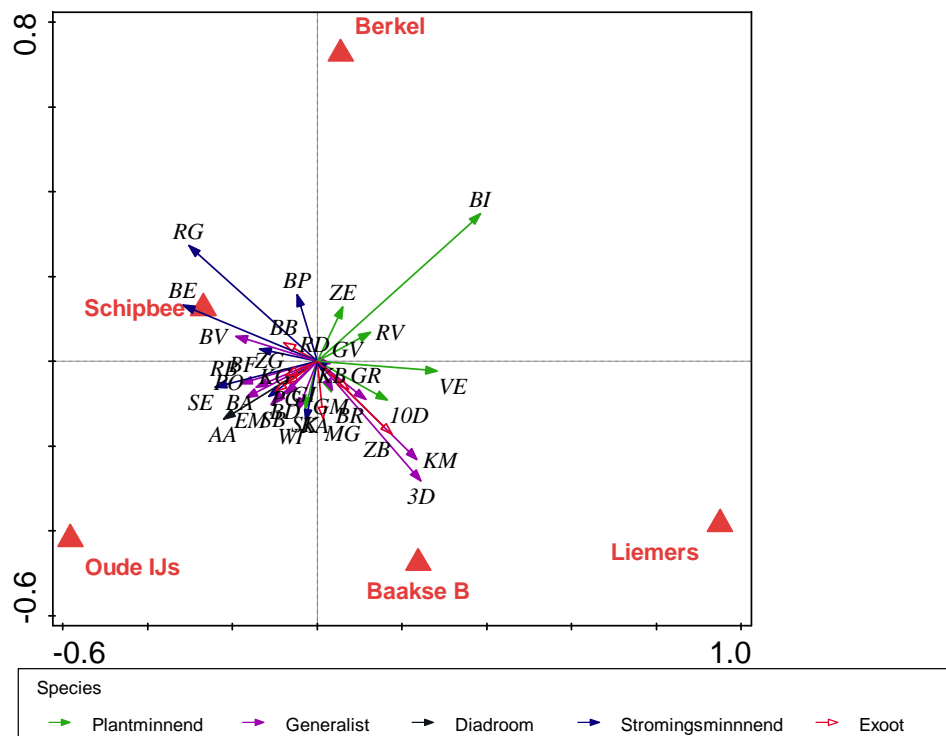
Afbeelding 3.9: Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (vertikaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2008-2016 met jaartal als continue variabele. De pijlkleur geeft aan tot welk ecologisch gilde de soorten behoren. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen.

3.2.2 Invloed ruimtelijke factoren

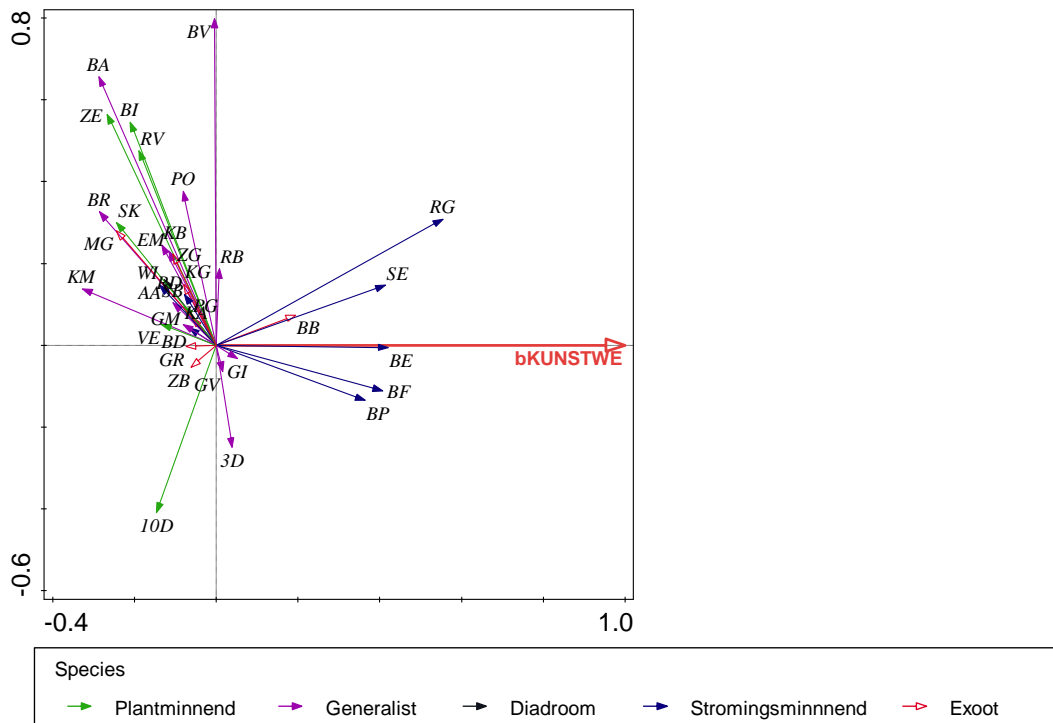
De ruimtelijke factoren (stroomgebied, beek(tak), KRWtype, aantal kunstwerken tot rivier) hebben een sterk verband met de samenstelling van de visgemeenschap. Bij de **stroomgebieden** lijkt de Oude IJssel wat afwijkend te zijn van de overige stroomgebieden met een groter aandeel van generalistische soorten en minder plantenminnende soorten (afbeelding 3.10). De stroomgebieden van de Berkel en Schipbeek hebben een groter aandeel aan stromingsminnende soorten waardoor ze zich onderscheiden van de Baakse Beek en de Liemers.

De **KRW typen** van de stromende wateren (R5 en R6) onderscheiden zich duidelijk van M1a en M3 (afbeelding 3.11) door de aanwezigheid van stromingsminnende soorten, terwijl de plantenminnende soorten wat meer aanwezig lijken in de M watertypen. De generalistische soorten lijken vooral aanwezig te zijn in R6 wateren.

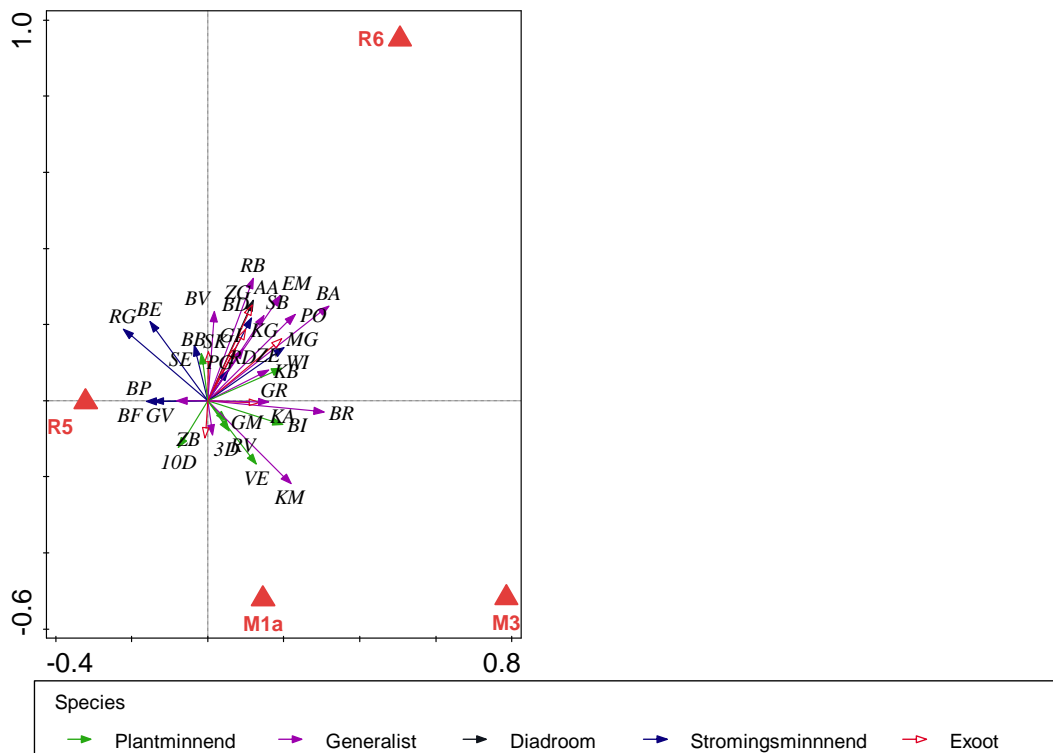
Uit afbeelding 3.12 blijkt dat de stromingsminnende soorten samenhangen met het **aantal kunstwerken** dat aanwezig is tot aan een grote rivier. Dat lijkt in eerste instantie vreemd. Het is echter zo dat stromingsminnende soorten het meest voorkomen in de sneller stromende delen van de stroomgebieden (zie bijlage 4). Deze zijn met name gelegen in de bovenlopen waardoor er meer stuwen aanwezig zijn tot aan een grote rivieren in vergelijking tot meer stroomafwaarts gelegen delen van het stroomgebied.



Afbeelding 3.10: Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2008-2016 met stroomgebied als verklarende factor. De pijlkleur geeft aan tot welk ecologisch gilde de soorten behoren. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen.



Afbeelding 3.11: Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2008-2016 met KRW watertype als verklarende factor. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen.



Afbeelding 3.12. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2008-2016 met het aantal kunstwerken als verklarende factor. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen.

3.2.3 Invloed habitatfactoren

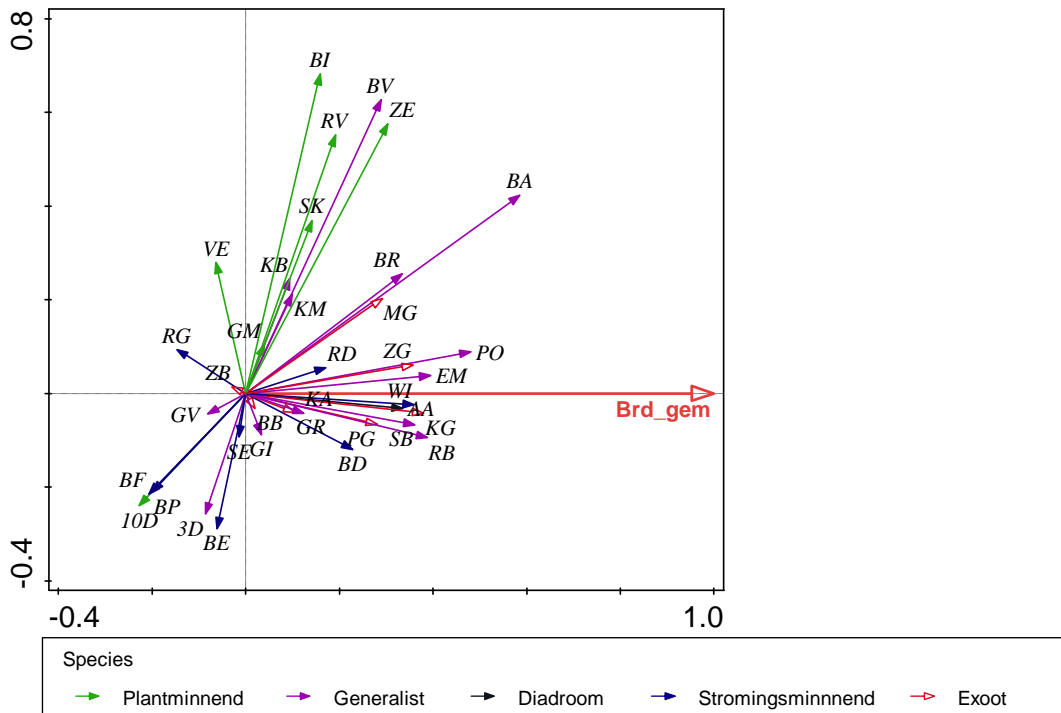
De generalistische soorten lijken geassocieerd te zijn met bredere wateren en dit geldt in iets mindere mate voor de exoten (afbeelding 3.13). De pijlen van de plant- en stromingsminnende soorten staan min of meer loodrecht op de **breedte**pijl en lijken hiermee dan ook weinig tot geen verband te hebben. Bij de **diepte** (afbeelding 3.14) ontstaat eenzelfde beeld.

Zoals verwacht wijzen de pijlen van de stromingsminnende soorten (afbeelding 3.15) in dezelfde richting als de gemiddelde **stroomsnelheid** en zijn daarmee dus positief gecorreleerd. Een aantal soorten, zoals kleine modderkruiper (KM), vetje (VE), graskarper (GR), zonnebaars (ZB) wijzen in de tegenovergestelde richting en zijn geassocieerd met stilstaand water terwijl de pijlen van diverse andere soorten, zoals blankvoorn (BV), baars (BA), bittervoorn (BI), tien- en driedoornige stekelbaars (10D en 3D) nagenoeg loodrecht op de pijl van stroomsnelheid en daar dus minder door lijken te worden beïnvloed.

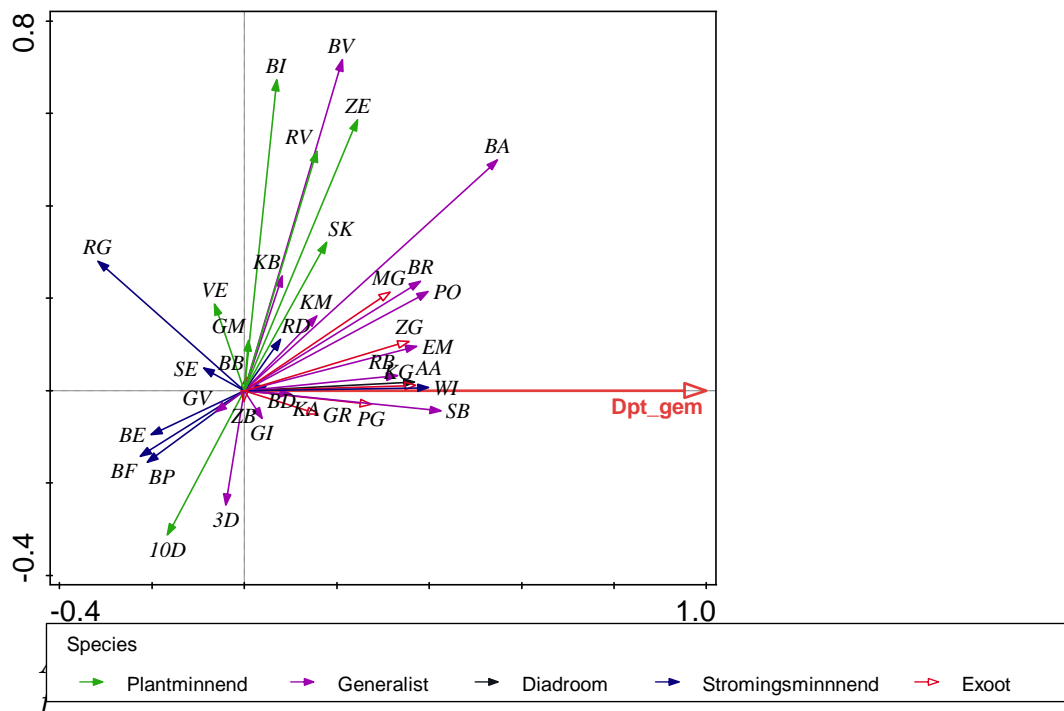
De pijl van **meandering** en de pijlen van de stromingsminnende soorten wijzen in tegenovergestelde richting en dus bestaat er een negatieve correlatie (afbeelding 3.16). De pijlen van de meeste andere soorten wijzen in de dezelfde richting als meandering maar met een forse hoek, waardoor de correlatie zwak is.

Bedekking door **bomen op de oever** lijkt een positief verband op te leveren met de stromingsminnende soorten (afbeelding 3.17). Zoals uit de GIS-analyse blijkt (bijlage 3) komen met bomen begroeide oevers momenteel met name voor in de bovenlopen. De pijlen van de meeste andere soorten maken een hoek van bijna 90 graden en worden dus zeer beperkt beïnvloed door deze variabele.

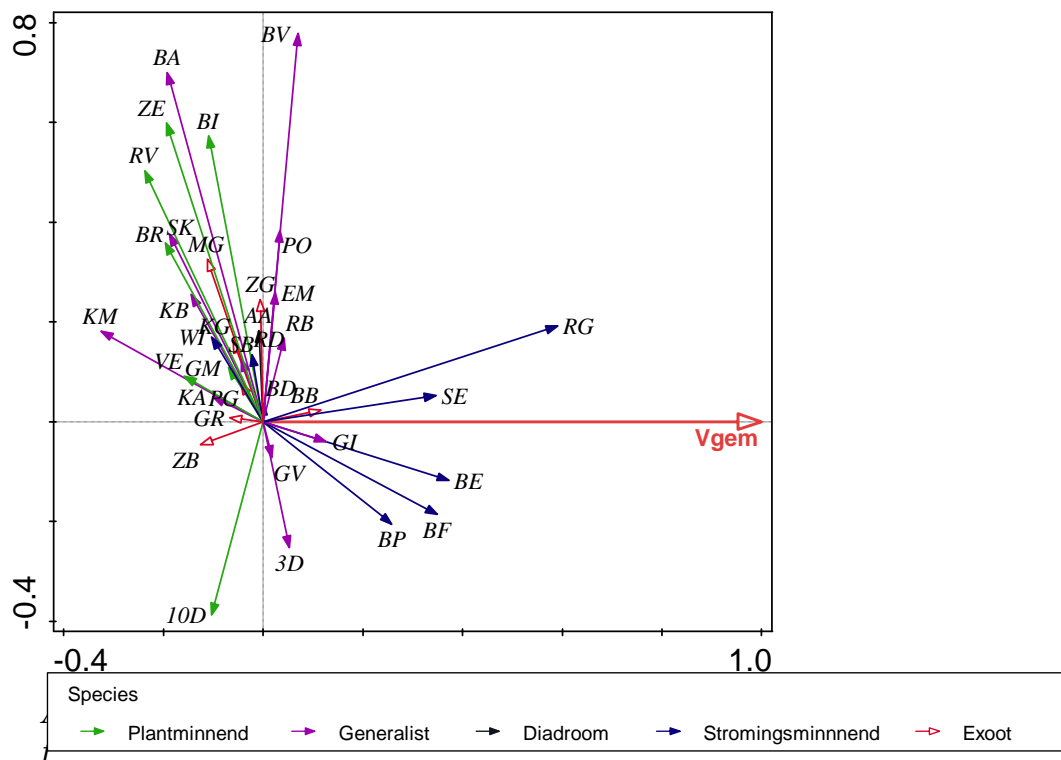
De plantenminnende soorten hebben slechts een zwakke relatie met bedekking van **ondergedoken waterplanten** (afbeelding 3.18), want de pijlen van deze soorten maken een hoek tussen 45 en 90 graden met de variabele bedekking submerse vegetatie. Een sterker verband is zichtbaar met de stromingsminnende soorten: de pijlen wijzen in tegenovergestelde richting van de variabele wat indiceert dat deze soorten een negatief verband hebben met ondergedoken waterplanten.



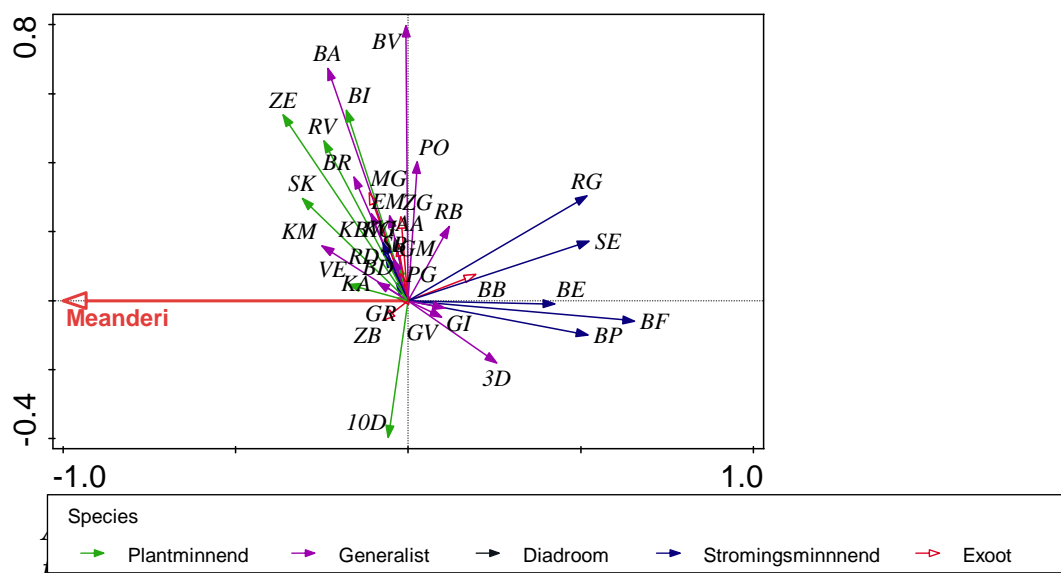
Afbeelding 3.13: Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinarie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2008-2016 met gemiddelde breedte als verklarende variabele. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen.



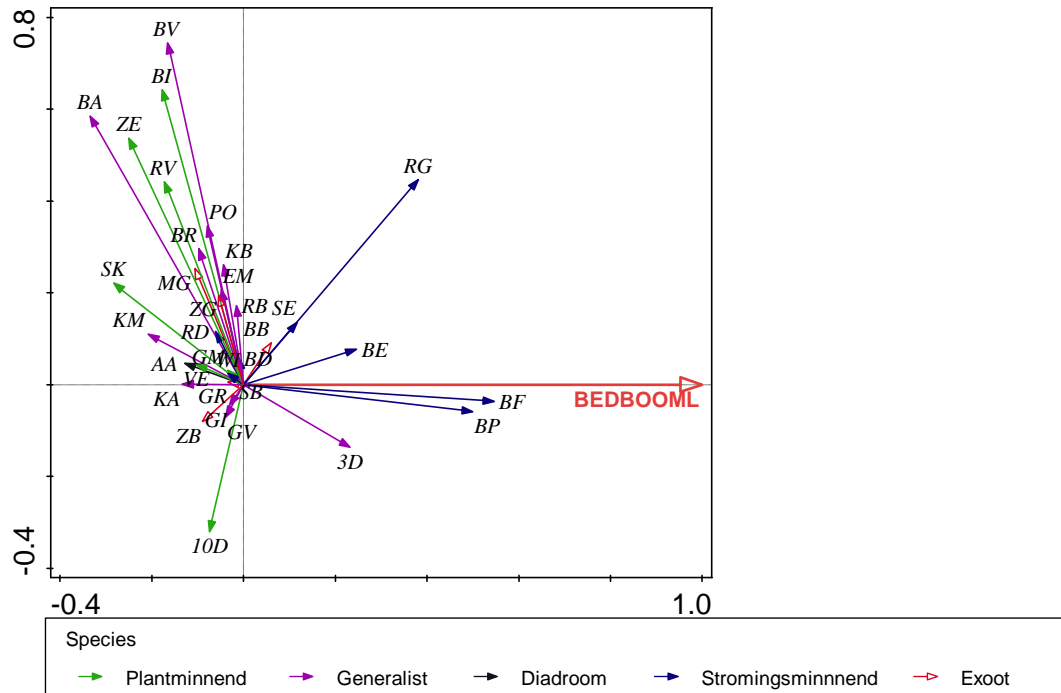
Afbeelding 3.14: Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinarie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2008-2016 met gemiddelde diepte als verklarende variabele. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen.



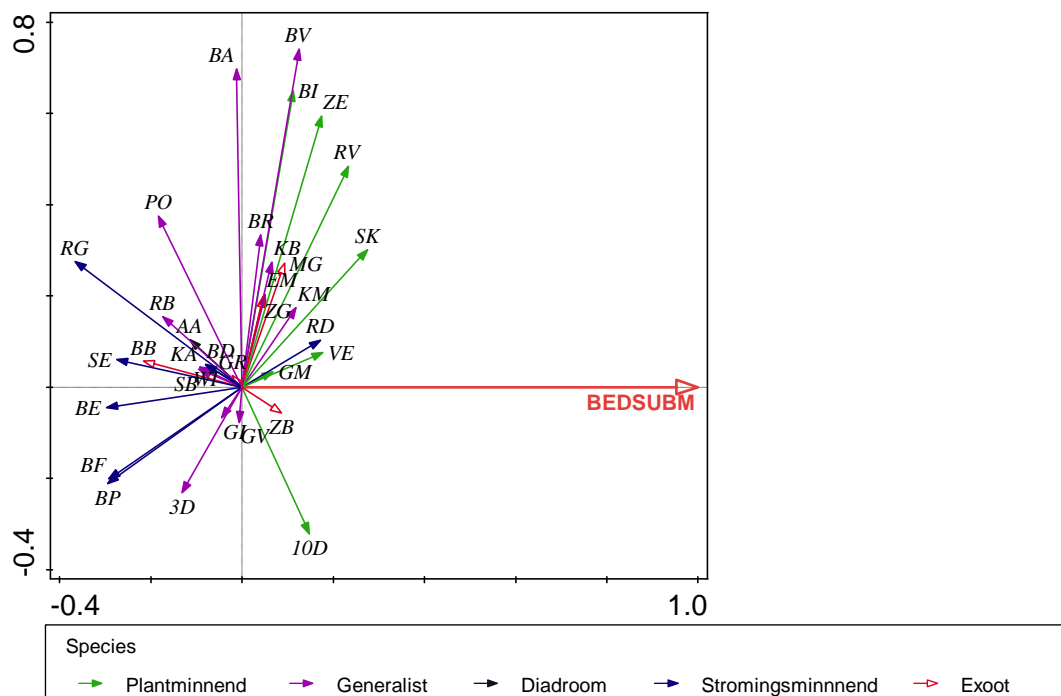
beelding 3.15: Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2008-2016 met gemiddelde stroomsnelheid als verklarende variabele. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen.



beelding 3.16: Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2008-2016 met meandering als verklarende variabele. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen.



Afbeelding 3.17: Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2008-2016 met bedekking oevers met bomen verklarende variabele. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen.



Afbeelding 3.18: Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2008-2016 met bedekking ondergedoken waterplanten als verklarende variabele. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen.

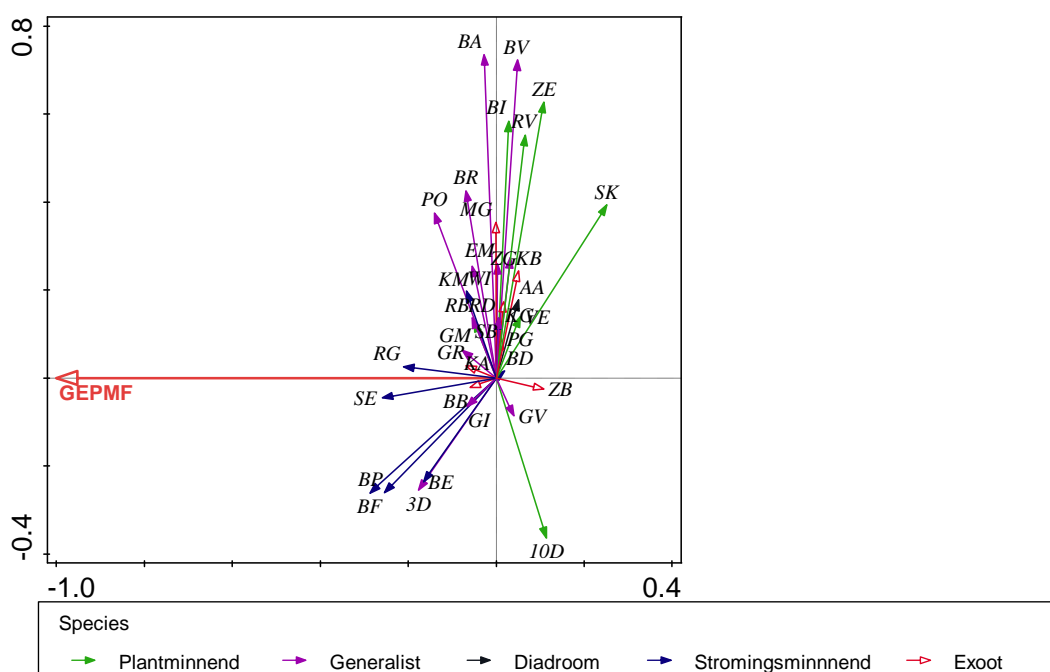
3.2.4 Relatie met EKR-scores

De EKR scores voor macrofauna (afbeelding 3.19), onderwaterflora (afbeelding 3.20) en vis (afbeelding 3.21) tonen steeds dat de pijlen van de vissen doorgaans niet parallel lopen aan de pijl van de EKR score. Er is enige samenhang tussen de **EKR macrofauna** en stromingsminnende soorten als serpeling (SE), riviergrondel (RG).

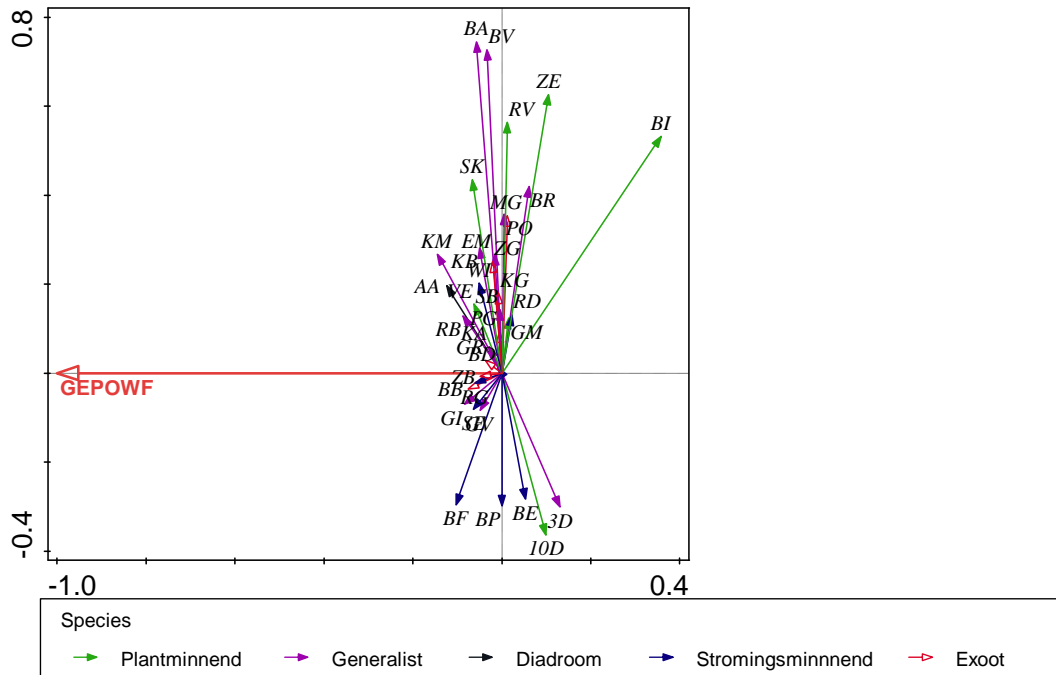
Opvallend met betrekking tot de **EKR onderwaterflora** is dat pijlen van de plantenminnende soorten nagenoeg loodrecht of een hoek van meer dan 90 graden hebben met de GEP score voor de onderwaterflora. De EKR onderwaterflora vertoont geen verband met het voorkomen van plantminnende vissoorten. Dit komt waarschijnlijk doordat de EKR voor planten in Rtypen al een optimum rond 30% bedekking met ondergedoken planten heeft. Hogere bedekkingspercentages zorgen dus niet voor een hoge EKR.

Slechts enkele vissoorten hebben een (zwak) positief verband met de **EKR vis** score: beekprik (BP), beekforel (BF), driedoornige stekelbaars (3D), bittervoorn (BI), kleine modderkruiper (KM) en vetje (VE) (afbeelding 3.21). Opvallend is verder dat geen enkele visgilde een positief verband met de GEP vis te zien geeft.

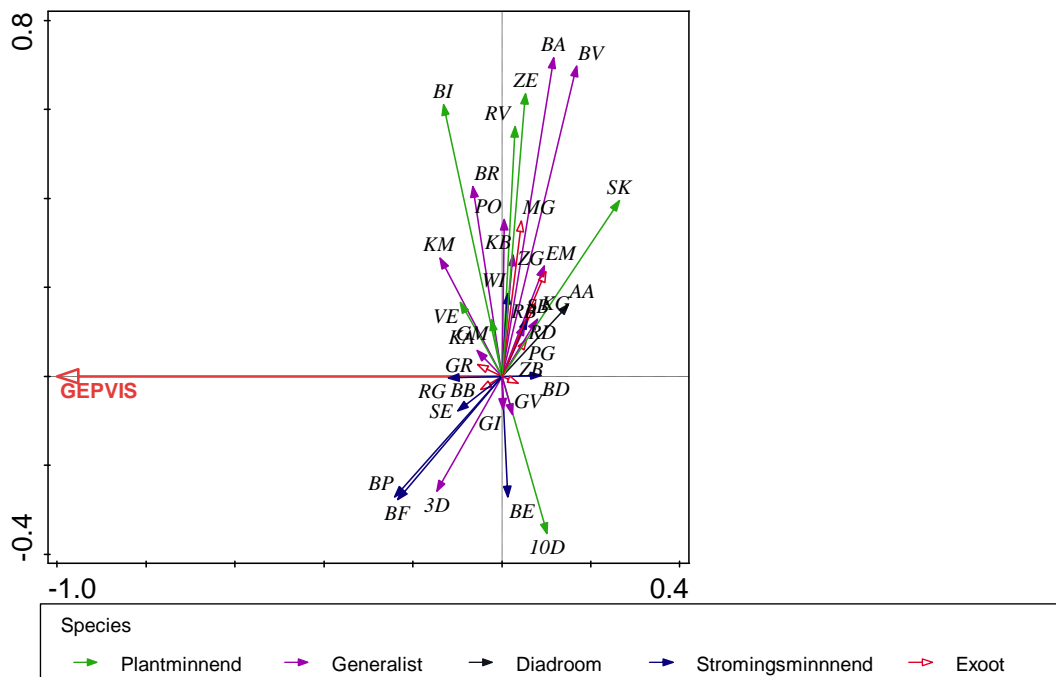
Met betrekking tot de score voor de **rheofiele macrofauna** (afbeelding 3.22) soorten wijzen de pijlen van de vissoorten beekprik (BP), beekforel (BF), biermpje (BE), riviergrondel (RG) serpeling (SE) en driedoornige stekelbaars (3D) in nagenoeg dezelfde richting als deze variabele. Vrijwel al deze soorten zijn typische stromingsminnende vissen. De pijlen van de meeste plantenminnende en generalistische soorten wijzen in tegenovergestelde richting, indicierend dat er een negatief verband is.



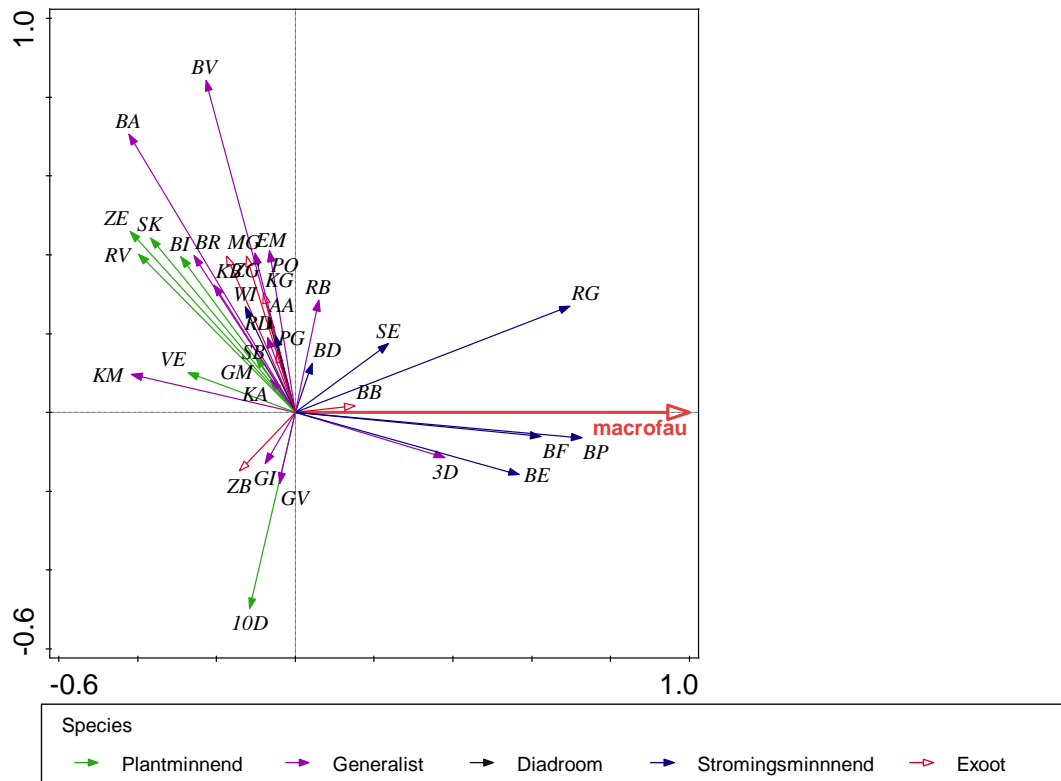
Afbeelding 3.19. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2008-2016 met GEP score macrofauna als verklarende variabele. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen.



Afbeelding 3.20. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2008-2016 met GEP score onderwaterflora als verklarende variabele. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen.



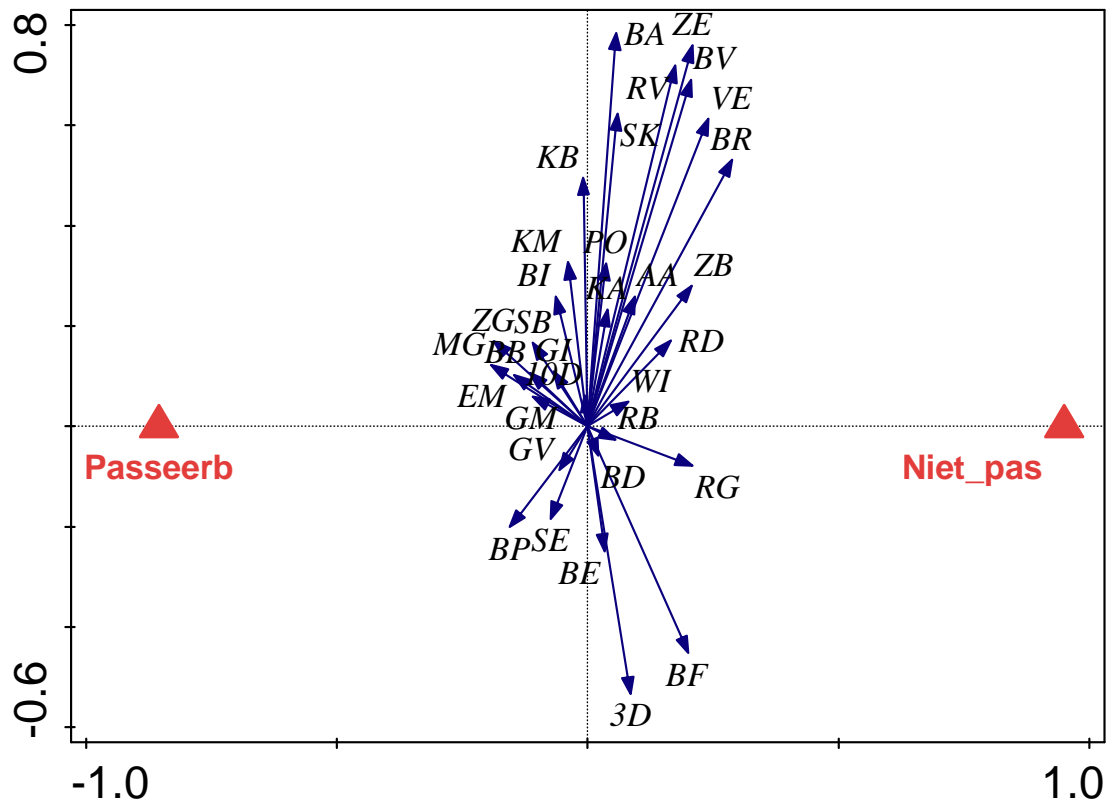
Afbeelding 3.21. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2008-2016 met GEP score vis als verklarende variabele. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen.



Afbeelding 3.22. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2008-2016 met score voor stromingsminnend karakter macrofauna als verklarende variabele. Bijlage 1 bevat de visnamen die bij de afkortingen horen.

3.2.5 Effect vismigratievoorzieningen

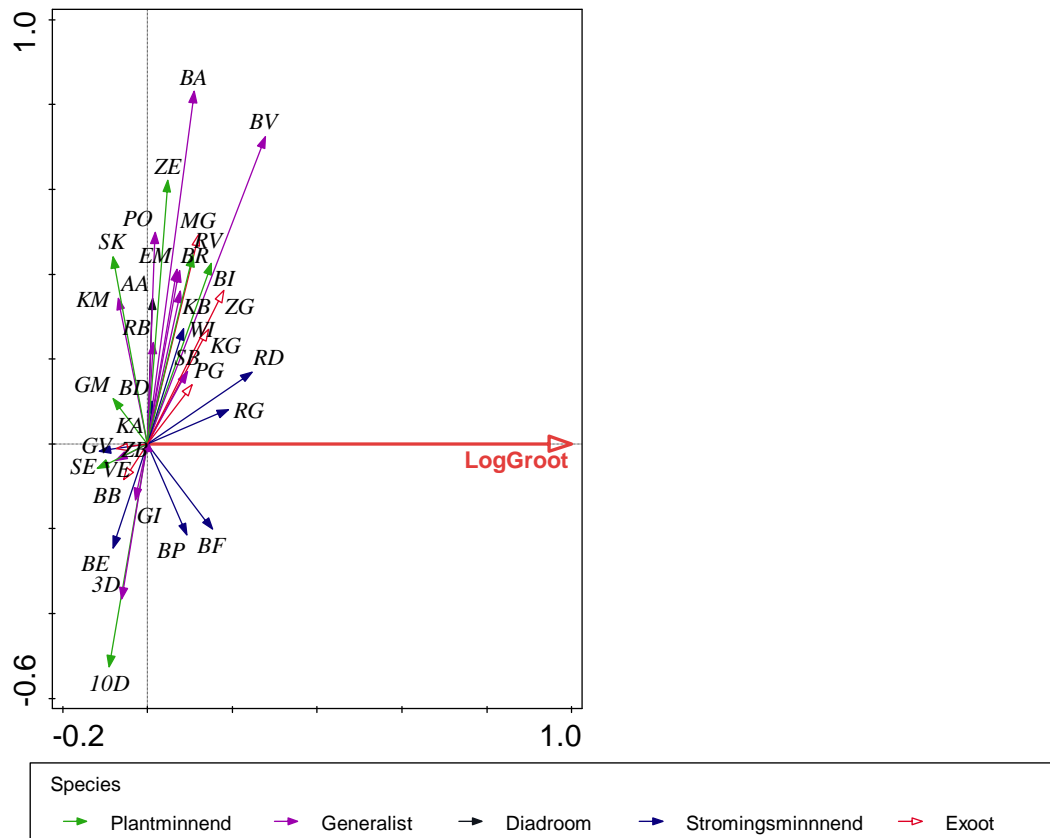
Het vispasseerbaar maken van trajecten verklaart maar voor een klein deel de verschillen in de vissamenstelling tussen voor en na aanleg (afbeelding 3.23). Bij de abundantie gegevens gaat het om 1.2% en bij de aan- en afwezigheidsgegevens om slechts 0.1% en de berekende bijdragen zijn niet significante ($p=0.054$ en $p=0.314$). Het aanleggen van de vispassages heeft dus (nog) geen grote invloed op de soortensamenstelling.



Afbeelding 3.23: Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2008-2016. Analyse is uitgevoerd met trajecten (zie tabel 3.1) waar zowel voor als na de aanleg van een vismigratievoorziening visgegevens beschikbaar waren. Bijlage 1 bevat de visnamen bij de afkortingen in de figuur.

3.2.6 Invloed grootte van aaneengesloten trajecten op vissamenstelling

De samenstelling van de visgemeenschap in de periode 2013-2016 lijkt voor een beperkt maar significant deel (1.2%, $p=0.02$) verklaard te kunnen worden met de grootte van de aaneengesloten trajecten. Zoals uit afbeelding 3.24 blijkt staan de pijlen van de meeste soorten loodrecht op de pijl van de grootte van het aaneengesloten traject en die hebben dus geen relatie met deze variabele. Soorten als RD, RG, BF en BP hebben een langere pijl, die een kleinere hoek maakt met de grootte van het traject. Deze rheofiele soorten lijken dus enigermate hierdoor beïnvloed. Wordt de analyse beperkt tot de periode 2014-2016 (80 monsters) dan is de relatie niet meer significant ($p=0.234$), indicierend dat de invloed van deze factor minimaal is. Dit wordt ook bevestigd door een analyse met voorwaartse selectie met de variabelen met een significante bijdrage (Tabel 3.4) waarbij de grootte van het traject niet door de selectie heen komt.



Afbeelding 3.24: Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visabundantiegegevens uit de periode 2013-2016 waarvan de grootte van het traject bekend is. Bijlage 1 bevat de visnamen bij de afkortingen in de figuur.

4 Conclusies, discussie & aanbevelingen

4.1 Voorkomen van soorten

- Binnen de huidige soortsaanstelling (30 inheemse soorten) zijn bijna alle soorten die in de historische bronnen van eind 19^e eeuw genoemd worden in de visgemeenschap aanwezig. Alleen populaties van de kwabaal (stromingsminnend) en rivierprik (diadroom) ontbreken binnen het beheersgebied.
- Van de **stromingsminnende vissoorten**, die van belang zijn voor een goede ecologische score van beken en riviertjes, komen er negen voor binnen het beheersgebied. **Bermpje** (presentie 78%) en **riviergrondel** (presentie 76%) zijn wijd verspreid. **Serpeling** is wijd verspreid aanwezig in het stroomgebied van de Schipbeek, en daarnaast ook plaatselijk in het stroomgebied van de Berkel en de Oude IJssel en Boven Slinge. De andere stromingsminnende soorten (**winde**, **kopvoorn**, **alver**, **rivierdonderpad**, **beekprik**, **beekdonderpad**, **beekforel**) komen slechts in een beperkt deel van de onderzochte trajecten in het beheersgebied voor (presentie 2-13%). Bij de laatste soort spelen uitzettingen tot circa 2009 waarschijnlijk een rol.
- Van de **plantenminnende vissoorten**, die vooral van belang zijn voor de goede ecologische score in stagnante watertypen, komen er acht voor binnen het beheersgebied. **Snoek** (89%), **zeelt** (78%), **rietvoorn** (65%), **vetje** (62%), **bittervoorn** (42%), en **tiendoornige stekelbaars** (40%) zijn present in een groot deel van de onderzochte trajecten in het beheersgebied. **Grote modderkruiper** (2%) en **croeskarper** (1%) zijn zeer zeldzaam, dit zijn echter soorten van kleinere verlandende moerasachtige wateren die doorgaans niet aangetroffen worden in de grotere KRW-waterlichamen.
- Van de **diadrome vissoorten** komt alleen de paling voor in het beheersgebied (driedoornige stekelbaars is ingedeeld bij de generalisten). Hoewel de soort Europees ernstig bedreigd wordt, zijn er nog redelijk veel trajecten (30%) waar deze is aangetroffen. Mogelijk spelen uitzettingen (in Duitsland) een rol bij het voorkomen binnen het beheersgebied.
- Van de **generalistische soorten**, die bij te hoge dichtheden zorgen voor een lage ecologische score, zijn er 11 aangetroffen in het beheersgebied. **Baars** (88%) en **blankvoorn** (83%) zijn zeer wijd verspreid. **Kleine modderkruiper** (53%), **driedoornige stekelbaars** (52%), **brasem** (46%), **pos** (40%), **karper** (36%) en **kolblei** (31%) komen ook op relatief veel plaatsen voor. **Snoekbaars** (7%), **giebel** (4%) en **Europese meerval** (3%) zijn zeldzaam. Op basis van de habitatvoorkeur van snoekbaars en Europese meerval zijn veel watergangen binnen het beheersgebied ook te ondiep.
- Er komen momenteel negen **exoten** voor binnen het beheersgebied (karper en snoekbaars zijn als ingeburgerd beschouwd). Hiervan komen **zonnebaars** (presentie

14%) en **marmergroundel** (presentie 12%) het meest voor, maar zijn momenteel nog relatief zeldzaam. De andere exoten (**roofblei, blauwband, goudvis, zwartbekgrondel, graskarper, Kesslers grondel, Pontische stroomgrondel**), zijn van 2006 tot en met 2016 in slechts 1-5% van de trajecten aangetroffen.

4.2 Trends in de aanwezigheid van soorten

- Voor de soorten **bittervoorn, driedoornige stekelbaars** en **marmergroundel** werd een **positieve trend** over de periode 2005 t/m 2016 geconstateerd. Ook landelijk nemen deze soorten toe (bron: NEM Meetprogramma Zoetwatervissen RAVON/CBS). Voor bittervoorn en driedoornige stekelbaars is de toename waarschijnlijk veroorzaakt door een verbetering van de waterkwaliteit waardoor het water helderder geworden is en de begroeiing met waterplanten toeneemt. Ook is de dichtheid aan zoetwatermosselen, welke dienen als legplaats voor de eitjes van de bittervoorn, mogelijk toegenomen.
- Voor de soorten **snoekbaars, brasem** en **aal** werd een **negatieve trend** over de periode 2005 t/m 2016 geconstateerd. Ook landelijk nemen deze soorten af (bron: NEM Meetprogramma Zoetwatervissen RAVON/CBS). Snoekbaars en brasem zijn soorten met een voorkeur voor troebel voedselrijk water. Het helderder worden van het water heeft er waarschijnlijk toe geleid dat de omstandigheden om te foerageren en om te schuilen slechter geworden zijn. De afname van de paling is in heel Europa al lange tijd aan de gangen de soort heeft de status ernstig bedreigd op de IUCN rode lijst. Vermoedelijk leven er in het beheersgebied vooral oudere palingen (die mogelijk in het verleden deels zijn uitgezet). De dalende trend wijst erop dat er weinig intrek (of uitzet) van nieuwe (jonge) paling in het beheersgebied is.

4.3 Verklarende factoren samenstelling visgemeenschap

4.3.1 Factor tijd

- De **factor tijd** leek in eerste instantie verassend veel van de variatie in de visgemeenschap te verklaren, zelfs meer dan habitatfactoren die als belangrijker ingeschat waren. Het nader bekijken van de data leerde dat er in de beginjaren van de KRW-bemonsteringen nog veel met andere vangtuigen (zegen en stortkuil) gevist werd, die later niet meer toegepast werden. Doordat deze vangtuigen in vergelijking tot electrovisserij veel beter in staat zijn bepaalde soorten te vangen gaf dit een vertekend beeld. Bij uitsluiting van de jaren 2005 t/m 2008 nam de verklaarde variatie door de tijd tot wel een factor tien af, en bleek van minder belang dan veel habitatvariabelen.
- Van de ecologische gilden blijkt alleen het gilde van exoten een zwak verband met de factor tijd te hebben. Het gaat dan met name om de exotische grondelsoorten (o.a. marmergroundel) van Ponto Kaspische oorsprong die Nederland sinds het begin van de 20^e eeuw koloniseren. Hun voorkomen binnen het beheersgebied van het waterschap is momenteel nog relatief gering.

4.3.2 Ruimtelijke factoren

- Het grootste deel van de variatie in het voorkomen van vissen wordt verklaard door **ruimtelijke factoren**. Als de jaren 2005 t/m 2008 buiten beschouwing gelaten worden, verklaard de beek 36% van de variatie in abundantie van vissoorten, de factor stroomgebied 10%, het KRW-watertype 6% en de factor aantal kunstwerken tot aan grote rivier 7%. De laatste factor is in feite een maat voor de stroomopwaartse positie in het watersysteem. En wil dus eigenlijk zeggen dat in de bovenlopen bepaalde soorten meer voorkomen dan in de beneden- en middenlopen.
- Bij de **stroomgebieden** wijkt de Oude IJssel af van de overige stroomgebieden met een groter aandeel van generalistische soorten en minder plantminnende soorten. De stroomgebieden van de Berkel en Schipbeek hebben een groter aandeel aan stromingsminnende soorten waardoor ze zich onderscheiden van de Baakse Beek en de Liemers die een hoger aandeel plantenminnende soorten bevatten.
- De **KRW-watertypen** van de stromende wateren (R5 en R6) onderscheiden zich duidelijk van de stagnante watertypen (M1a en M3) door de aanwezigheid van stromingsminnende soorten, terwijl de plantminnende soorten meer aanwezig zijn in de stagnante watertypen.

4.3.3 Habitatfactoren

- De habitatfactoren delen een aanzienlijk deel van de verklaarde variatie met de ruimtelijke factoren. Een deel van de variatie in de visgemeenschap kan dus zowel door de ruimtelijke als door de habitatfactoren verklaard worden.
- De variabele **breedte** en **diepte** lijkt positief gecorreleerd met het voorkomen van generalistische soorten en in iets minder mate voor de exoten. Een groot deel van dit effect wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de Oude IJssel die ten opzichte van de andere waterlopen veel breder en dieper is.
- De **stroomsnelheid** vertoont zoals verwacht een positieve relatie met de stromingsminnende soorten.
- In tegenstelling tot wat verwacht werd is er een negatieve correlatie tussen de **mate van meandering** en de stromingsminnende soorten. Dit wijst er op dat de meanderende trajecten in vergelijking tot de rechte trajecten minder stromen.
- De **bedekking door bomen op de oever** is positief gecorreleerd met de stromingsminnende soorten. Uit de GIS-analyse blijkt dat dergelijke trajecten met name aanwezig zijn in de bovenlopen van de beeksystemen.

- De bedekking met **submerse waterplanten** is zwak gecorreleerd met de plantenminnende soorten en zoals verwacht negatief gecorreleerd met de stromingsminnende soorten.
- Het ten opzichte van de ruimtelijke factoren relatief geringe verklaarde deel van de variantie door habitatfactoren kan veroorzaakt worden door:
 - De ruimtelijke aanwezigheid van soorten. De set van soorten die aanwezig is, verschilt tussen beken en deze soorten wisselen niet uit (in ieder geval niet op korte tijdschaal).
 - Onvolledig gekarakteriseerde abiotiek. De voor vissen belangrijke abiotische variabelen zijn niet/onvoldoende in de dataset aanwezig.

4.3.4 EKR-scores

- Er is weinig correlatie tussen de EKR-score voor vissen en voorkomen van visgilden. In principe is dit niet vreemd omdat de maatlaten waar de EKR op gebaseerd is verschillen tussen de stromende en de stangante watertypen.
- Het aandeel **rheofiele macrofaunasoorten** blijkt zoals verwacht positief gecorreleerd met de stromingsminnende vissoorten, en negatief met de plantenminnende en generalistische soorten.
- In tegenstelling tot wat verwacht werd lijkt de score van de **maatlat waterplanten** niet gecorreleerd met het voorkomen van de plantenminnende soorten. Mogelijk heeft dit te maken de opzet van de waterplantenmaatlat (niet gebaseerd op dichtheden van waterplanten?).

4.4 Effect van vismigratievoorzieningen

- Migratieperioden zijn soortspecifiek, waarbij verschillende soorten migreren in verschillende jaargetijden en dikwijls ook in verschillende richtingen (bv. stroomop- versus stroomafwaartse migratie). De belangrijkste en meest massale migratie vindt plaats ten tijde van de voortplanting. De KRW-monitoringsgegevens worden doorgaans binnen één week in de zomermaanden verzameld. Dit maakt deze gegevens weinig geschikt om uitspraken te doen over het effect van vismigratievoorzieningen. Andere onderzoeksmethoden zoals het individueel merken en middels telemetrie volgen van doelsoorten, bijvoorbeeld middels PIT-tags, zijn hier veel beter geschikt voor. Het telemetrisch onderzoek dat in opdracht van waterschap Rijn & IJssel werd uitgevoerd in de Grote Beek (De Bruin & Kranenbarg 2017) duidt erop dat het aandeel/aanbod van populaties van doelsoorten als serpeling en winde dat geneigd is om nieuwe beektrajecten te koloniseren relatief gering is en/of hun aanwezigheid van kortere duur. Dit bleek ook uit een studie die werd uitgevoerd in de Itterbeek in Limburg voor onder andere kopvoorn (Kranenbarg et al. 2011).
- Het aantal trajecten met visgegevens van zowel voor, als na, de aanleg van een vismigratievoorziening bleek beperkt tot 24. Het aantal trajecten hiervan dat na de

aanleg van een vistrap gekoloniseerd werd door nieuwe soorten is gering. Alleen de bittervoorn blijkt in 8 (50%) van de 16 trajecten waar de soort nog niet aanwezig was voor de aanleg van een vismigratievoorziening, wel aanwezig na de aanleg hiervan. Doordat deze soort ook vaak al bovenstrooms van de betreffende trajecten aanwezig was, is niet met zekerheid vast te stellen dat er kolonisatie in stroomopwaartse richting via de vistrap heeft plaatsgevonden.

- Uit de multivariate analyse van de 24 trajecten met geschikte gegevens, blijkt dat de aanleg van vismigratievoorzieningen voor de periode 2005 t/m 2016 geen grote invloed gehad geeft op de soortsamenvatting in de trajecten. Maar een klein deel van de variatie kan verklaard worden door de aanleg van vismigratievoorzieningen, en de berekende bijdragen zijn niet significant.
- De meer kritische stromingsminnende soorten als **beekprik**, **rivierdonderpad** en **beekdonderpad** komen maar op een beperkt aantal plaatsen binnen de stroomgebieden voor, en zij hebben bovendien een geringer zwemvermogen. Een knelpunt voor de verdere verspreiding van deze soorten is waarschijnlijk het gebrek aan geschikt habitat in stroomop- of afwaartse trajecten dat dienst kan doen als stapsteen. Hierdoor is het voor deze soorten erg moeilijk om nieuwe trajecten met geschikt habitat te koloniseren. Ook voor winde en kopvoorn kan dit een rol spelen. Deze soorten kunnen weliswaar verder migreren, maar de aanwezigheid van lange trajecten met weinig stromingsdynamiek zal kolonisatie waarschijnlijk bemoeilijken.

4.5 Aanbevelingen voor aanpassingen in vismeetnet

Bepalen trends

- Het huidige vismeetnet is bruikbaar voor het bepalen van trends voor het gehele beheersgebied. Voor het bepalen van trends op een kleiner schaalniveau (stroomgebied- of beekniveau) zal het noodzakelijk zijn om frequenter op vis te bemonsteren (bij voorkeur jaarlijks).
- Mocht het waterschap overwegen om op meer punten te gaan meten dan is het aan te bevelen om die per stroomgebied te spreiden van beneden- tot bovenloop, en daarbij ook te kijken naar de habitatpotentie voor verschillende soorten (door het maken van habitatpotentiekaarten) en de bekende verspreiding van bronpopulaties. Om kolonisatie en uitbreiding van soorten in beeld te brengen is het wenselijk om in potentie geschikte leefgebieden mee te nemen, waar (doel)soorten nog niet aanwezig zijn.
- Van bepaalde habitatfactoren (aanwezigheid structurelementen, stroomversnellingen, substraattypen) die voor vissen van belang zijn blijken weinig gegevens beschikbaar. Het verdient aanbeveling om deze gegevens in de toekomst te gaan verzamelen. Het is hierbij van belang dat deze factoren op basis van een meetprotocol steeds op een uniforme manier bepaald worden. Als habitatgegevens in de toekomst verzameld worden op visbemonsteringspunten dan nemen bij data-analyses de mogelijkheden toe om het voorkomen van vissen te relateren aan de bovengenoemde habitatfactoren.

Bepalen effect vismigratievoorzieningen

- Door lage dichtheden en temporele aanwezigheid is de trefkans van nieuwe soorten binnen een KRW-visbemonstering erg klein zijn. Voor het op korte termijn beantwoorden of vistrappen gefunctioneerd hebben zijn de KRW-bemonsteringen daarom niet geschikt. Voor het in beeld brengen van het effect en het functioneren van vismigratievoorzieningen wordt aanbevolen om gebruikt te maken van telemetrie onderzoeken voor de Grote Beek zijn uitgevoerd (De Bruin & Kranenbarg 2017).
- Het aantal trajecten waarbinnen er zowel voor als na de aanleg van een vismigratievoorziening verzameld zijn bleek gering (14%). Voor het op de langere termijn goed in beeld brengen van het effect van vistrappen is het wenselijk dat er op meer plaatsen een nulmeting plaatsvindt en vervolgens ook nadien de soortensamenstelling in beeld gebracht wordt.
- Voor het kiezen van meetpunten zou het goed zijn om ook rekeningen te houden met de aanwezige soortensamenstelling in de trajecten en de positie van bronpopulaties. In trajecten waarbinnen vrijwel alle (doel)soorten al aanwezig zijn, is het lastiger om een effect te meten (dan zal telemetrie onderzoek ingezet moeten worden). Ook als bronpopulaties ver verwijderd zijn is de kans op kolonisatie van trajecten gering. Hiernaast wordt aanbevolen om bij de keuze van de meetpunten ook de habitatkwaliteit voor (doel)soorten in beeld te brengen. Als er binnen een traject onvoldoende geschikt habitat is, dan is de kans op kolonisatie gering.
- De trefkans van conventionele methoden als electrovisserij is voor bepaalde soorten gering als de dichtheden laag zijn of als de soorten verscholen leven (zoals beekprik, rivier- en beekdonderpad) of snel weg kunnen zwemmen (o.a. grote exemplaren van winde en kopvoorn). Vanuit dit oogpunt is het aan te bevelen om eDNA metabarcoding te overwegen, bij deze methode is de trefkansen van zeldzame of moeilijk vangbare soorten veel hoger is.

5 Literatuur

De Bruin, A. & J. Kranenbarg, 2017. Vismigratie naar en binnen twee beekmondingen langs de Gelderse IJssel. Evaluatie van vismigratievoorzieningen bij gemalen en stuwen in de Grote Beek en Voorsterbeek op basis van telemetrisch onderzoek in de periode 2014-2016. RAVON Nijmegen.

Kranenbarg J., Kemper J., Bruin A. de & Lenders R., 2011. Migratie door een temporele nevengeul en habitatgebruik van vissen in de Itterbeek. RAVON, Nijmegen.

Bijlage 1: afkortingen soortnamen en ecologisch gilde

afkorting	soortnaam	gilde
10D	tiendoornige stekelbaars	plantenminnend
3D	driedoornige stekelbaars	generalist
AA	aal/paling	diadroom
AL	alver	stromingsminnende
BA	baars	generalist
BB	blauwband	exoot
BD	beekdonderpad	stromingsminnende
BE	bermpje	stromingsminnende
BF	beekforel	stromingsminnende
BI	bittervoorn	plantenminnend
BP	beekprik	stromingsminnende
BR	brasem	generalist
BV	blankvoorn	generalist
EM	Europese meerval	generalist
GI	giebel	generalist
GM	grote modderkruiper	plantenminnend
GR	graskarper	exoot
GV	goudvis	exoot
KA	karper	generalist
KB	kolblei	generalist
KG	Kesslers grondel	exoot
KK	kroeskarper	plantenminnend
KM	kleine modderkruiper	generalist
MG	marm grondel	exoot
PG	Pontische stroomgrondel	exoot
PO	pos	generalist
RB	Kopvoorn*	stromingsminnend
RD	rivierdonderpad	stromingsminnende
RG	riviergrondel	stromingsminnende
RV	rietvoorn	plantenminnend
SB	snoekbaars	generalist
SE	serpeling	stromingsminnende
SK	snoek	plantenminnend
VE	vetje	plantenminnend
WI	winde	stromingsminnende
ZB	zonnebaars	exoot
ZE	Zeelt	plantenminnend
ZG	zwartbekgrondel	exoot

*) *tgv oude naamgeving in visbestand waterschap zijn hier ook enkele roofblei waarnemingen aan toegevoegd*

Bijlage 2: afkortingen beektrajecten

beeknaam	afkorting trajecten
Aastrang	AA
Baakse Beek	BB
Barchemse Veengoot	BV
Bergerslagbeek	Bs
Berkel	BE
Bielheimerbeek	BI
Bolksbeek	BO
Boven Slinge	BS
Buurserbeek	BU
Didamse Wetering	DW
Dommerbeek	Db
Dortherbeek	DB
Eefsebeek	EB
Grenskanaal	GK
Groenlose Slinge	GS
Grote beek	GB
Grote Waterleiding	GW
Keizersbeek	KB
Leerinkbeek	LB
Meibeek-Nieuwe Waterleiding	MB
Nieuwe Waterleiding	NW
Oosterwijksevloed	OV
Oude IJssel	OI
Oude Rijn	OR
Oude Schipbeek Groteboerswtg	OS
Ramsbeek	RA
Ratumsebeek-Willinkbeek	RW
Schipbeek	SB
Veengoot	VG
Vierakkerselaak	VI
Waalse water	WW
Wehlsebeek	WB
Wijdewetering-Zevenaarsewetering	WZ
Zoddebeek	ZB
Zuidelijk Afwateringskanaal	ZA

Bijlage 3: Kaarten stroomgebieden, trajectcodes en omgevingsfactoren

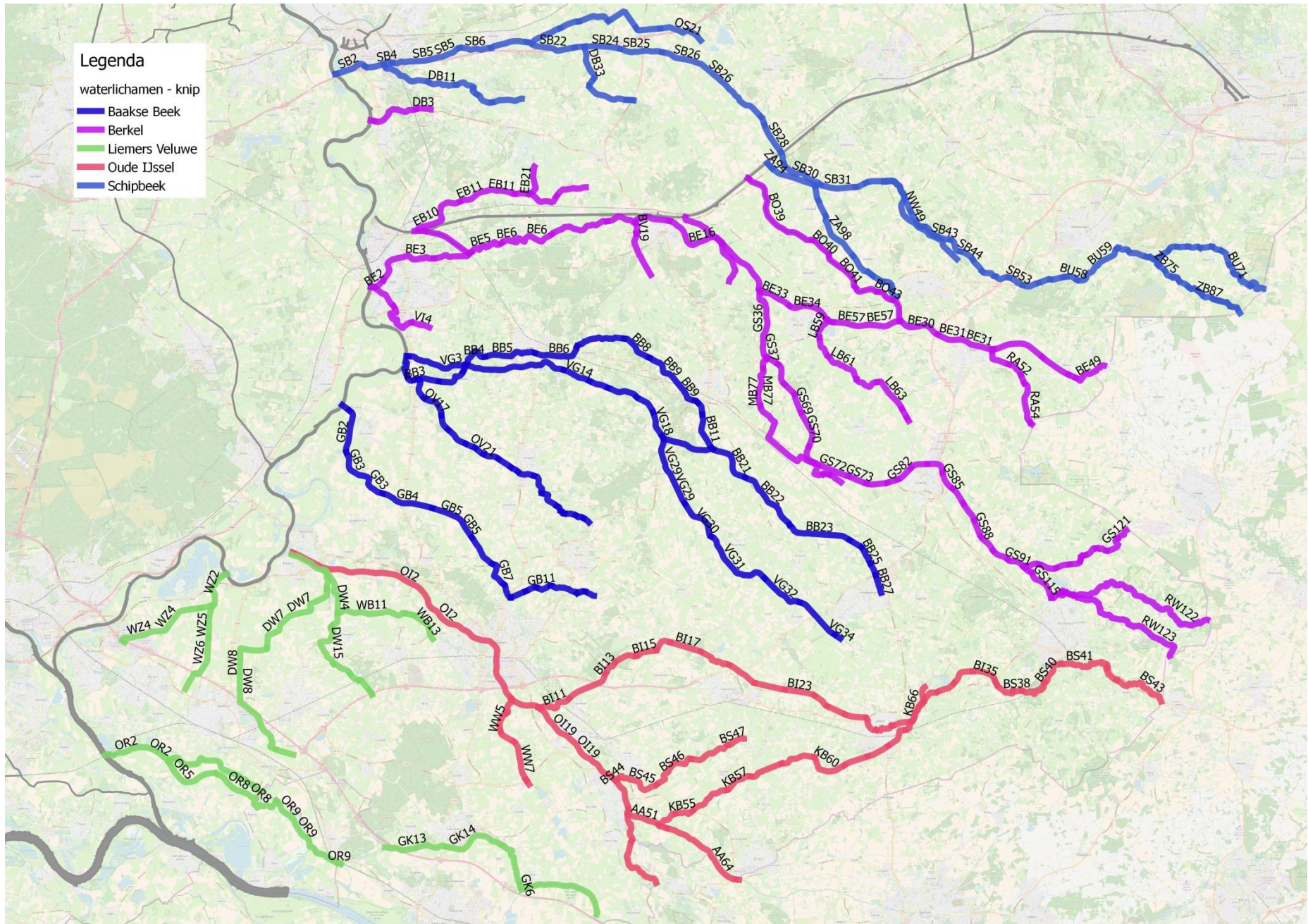
Volgorde:

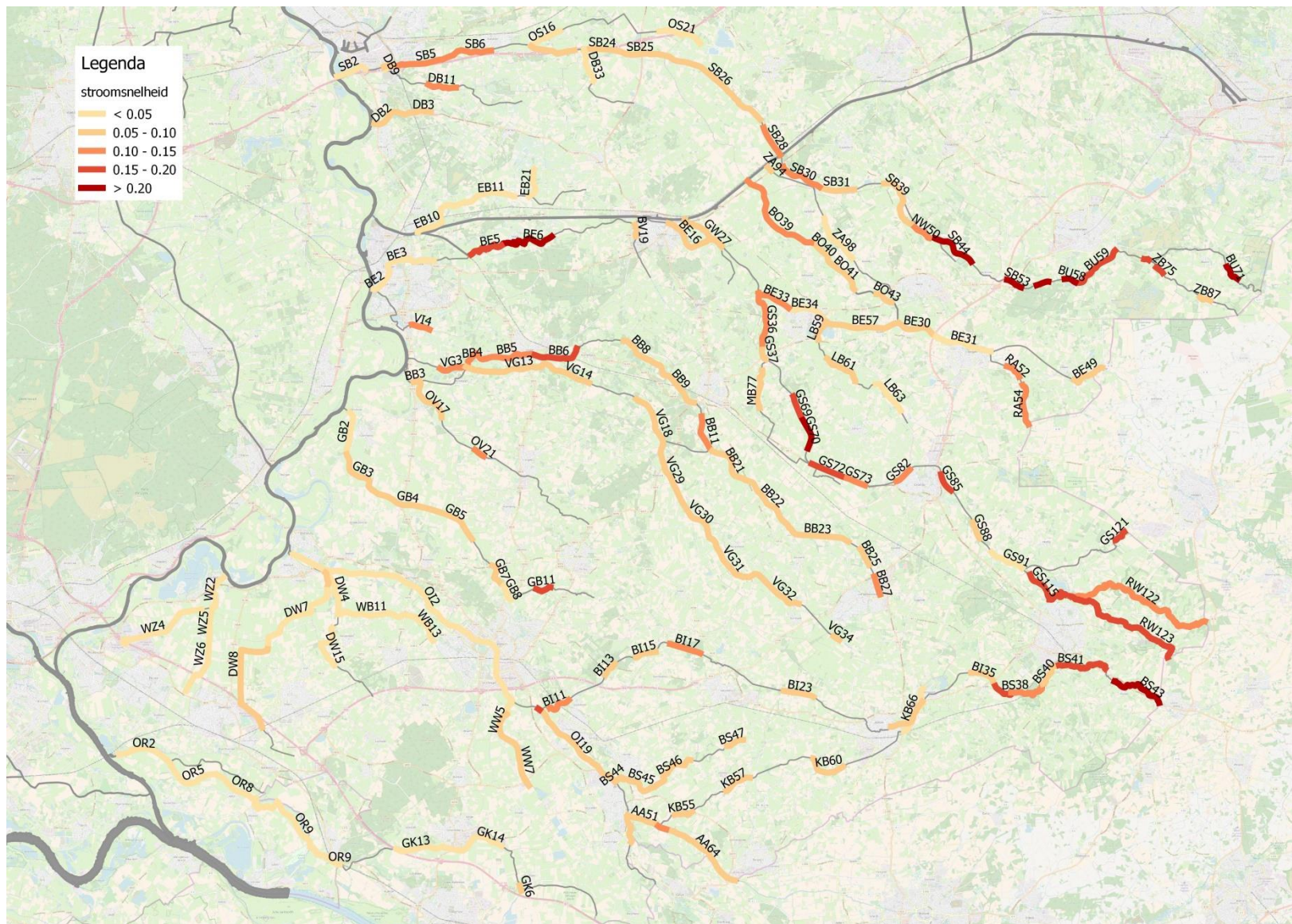
- Stroomsnelheid
- Diepte
- Vispasseer
- Aantal stuwen tot aan rivier
- Percentage bomen op oever
- Percentage submerse vegetatie

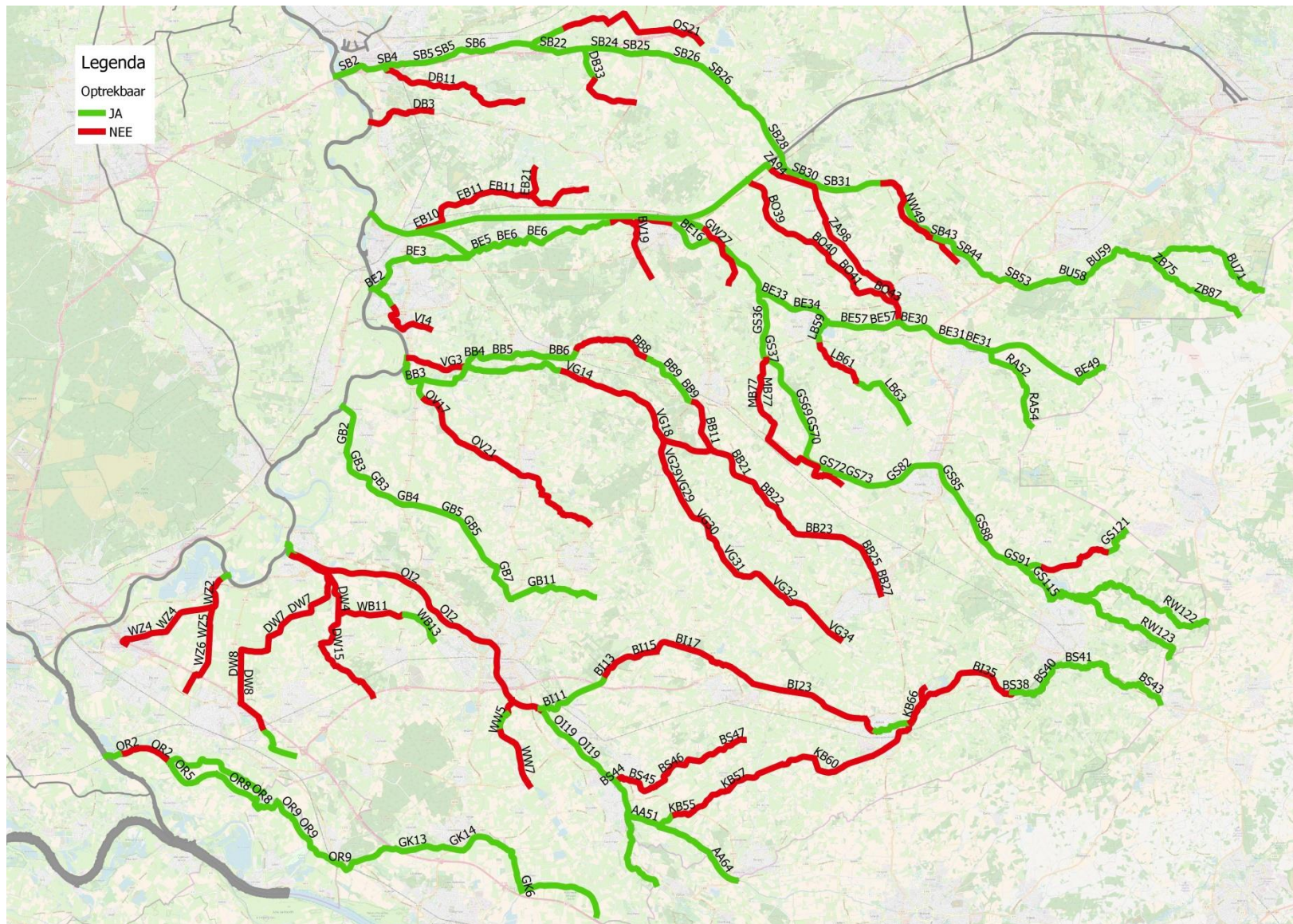
Legenda

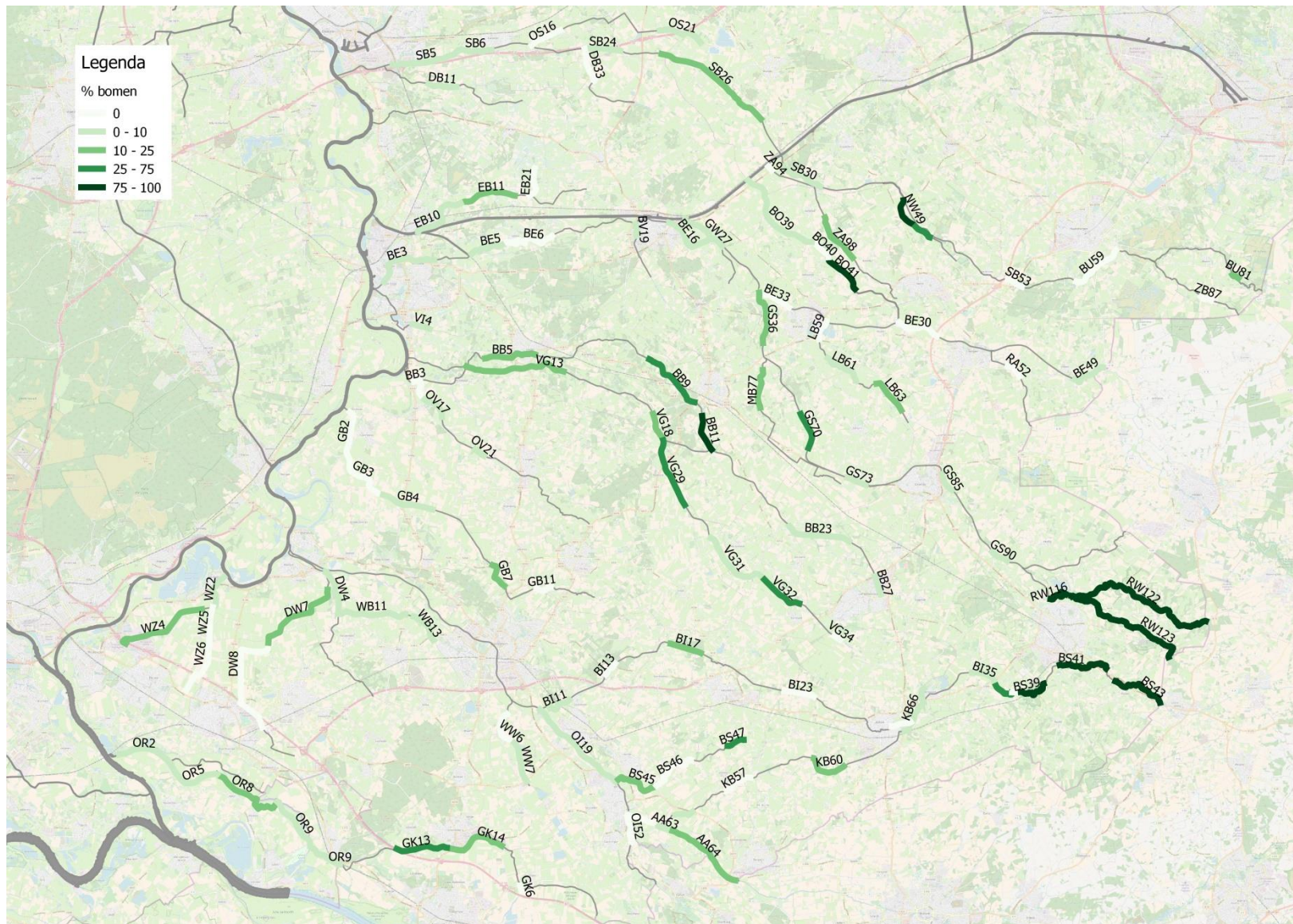
waterlichamen - knip

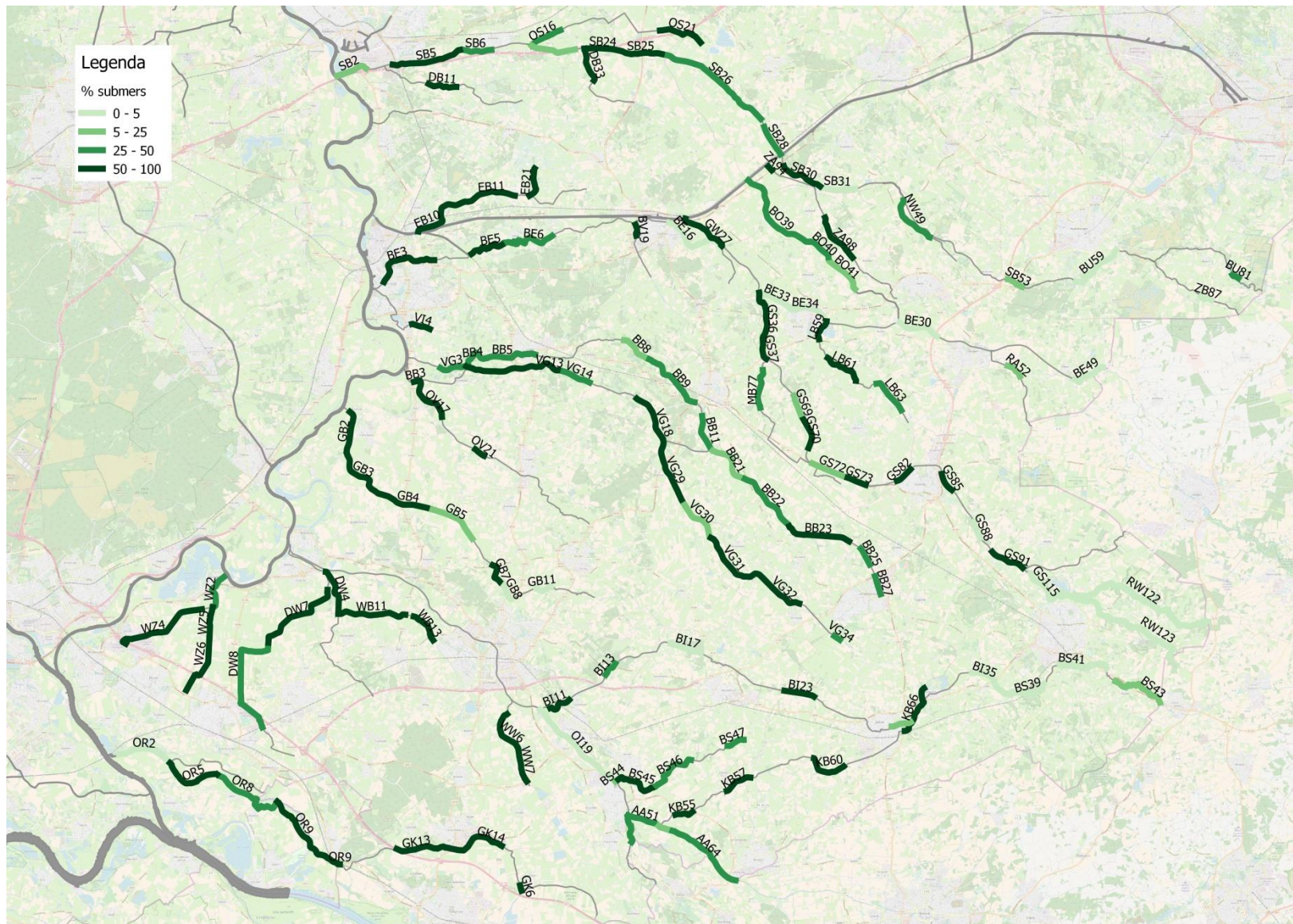
- Baakse Beek
- Berkel
- Liemers Veluwe
- Oude IJssel
- Schipbeek







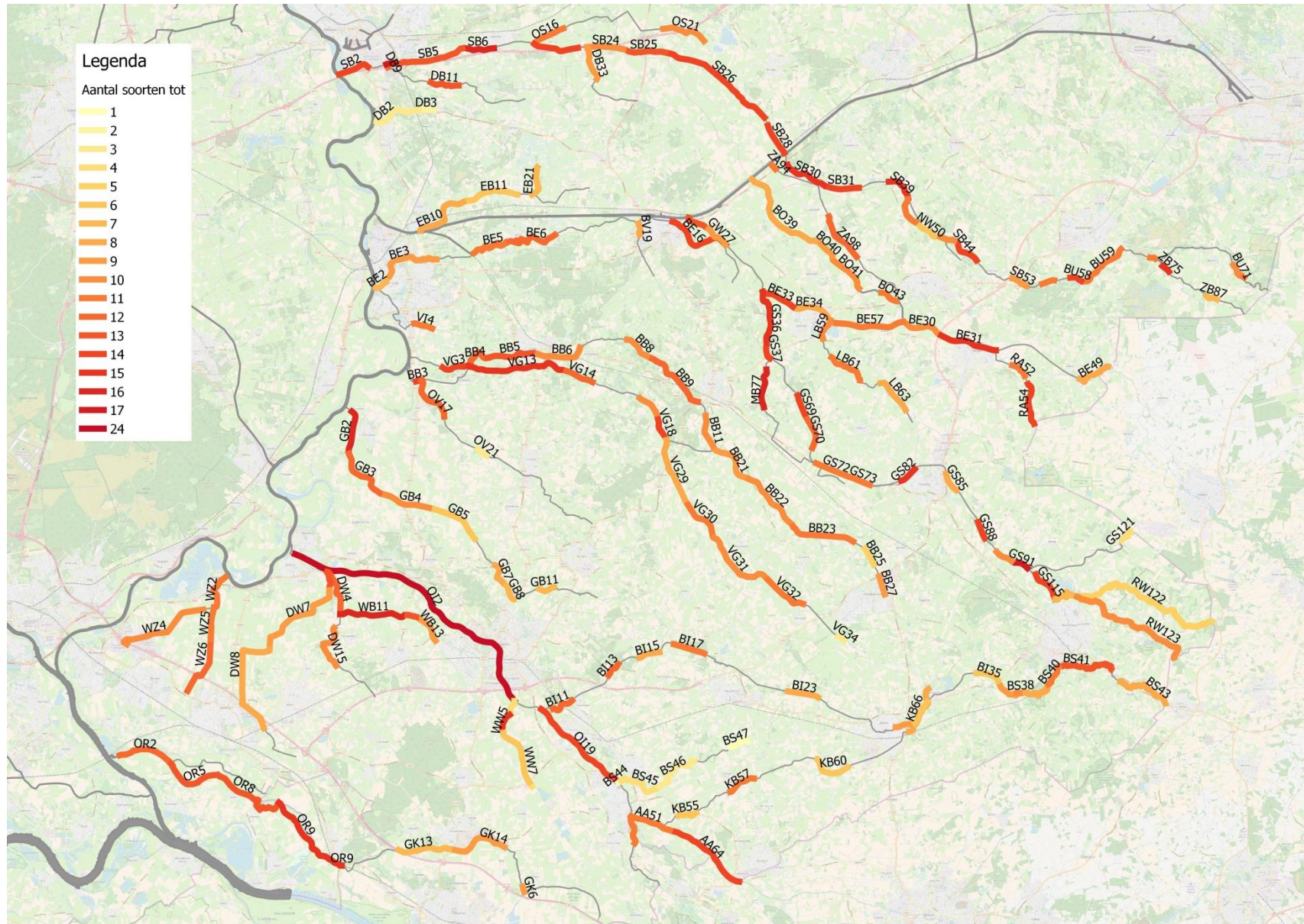


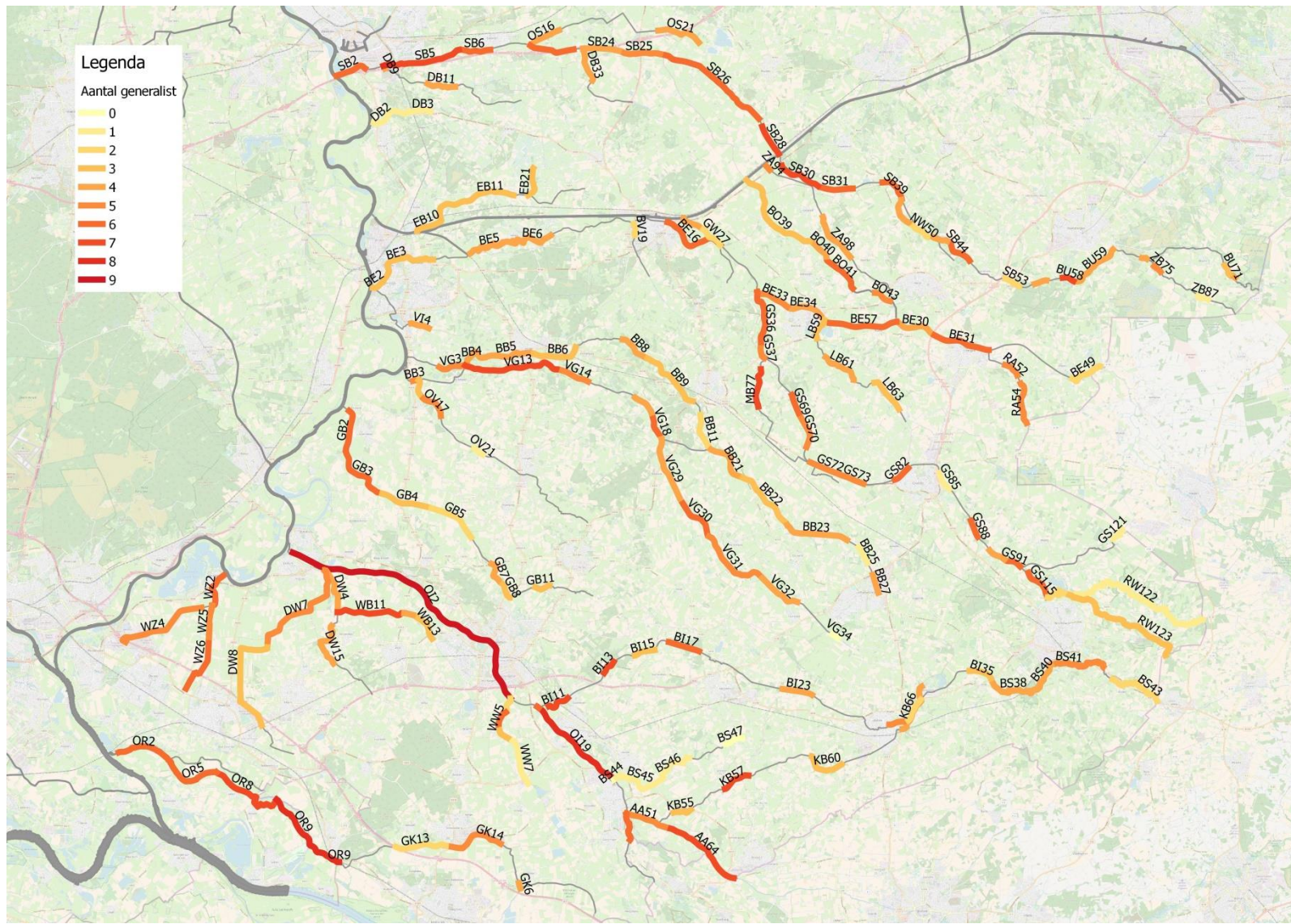


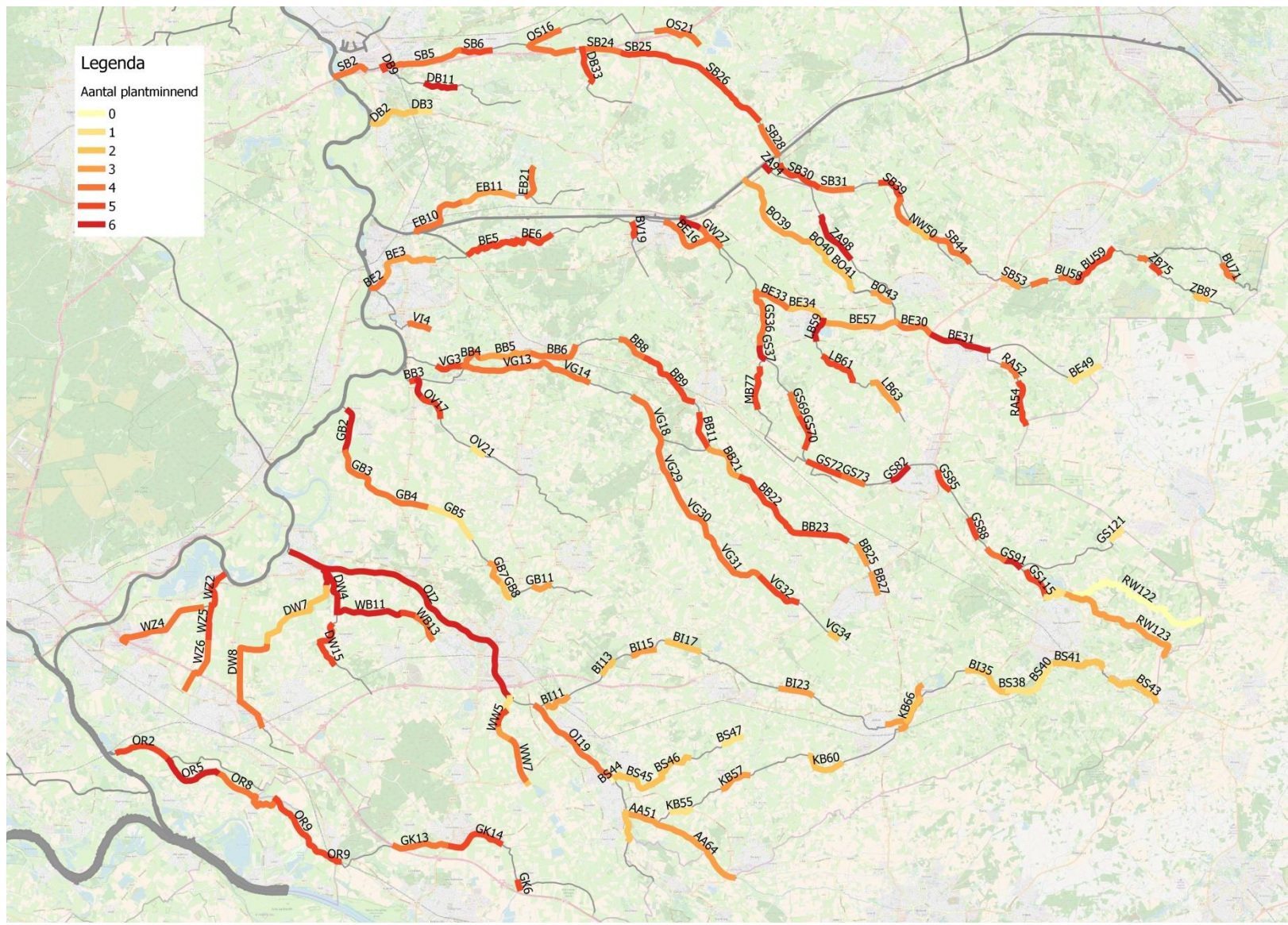
Bijlage 4: Kaarten aantal soorten per ecologische en verspreiding soorten

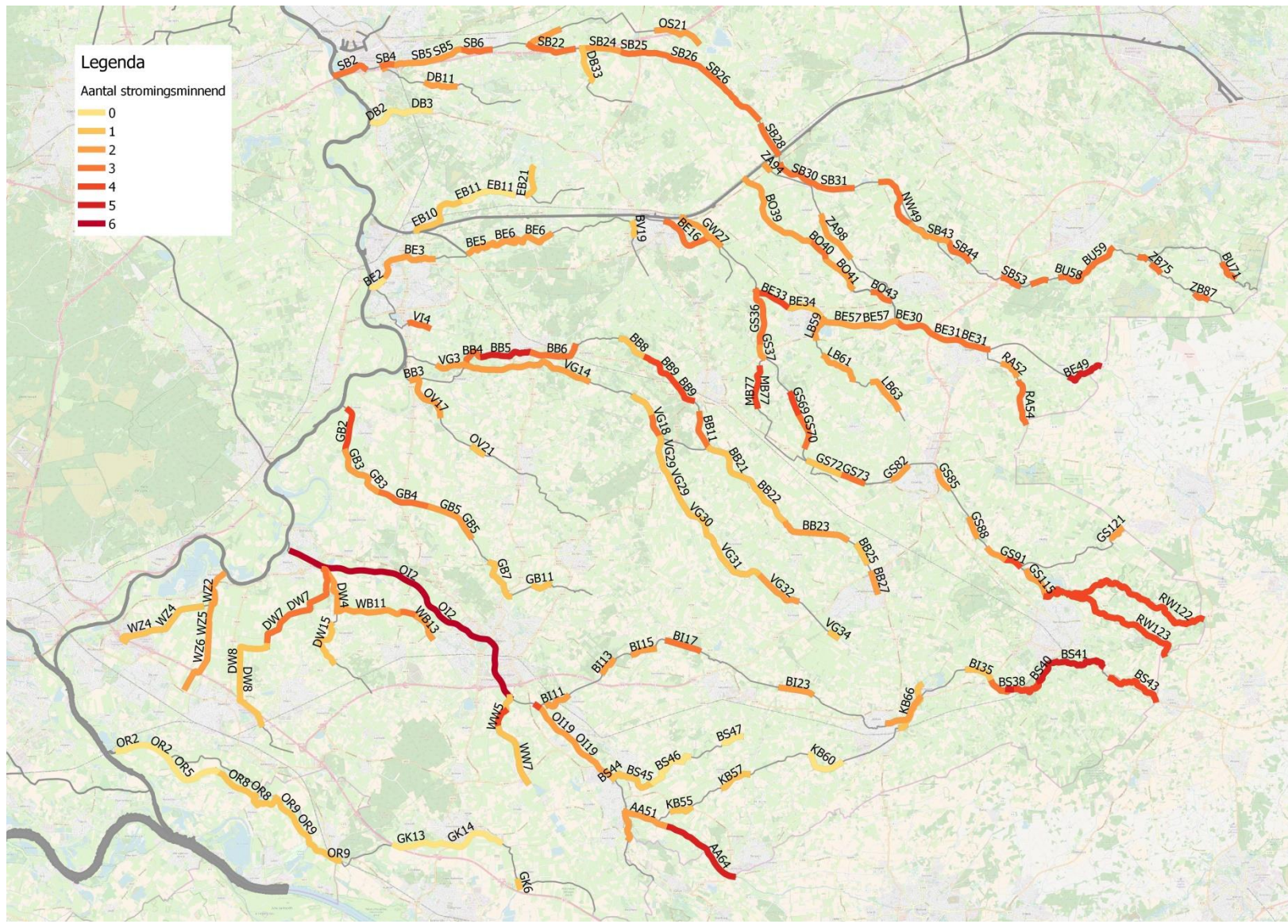
Volgorde:

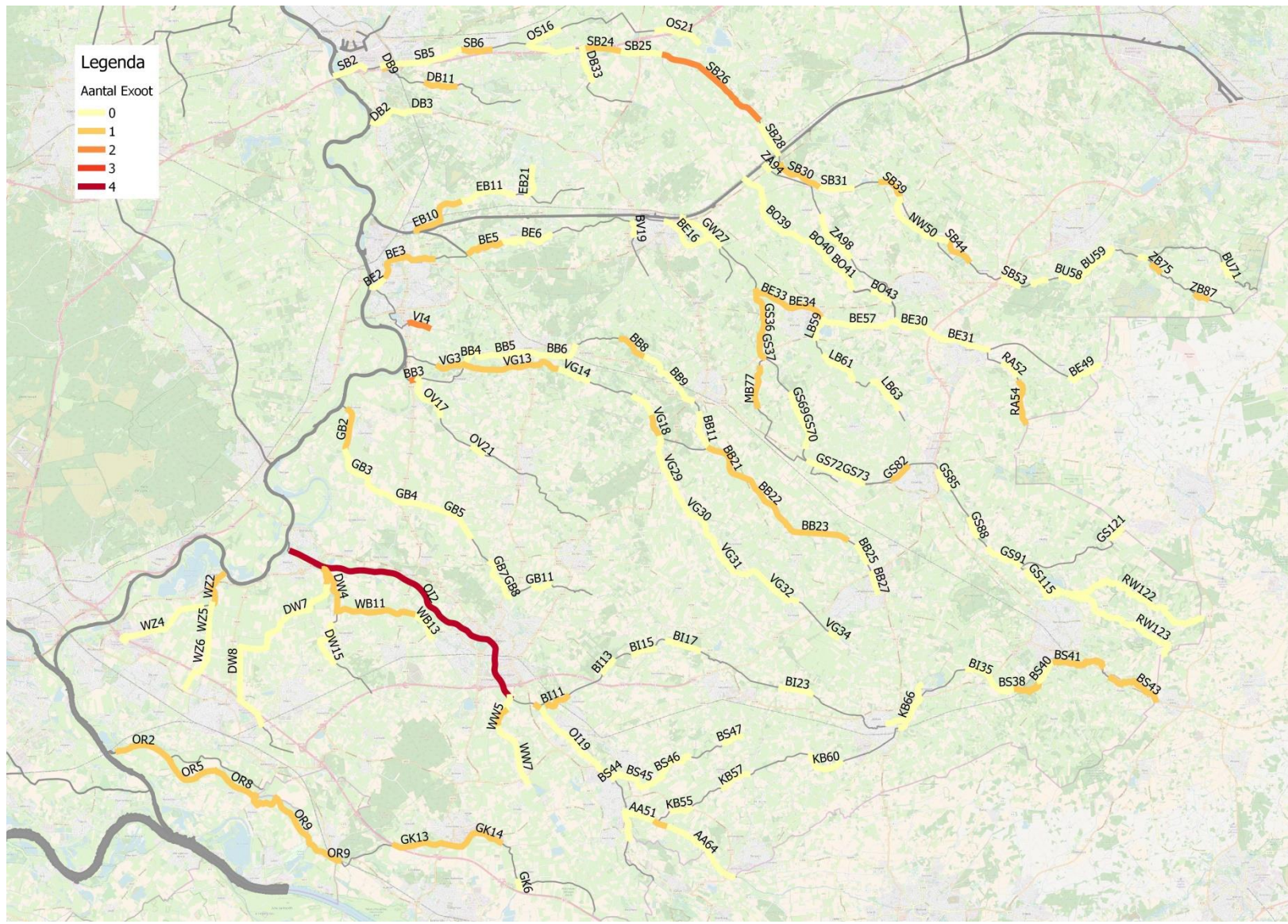
- Totaal aantal soorten
- Aantal generalistische soorten
- Aantal plantenminnende soorten
- Aantal stromingsminnende soorten
- Aantal exotische soorten
- Verspreiding beekprik
- Verspreiding biermpje
- Verspreiding bittervoorn
- Verspreiding brasem
- Verspreiding driedoornige stekelbaars
- Verspreiding kleine modderkruiper
- Verspreiding marmergrondel
- Verspreiding paling
- Verspreiding rivierdonderpad & beekdonderpad
- Verspreiding riviergrondel
- Verspreiding ruisvoorn
- Verspreiding serpeling
- Verspreiding tiendoornige stekelbaars
- Verspreiding winde
- Verspreiding zonnebaars

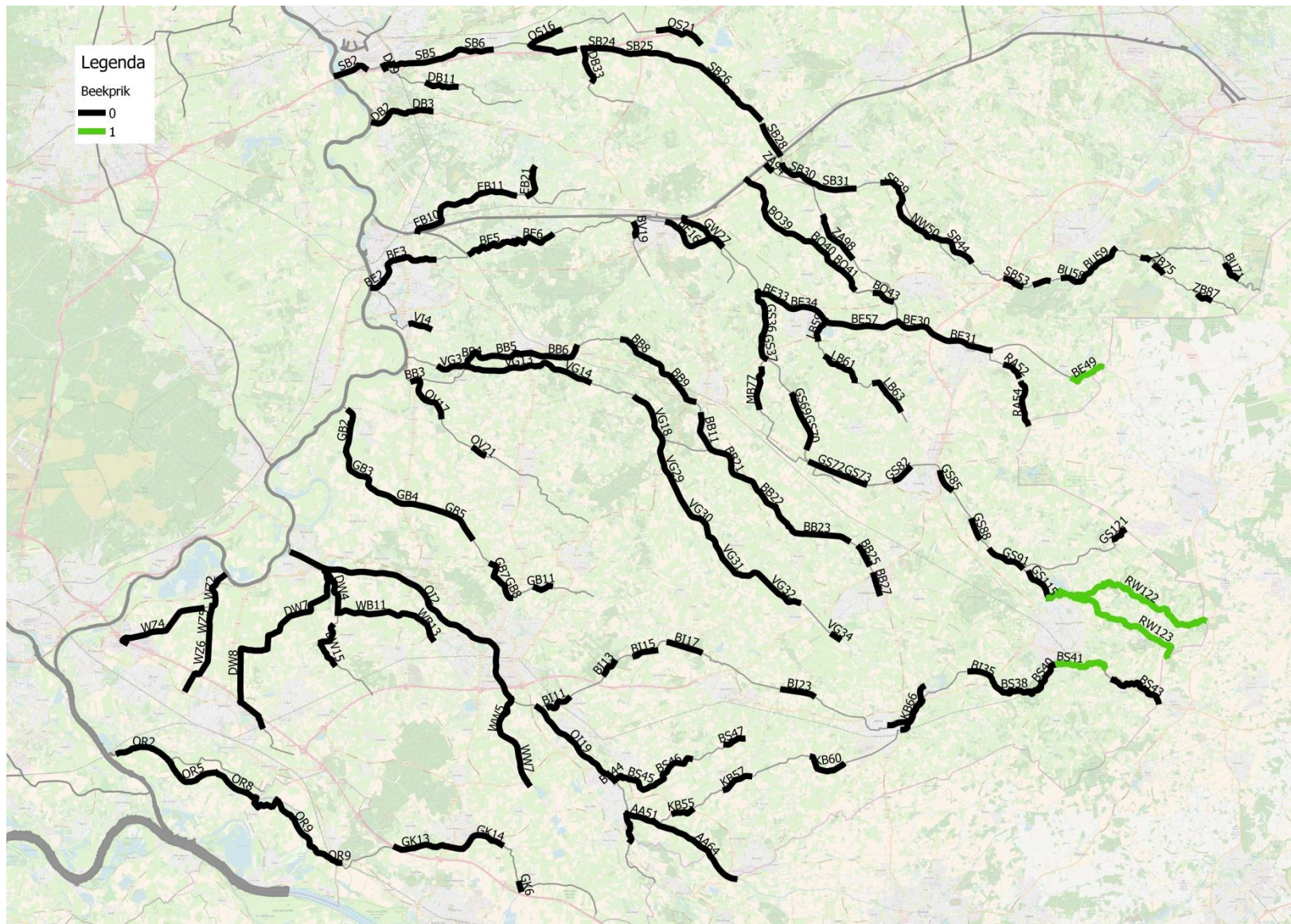


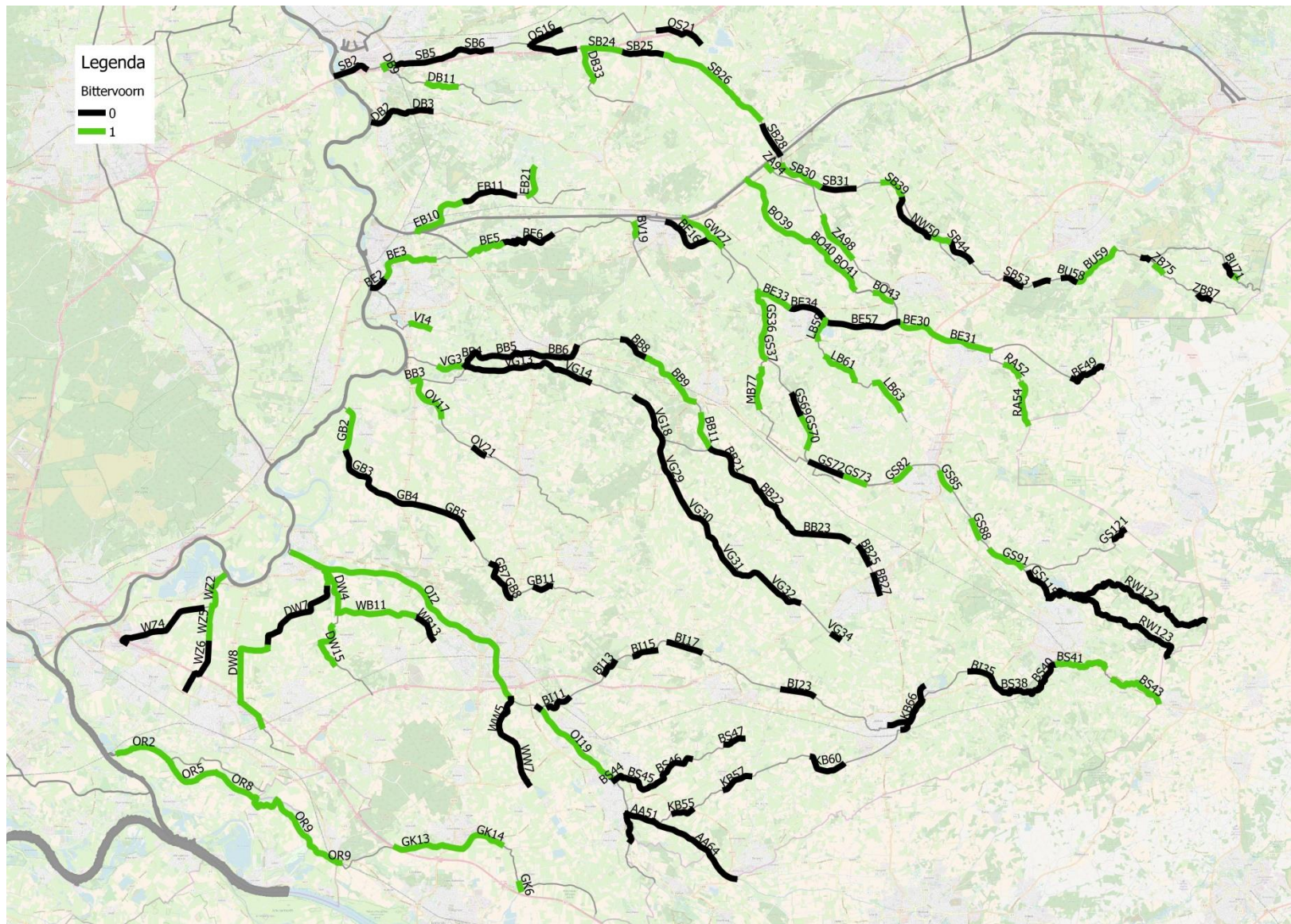


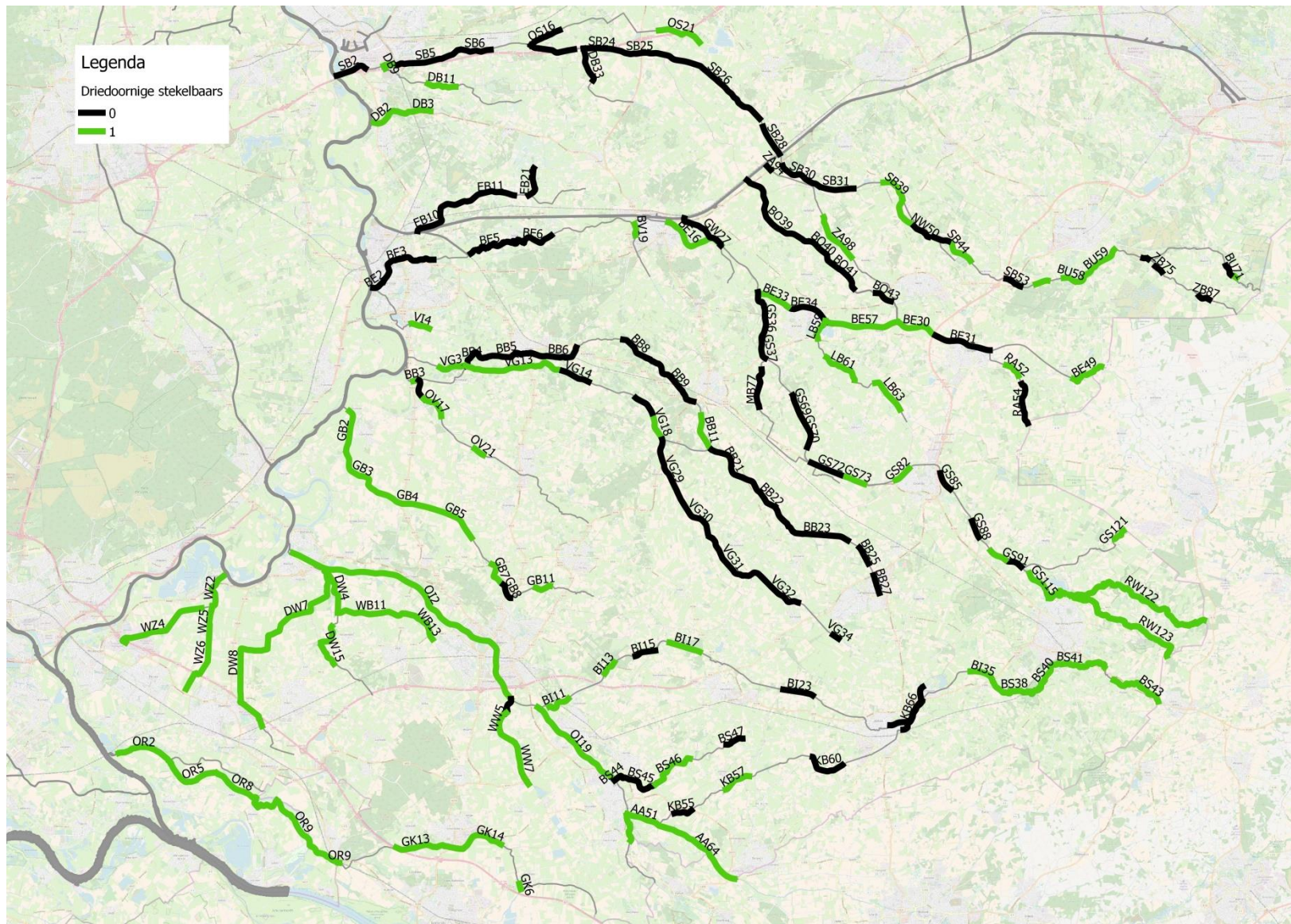


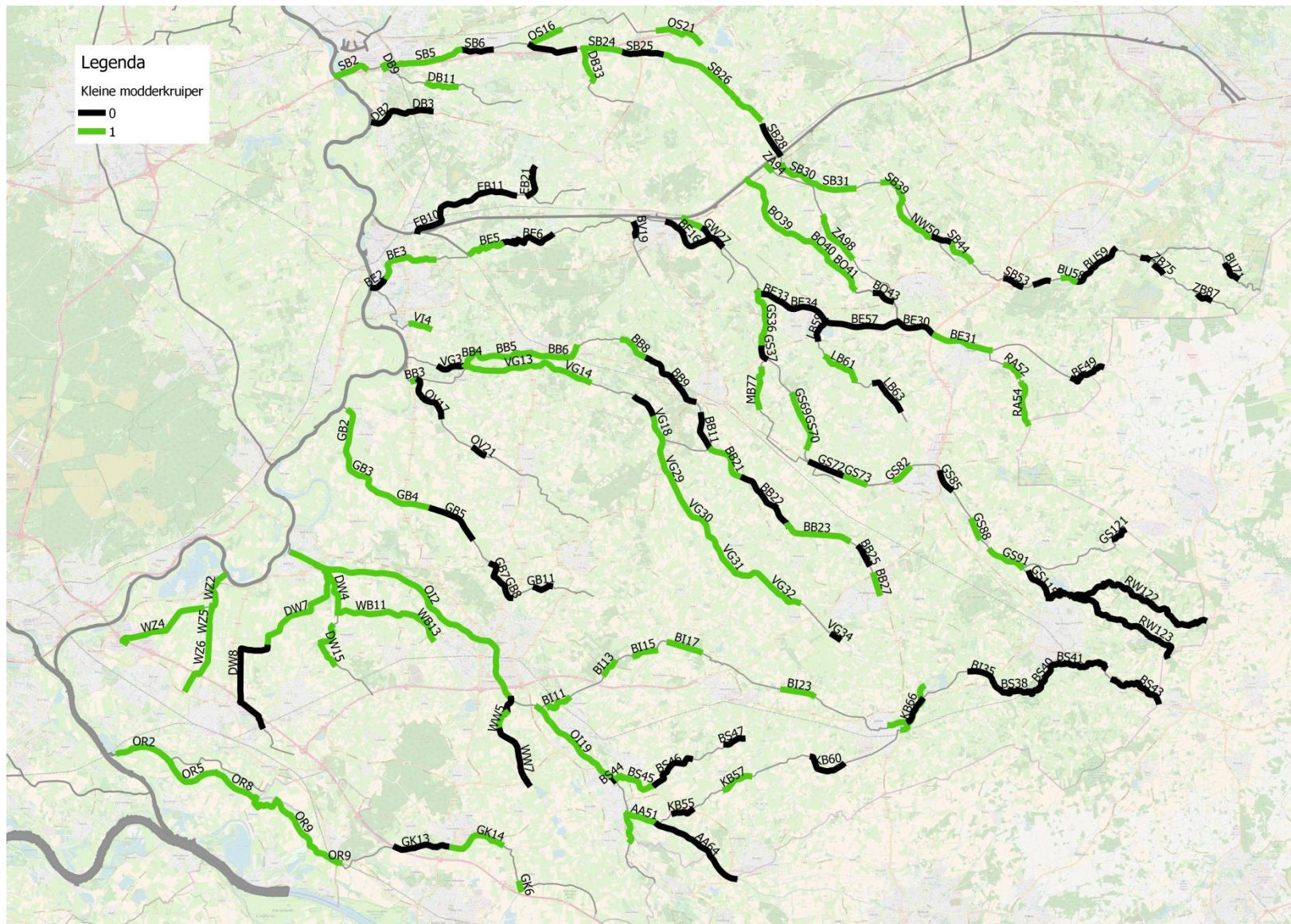


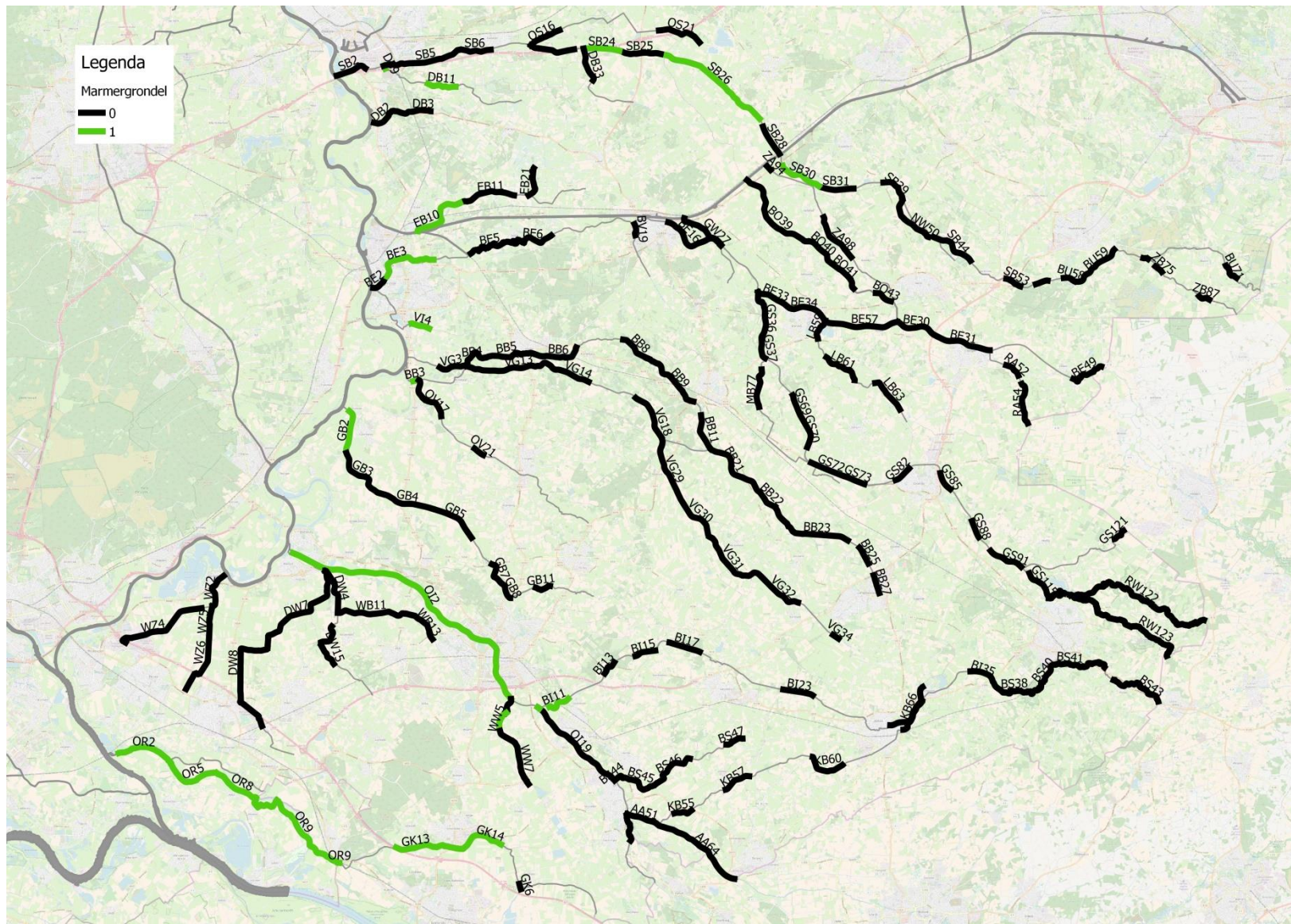


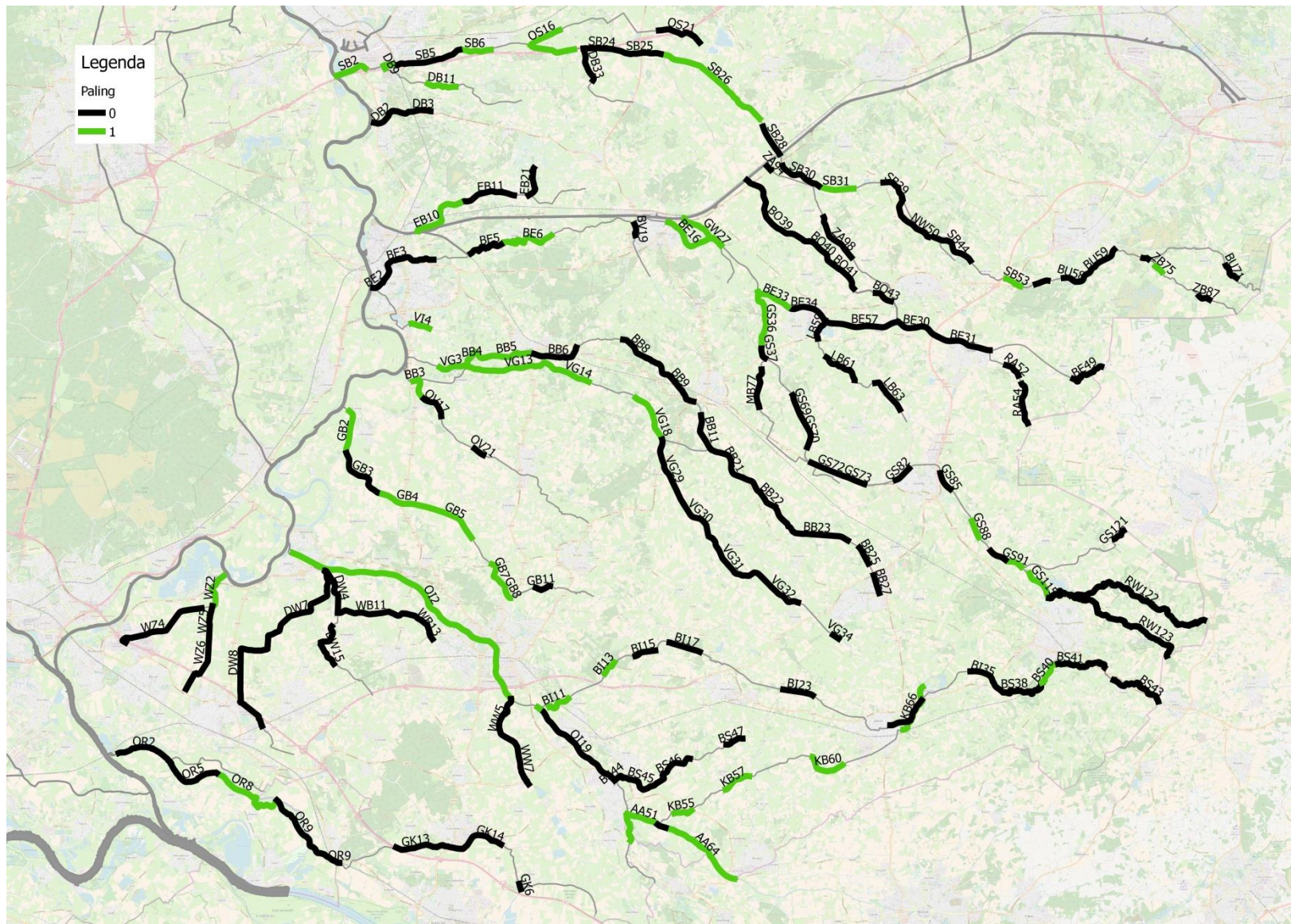


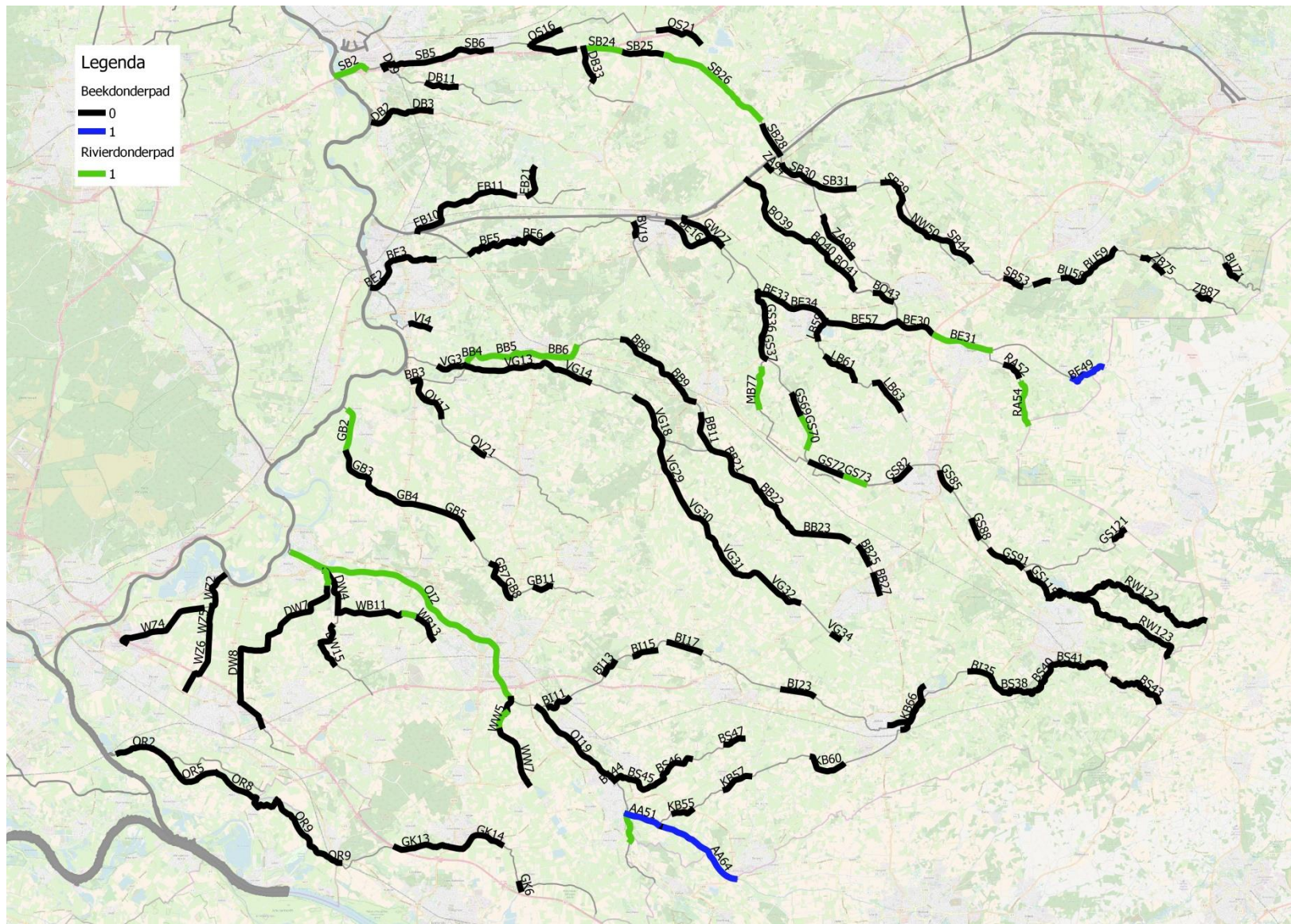


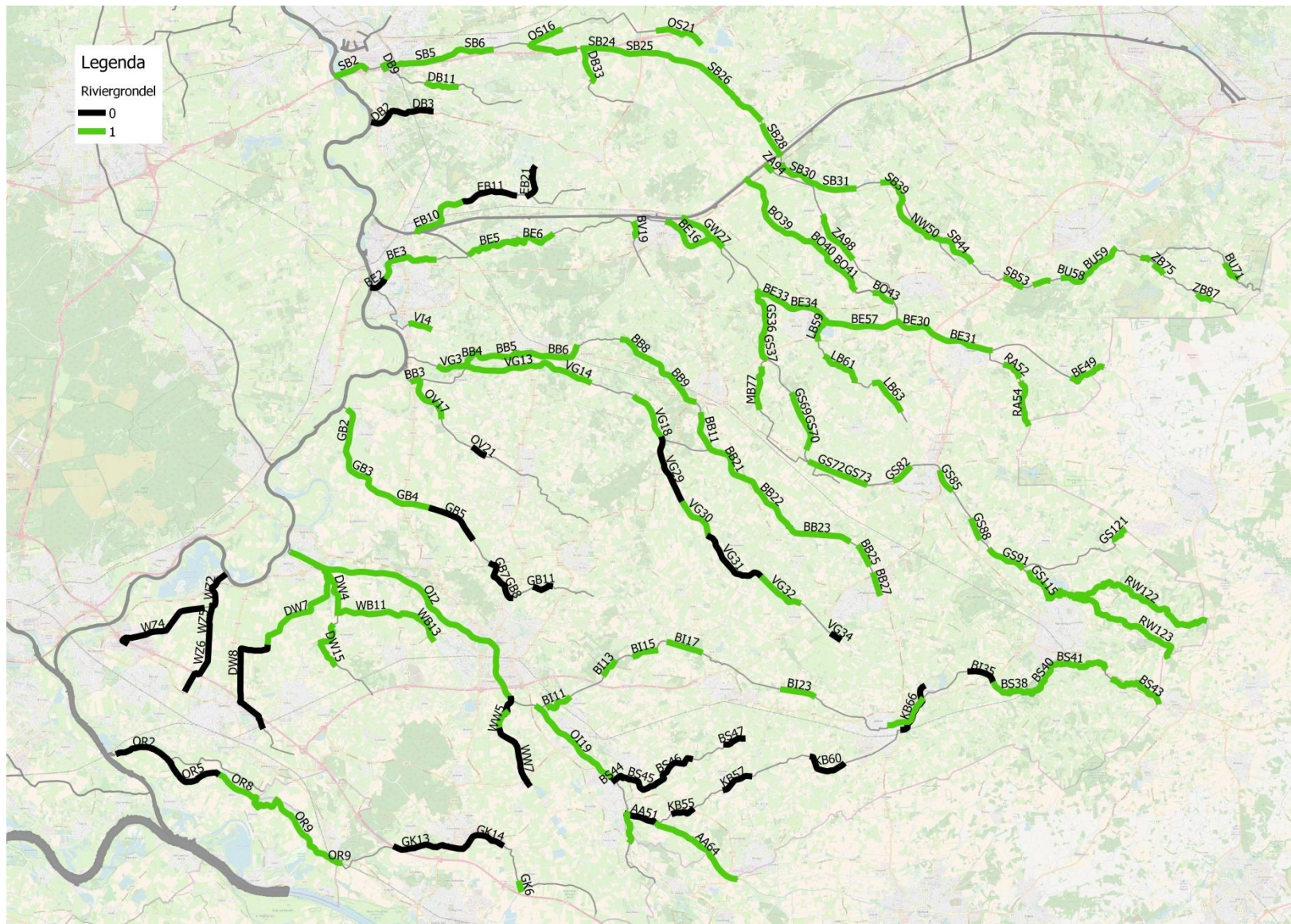


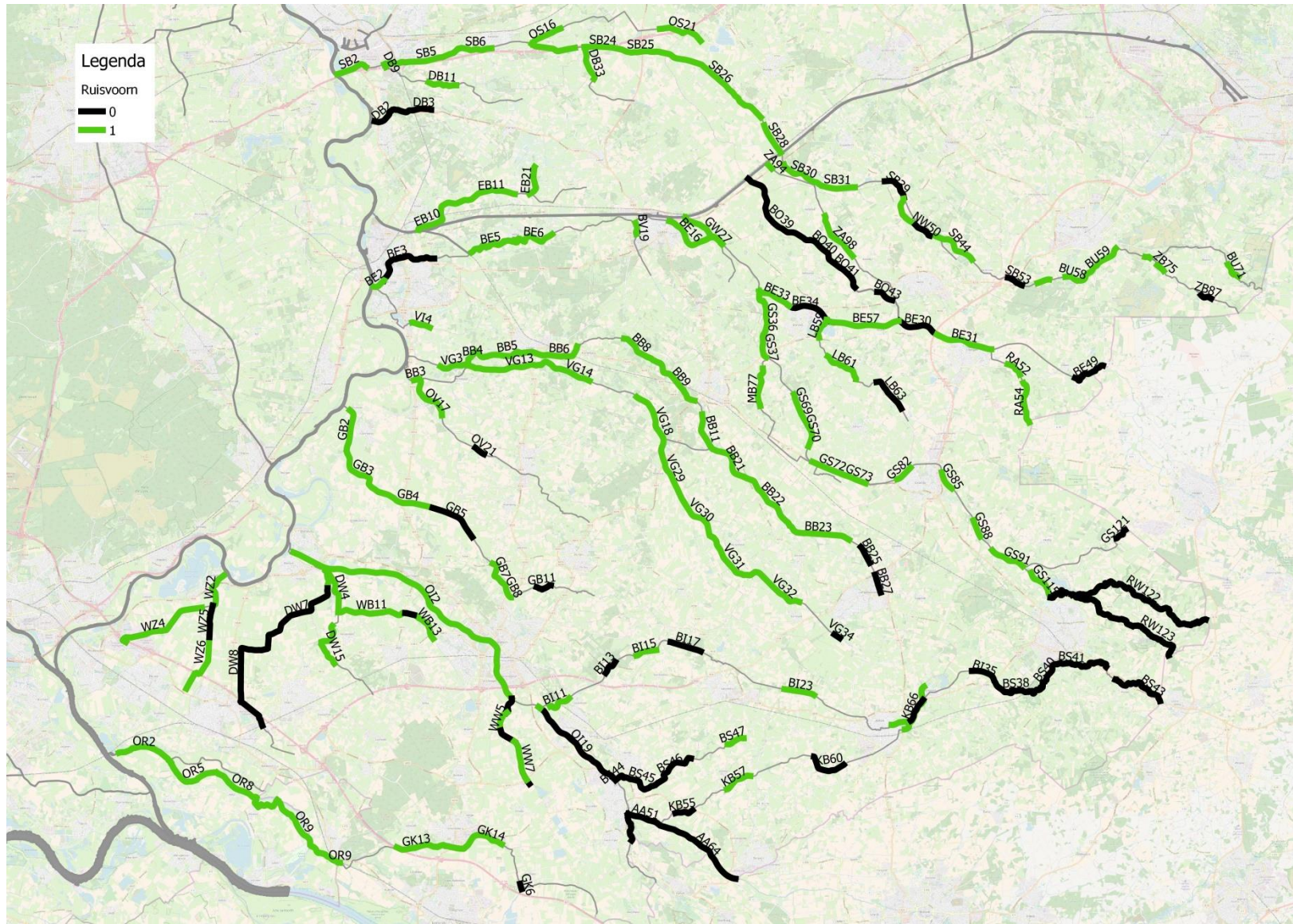


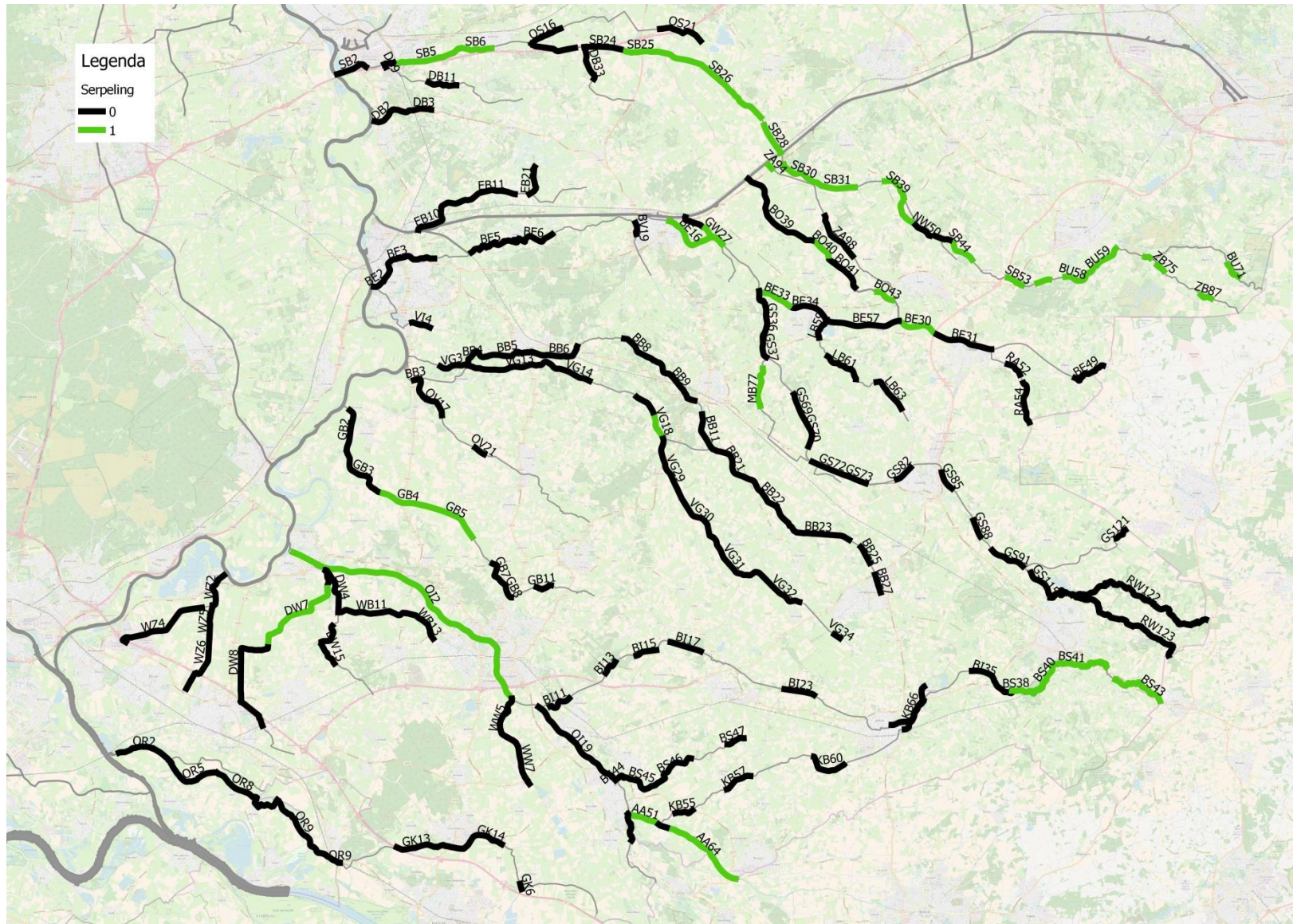


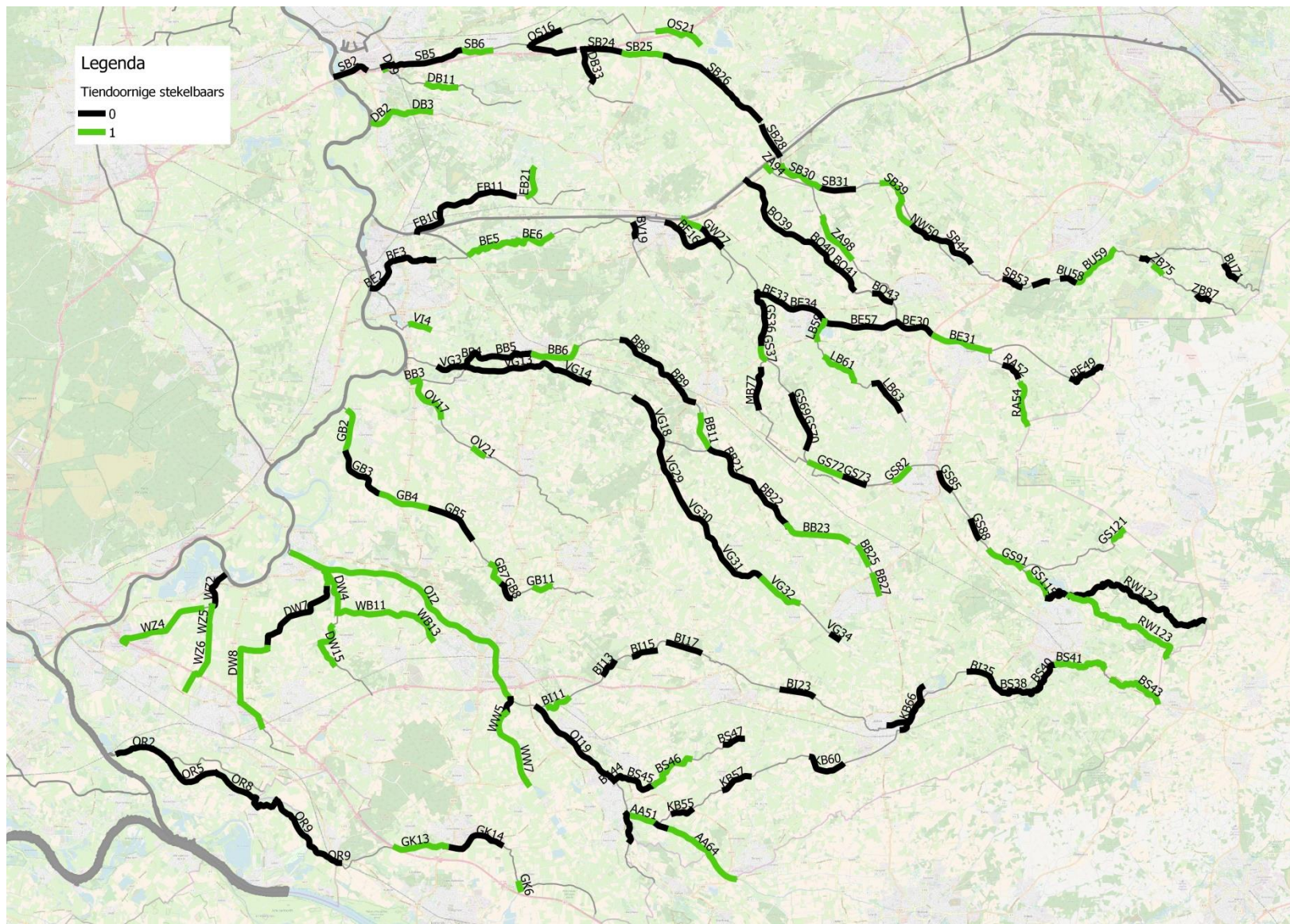


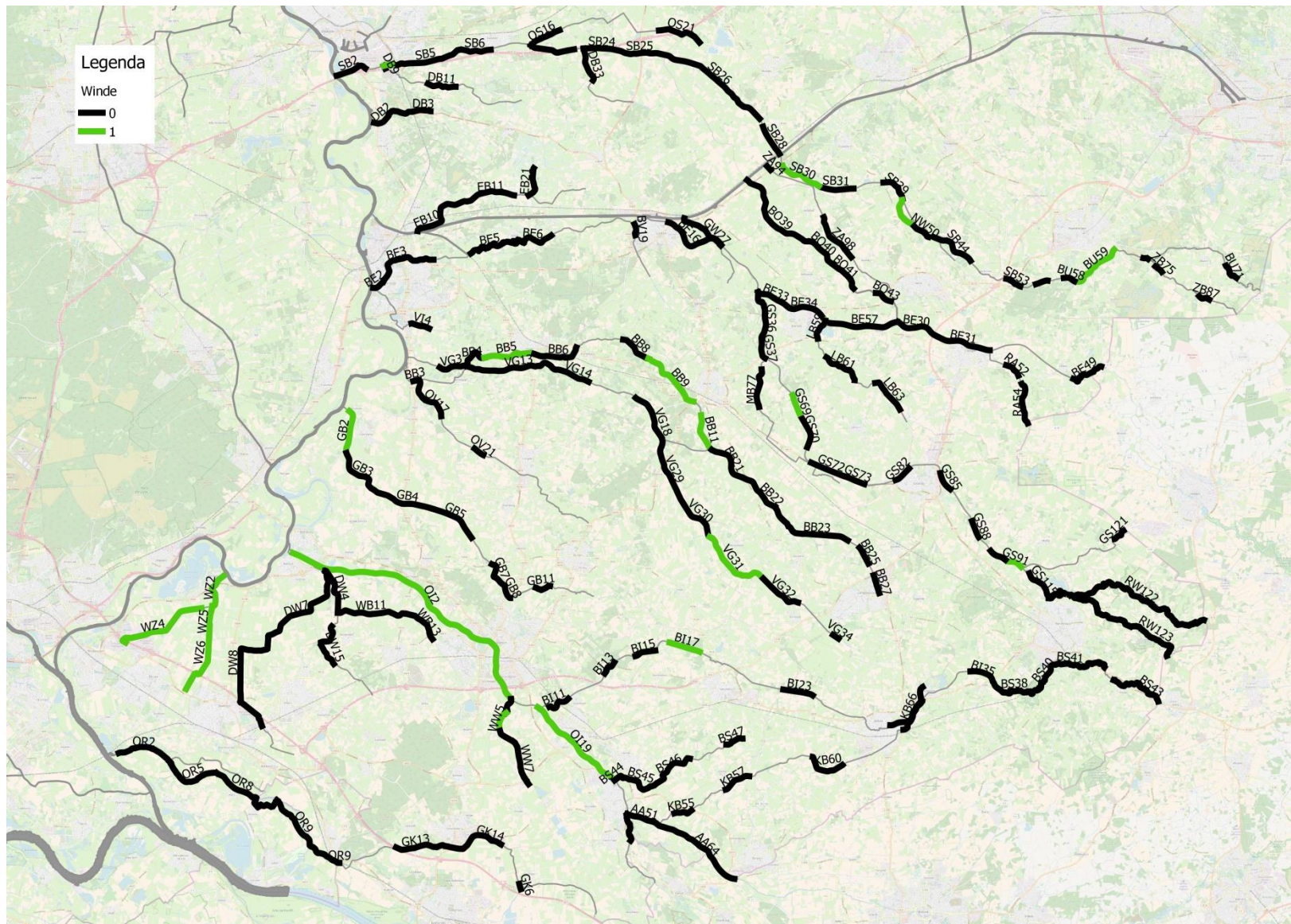


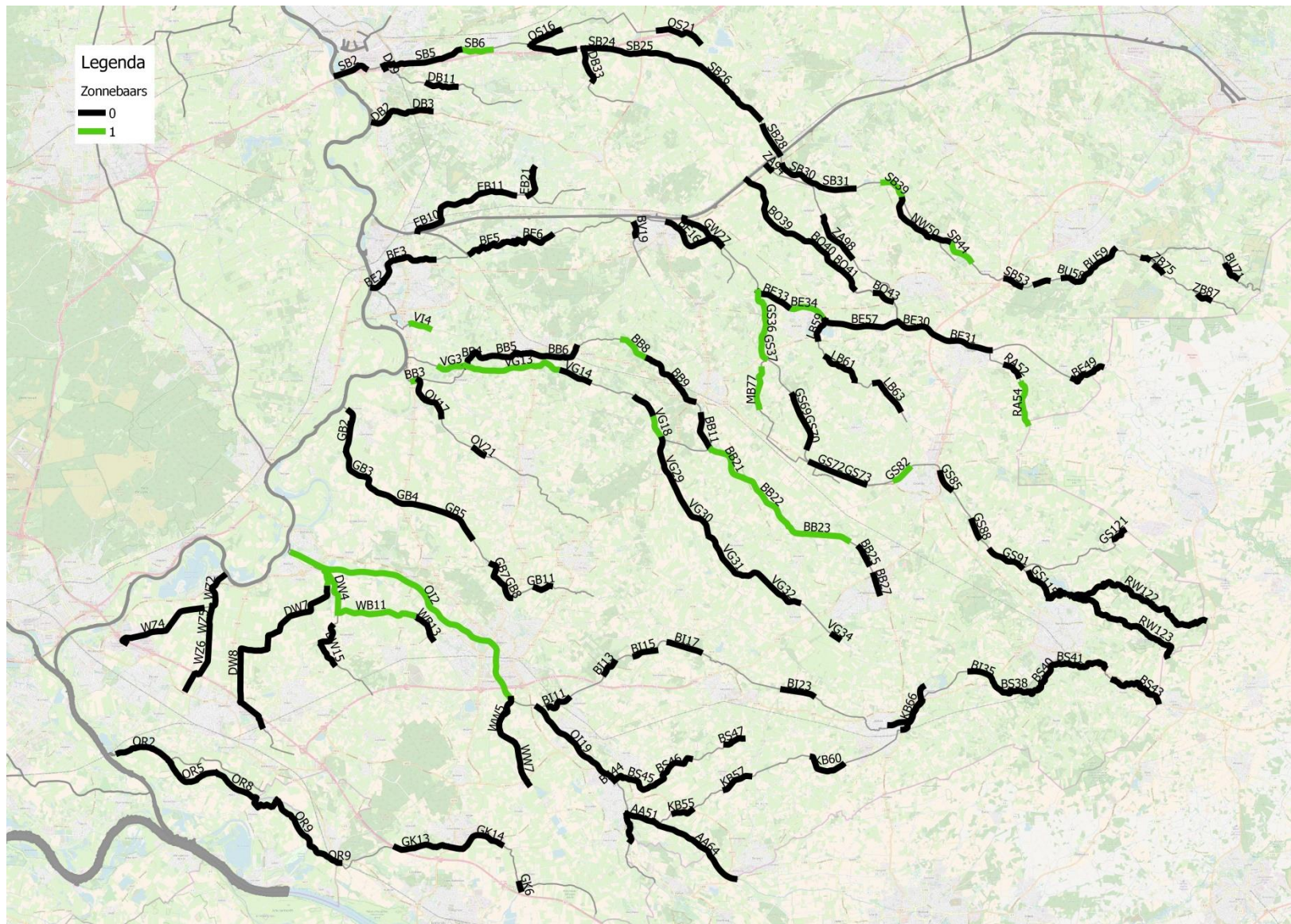












Bijlage 5: Overzicht beschikbare gegevens omgevingsfactoren

KOLOMNAAM	BETEKENIS
STROOMGBCO	Unieke trajectcode waarbij iedere vertakking een nieuw nummer heeft
jaar	jaar van meting, waarden die min of meer stabiel zijn hebben dezelfde waarde voor alle jaren
Codekort	verkorte code op basis van stroomgebiedscode bestaand uit afkorting beek + trajectnr's genummerd van stroomaf naar stroomopw
Codekort+jr	Verkortcode met als laatste 2 cijfers bemonsteringsjaar (20xx)
AFKORT beek	Afkorting OWMNAAM
OWANAAM	beeknaam
OWMNAAM	naam waterlichaam
OWMSTAT	Natuurlijkheid waterlichaam
OWMTYPE	Watertype
STROOMGB	stroomgebied
AMBITIEN	variabele niet bruikbaar
Vgem	Gemiddelde stroomsnelheid op basis van punten binnen traject (modelmatig berekend)
O2zomergem	Gemiddelde zuurstofgehalten van beschikbare waarden uit periode 2005 t/m 2017 voor de maanden juni t/m sept
GEPMF	GEP macrofauna
GEPOWF	GEP waterflora
GEPVIS	GEP vis
BEEKHER_16	variabele niet bruikbaar
VISP_1621	variabele niet bruikbaar
BEEKHER_22	variabele niet bruikbaar
VISP_2227	variabele niet bruikbaar
ONDERZOEK_	variabele niet bruikbaar
BEEKHERBOV	variabele niet bruikbaar
HYDRBOVENL	variabele niet bruikbaar
MAATREGEL_	variabele niet bruikbaar
MAATREGEL1	variabele niet bruikbaar
OPGAVE_162	variabele niet bruikbaar
OPGAVE_222	variabele niet bruikbaar
LABELNRWBP	variabele niet bruikbaar
LAAGNAAM	variabele niet bruikbaar
b.Lenghte_km	Lengte traject
b.OPTREKBAAR	optrekbaarheid vanaf groot water (IJssel/Rijn): 1= ja, 0=nee
b.OPTRBH_REA	jaar van optrekbaarheid
b.KUNSTWERK	aantal kunstwerken tot aan groot water (IJssel/Rijn)
OPTRBH_TO	variabele niet bruikbaar
Lengte_con	indien vispasseerbaar, de lengte van de waterlopen tot aan de IJssel/Rijn
breedte_gemiddeld	
breedte_minimaal	
breedte_maximaal	
breedte_sd	
diepte_gemiddeld	
diepte_minimaal	
diepte_maximaal	
diepte_sd	
aantal_breedte_diepte	aantal waarden gebruikt voor berekeningen breedte en diepte
Mate_van_m	mate van meandering
macrofauna	Aandeel stromingsminnende soorten
BEDALGTOT	bedekking% met algen
BEDBOOML	%oever met bomen
BEDDRIJV	%bedekking met drijvende vegetatie
BEDEMER	%bedekking met emergente vegetatie
BEDKROOS	%bedekking met kroos
BEDSUBM	%bedekking met submerse vegetatie
BedSub+emer	%bedekking met submerse + emergente vegetatie
vispasseerbaar	geeft aan of het traject in het betreffende jaar ontsloten was middels een vispassage

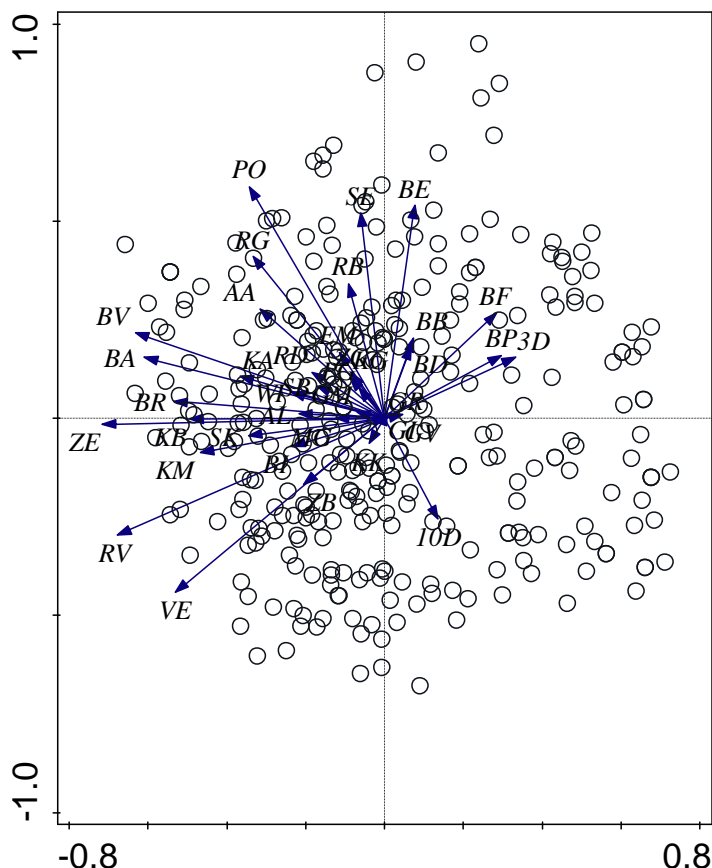
*) groen gearceerd is meegenomen in de multivariate analyses

Bijlage 6: Indirectie ordinatie aanwezigheid soorten en visgilden

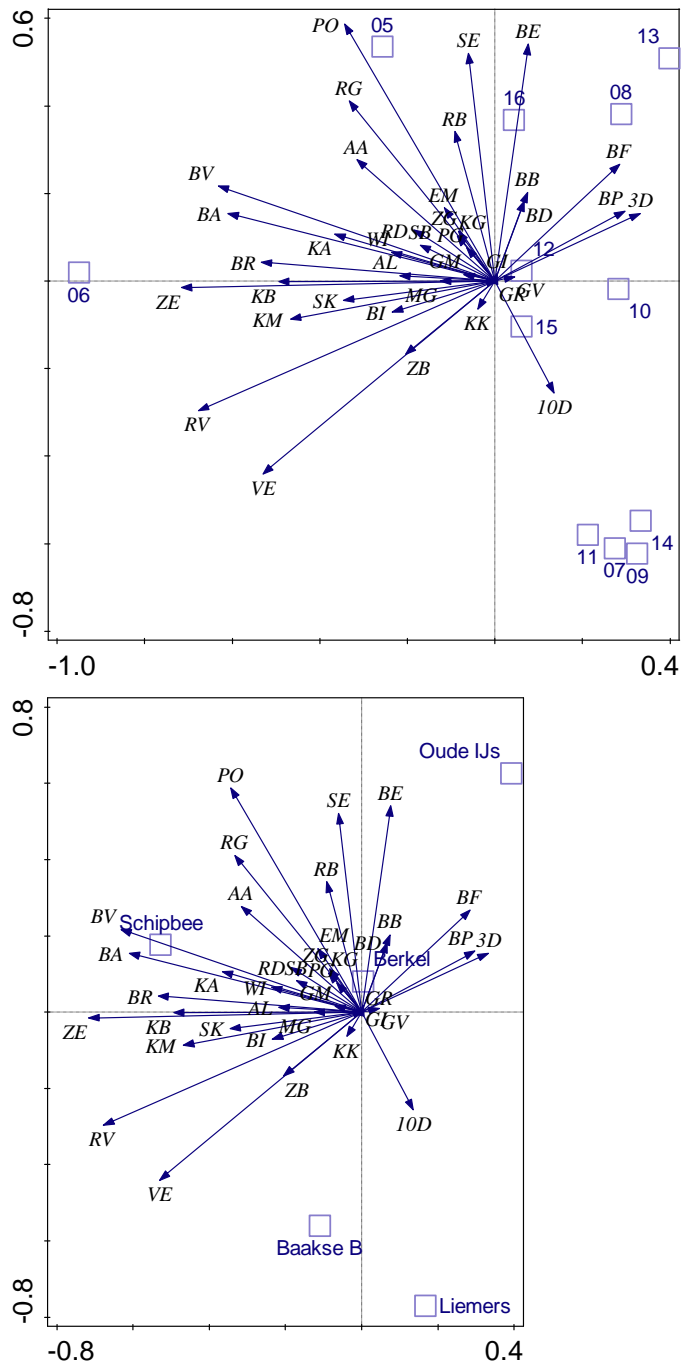
Aan- en afwezigheid van soorten

Net als bij de visabundantie lag de berekende gradiëntlengte tussen 1.5 en 4 en het advies van Canoco luidde dat beide responsmodellen te gebruiken waren. Wederom gaf het lineaire model een betere spreiding van de monsters over het diagram. Net zoals bij het gebruik van de abundantiegegevens zijn de stromingsminnende soorten anders gepositioneerd dan de generalistische en plantenminnende soorten. In vergelijking met de visabundantie lijken de stromingsminnende soorten echter wat ruimer verspreid over het diagram. Opvallend is de positie van tiendoornige stekelbaars (10D), namelijk de enige soort die naar het vierde kwadrant wijst.

Net zoals bij de abundantiegegevens onderscheiden de Liemers en de Baakse beek zich van de andere stroomgebieden (figuur 2). Met betrekking tot de verschillende bemonsteringsjaren laat figuur 2 zien dat vooral 2006 nogal afwijkend is en dat er een groepje van jaren is (rechtsonder) waarnaar de aanwezigheid van tiendoornige stekelbaars wijst. Die stekelbaars lijkt vooral aanwezig te zijn in de Liemers en in de Baakse Beek.



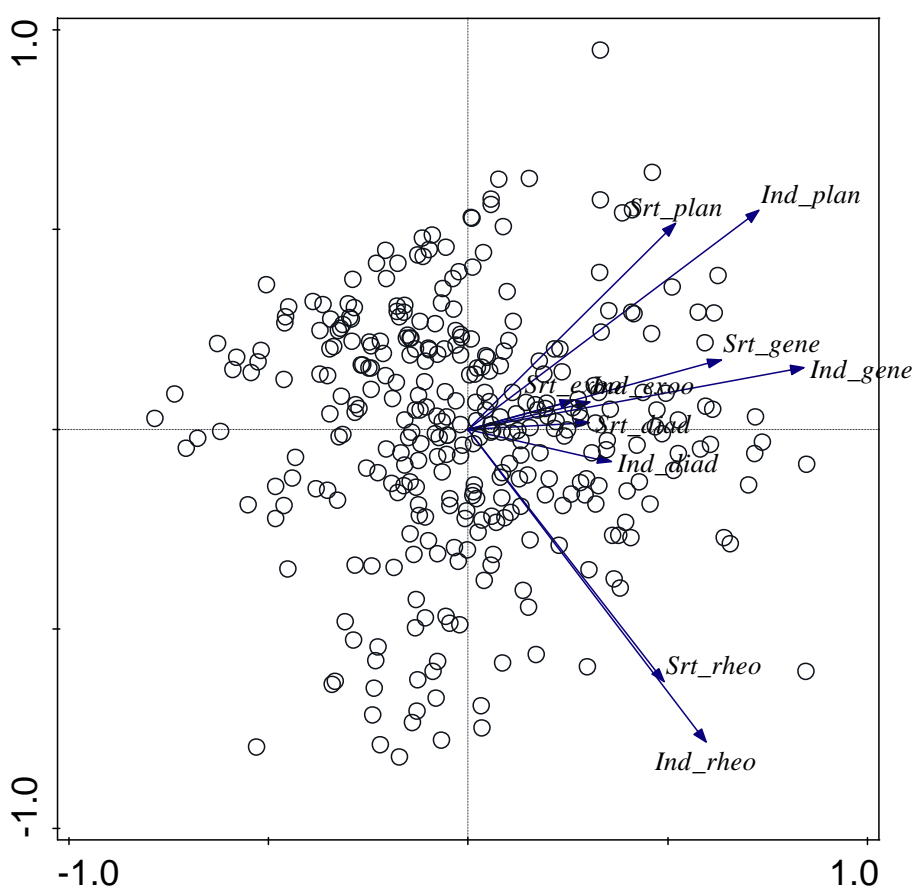
Figuur 1: Grafische weergave van het resultaat van een principale componenten analyses met aan- en afwezigheidsgegevens van vis waarbij de eerste (horizontaal) en tweede (vertikaal) ordinatie-assen tegen elkaar zijn uitgezet. Iedere cirkel is een monster en iedere pijl staat voor een soort vis. Voor de volledige naam van de afkortingen van de vis, zie bijlage 1.



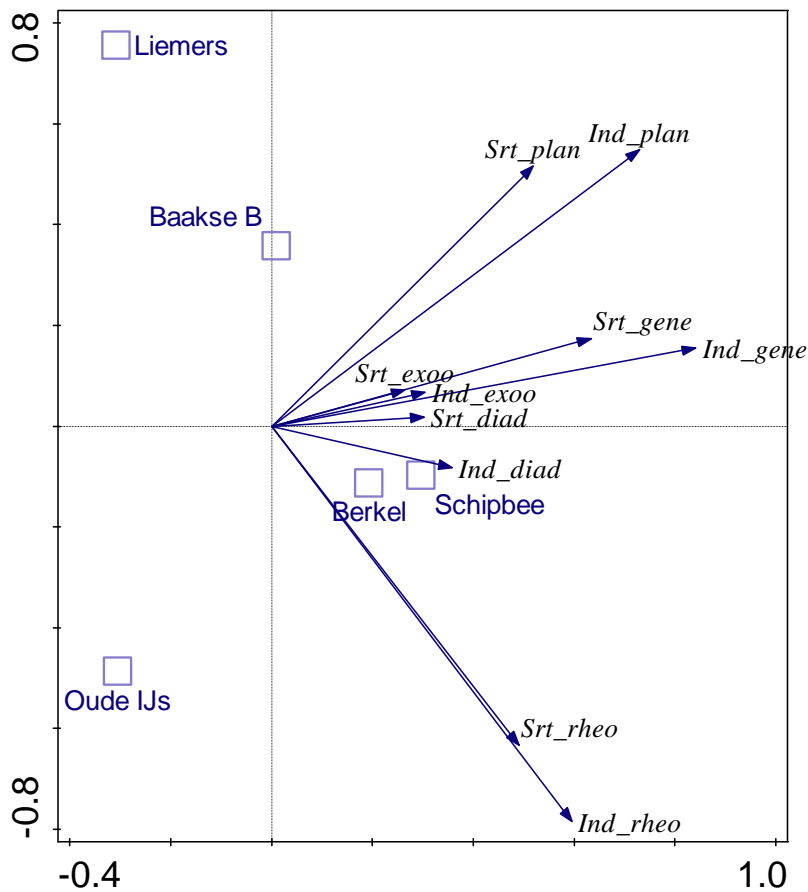
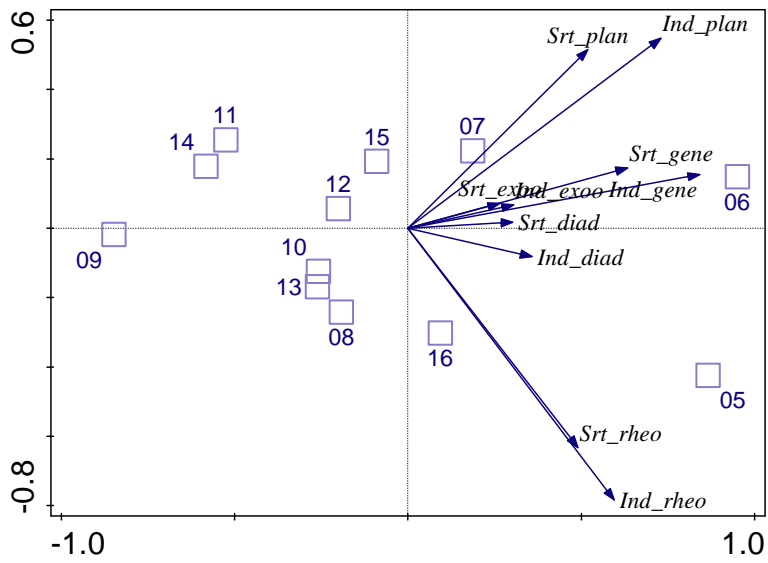
Figuur 2: Grafische weergave van het resultaat van een principale componenten analyses met aan- en afwezigheidsgegevens van vis als figuur b met in het linker panel geprojecteerd de positie van het jaar van bemonsteren en in het rechter panel de posities van de stroomgebieden.

Visgildes

De eerste analyse met de visgildes resulteerde in een vrij beperkte gradiëntlengte (2.6) en de suggestie van Canoco was om het lineaire responsie model te gebruiken. Figuur c laat zien dat van links naar rechts verband houdt met toename in visgildes. Het gilde met de generalistische soorten loopt dicht langs de horizontale as, het stromingsminnende gilde (stromingsminnend) wijst langs de tweede as naar beneden, terwijl het plantenminnende gilde juist omhoog wijst. Interpretatie van de resultaten van deze indirecte ordinatie met jaartal van bemonstering (Figuur 4) laat zien dat 2005 en 2006 een aparte positie innemen op de eerste as ten opzichte van de andere jaren en dat de ordening van de stroomgebieden vooral lijkt samen te hangen met het aandeel stromingsminnende soorten (Figuur 4).



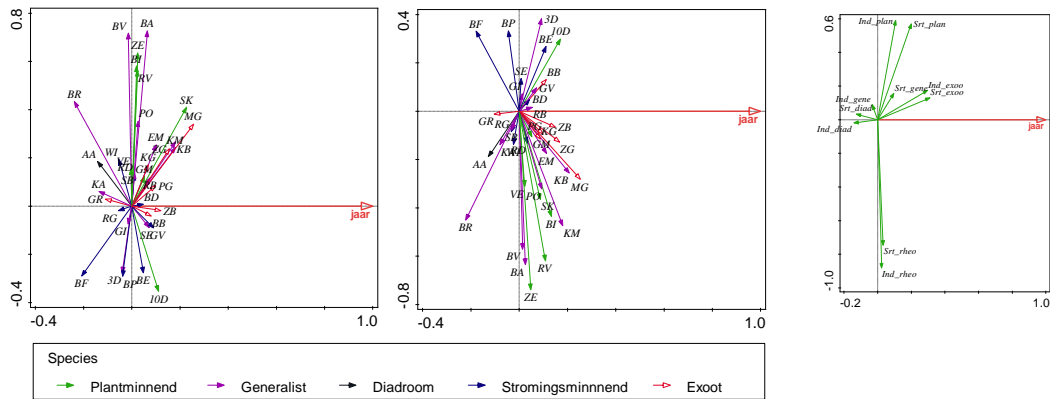
Figuur 3: Grafische weergave van het resultaat van een principale componenten analyses van gegevens over visgildes waarbij de eerste (horizontaal) en tweede (vertikaal) ordinatie-assen tegen elkaar zijn uitgezet. Iedere cirkel is een monster en iedere pijl staat voor een visgilde.



Figuur 4: Grafische weergave van het resultaat van een principale componenten analyses van gegevens over visgildes als in figuur c met in het linker panel geprojecteerd de positie van het jaar van bemonsteren en in het rechter panel de posities van de stroomgebieden.

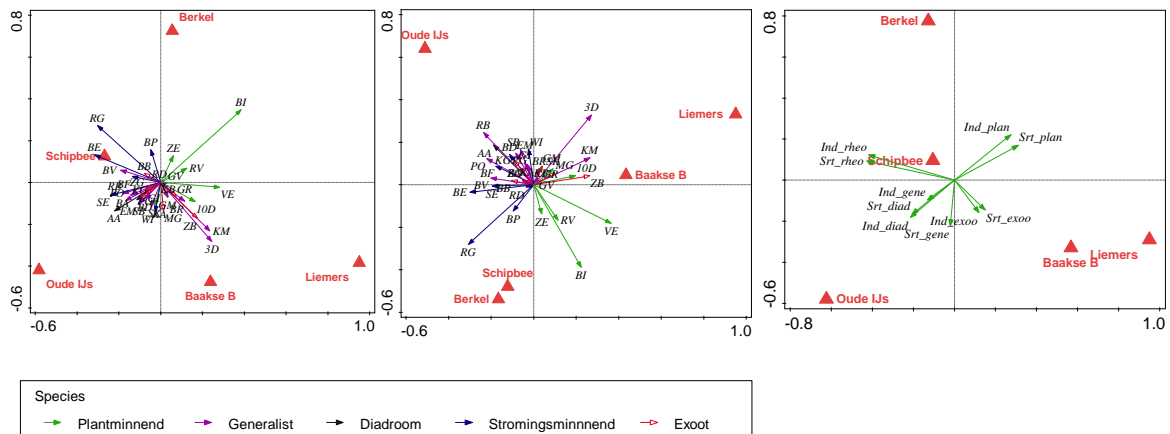
Bijlage 7: Directe ordinatie omgevingsfactoren

Factor tijd

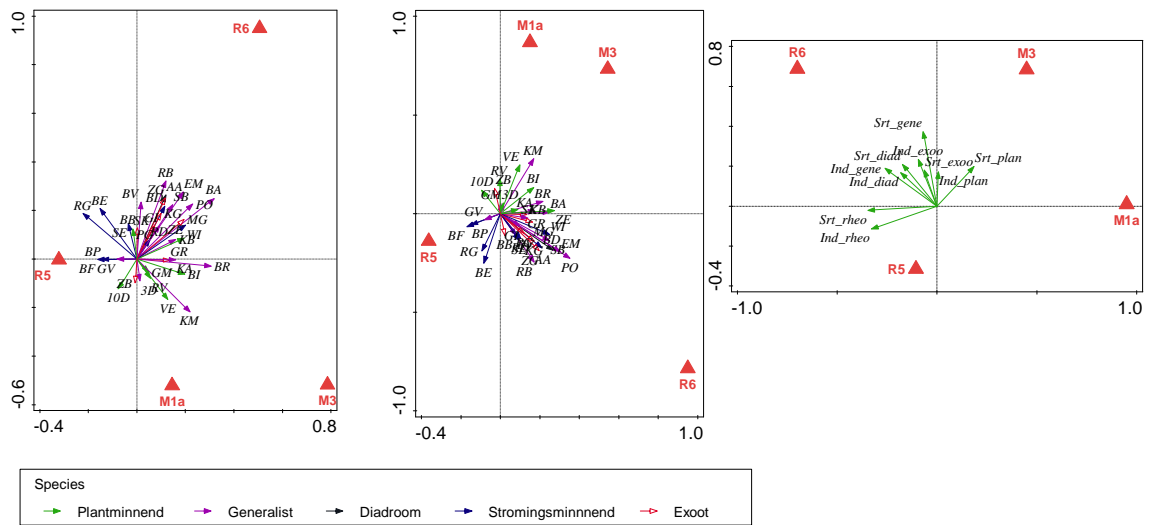


Figuur 1: Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visgegevens uit de periode 2008-2016 met jaartal als continue variabele. Linkerpaneel gebaseerd op abunantiegegevens, middenpaneel aan- en afwezigheid, rechterpaneel visgildes.

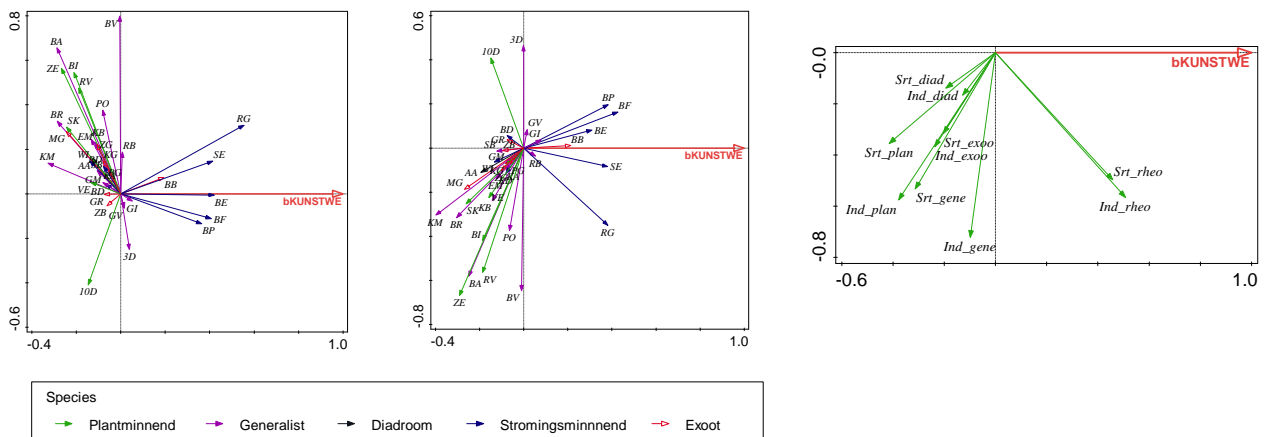
Ruimtelijke-Geografische factoren



Figuur 2: Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visgegevens uit de periode 2008-2016 met stroomgebied als verklarende factor. Linkerpaneel gebaseerd op abunantiegegevens, middenpaneel aan- en afwezigheid, rechterpaneel visgildes.

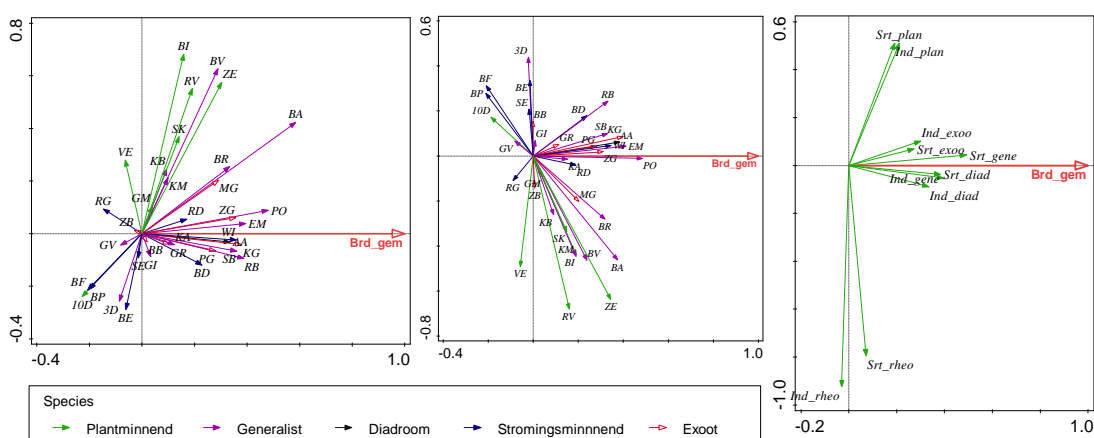


Figuur 3. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visgegevens uit de periode 2008-2016 met KRW watertype als verklarende factor. Linkerpaneel gebaseerd op abundantiegegevens, middenpaneel aan- en afwezigheid, rechterpaneel visgildes.

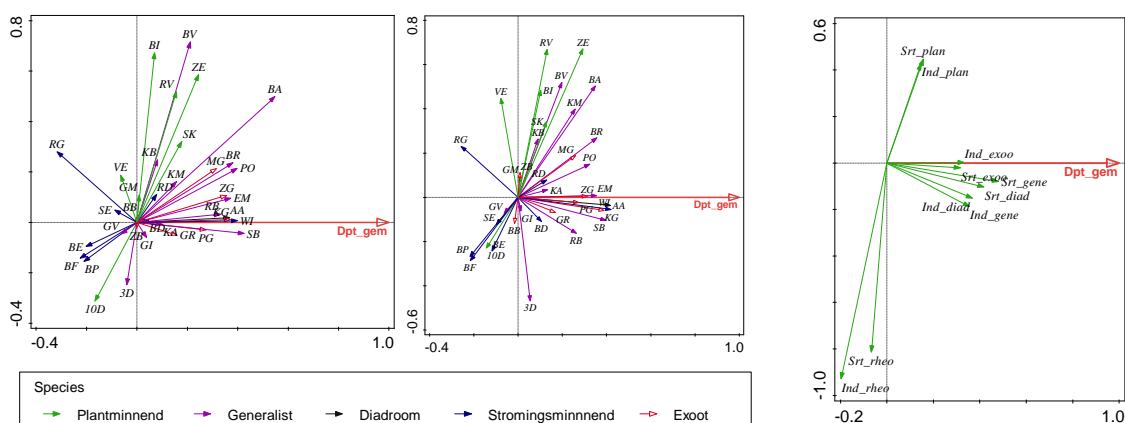


Figuur 4. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visgegevens uit de periode 2008-2016 met het aantal kunstwerken als verklarende factor. Linkerpaneel gebaseerd op abundantiegegevens, middenpaneel aan- en afwezigheid, rechterpaneel visgildes.

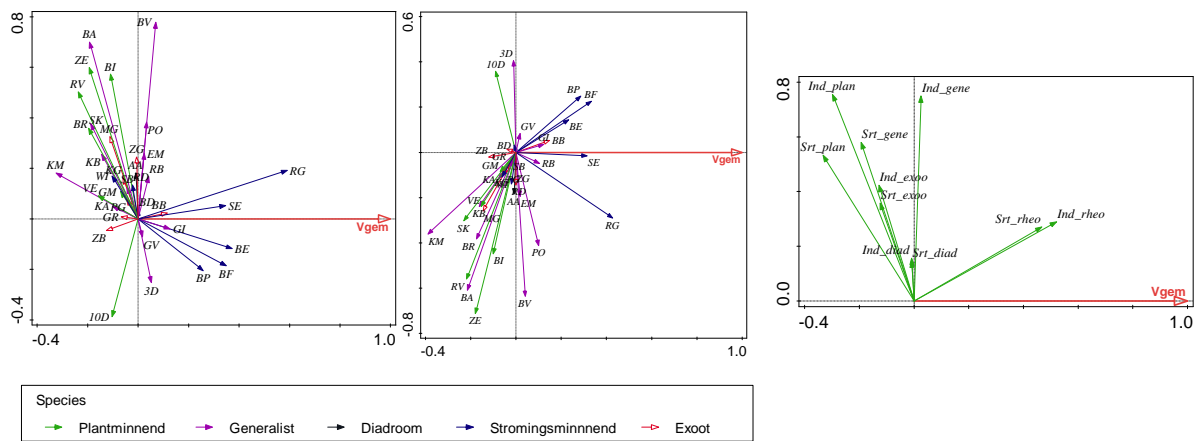
Invloed habitatfactoren



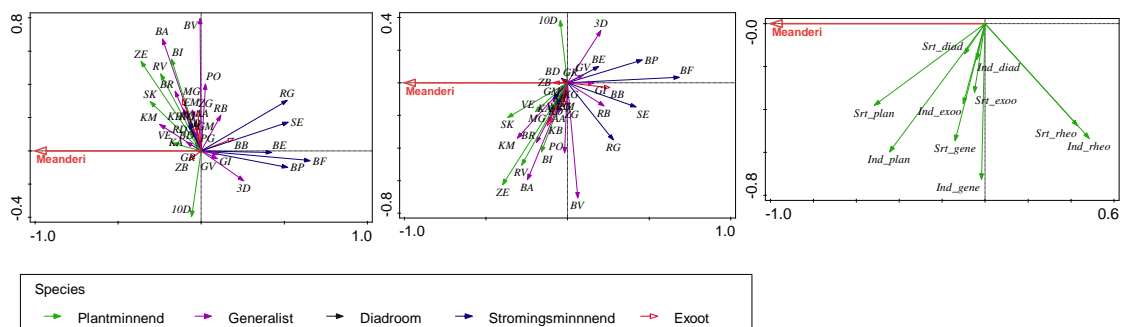
Figuur 5. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visgegevens uit de periode 2008-2016 met gemiddelde breedte als verklarende variabele. Linkerpaneel gebaseerd op abunantiegegevens, middenpaneel aan- en afwezigheid, rechterpaneel visgildes.



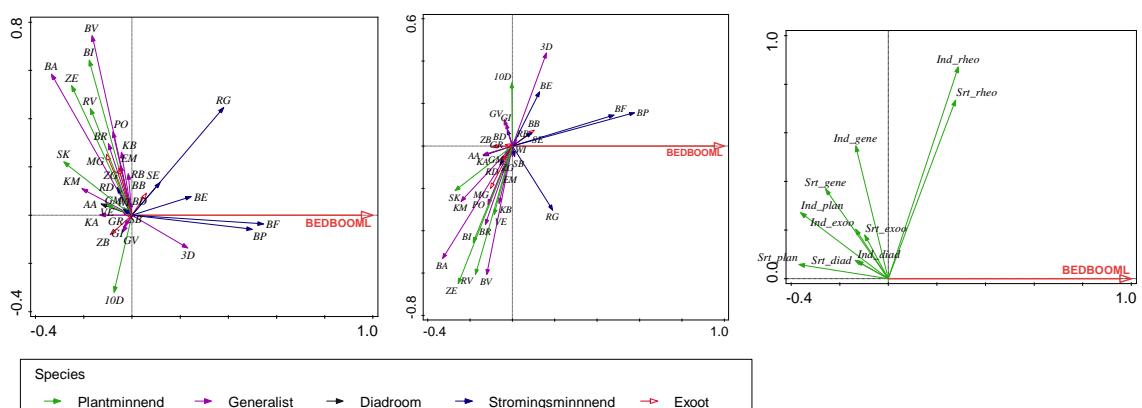
Figuur 6. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visgegevens uit de periode 2008-2016 met gemiddelde diepte als verklarende variabele. Linkerpaneel gebaseerd op abunantiegegevens, middenpaneel aan- en afwezigheid, rechterpaneel visgildes.



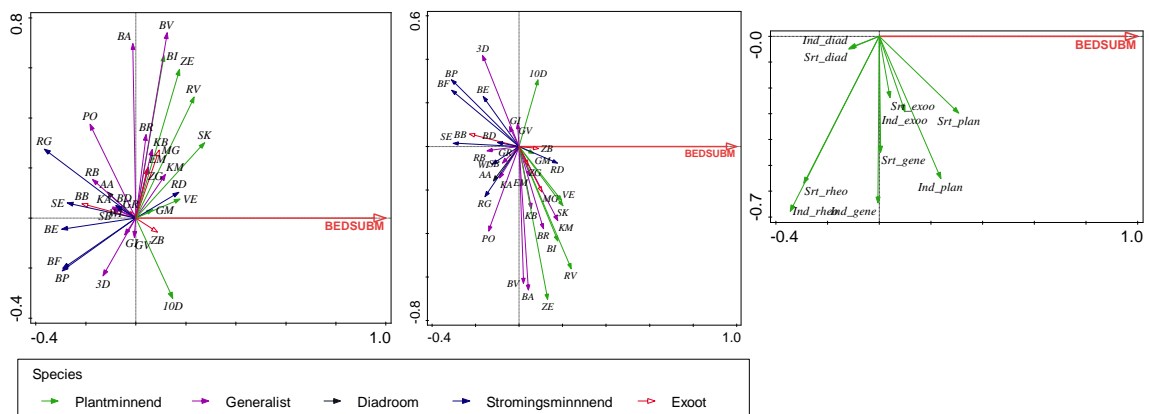
Figuur 7. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visgegevens uit de periode 2008-2016 met gemiddelde stroomsnelheid als verklarende variabele. Linkerpaneel gebaseerd op abundantiegegevens, middenpaneel aan- en afwezigheid, rechterpaneel visgildes.



Figuur 8. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visgegevens uit de periode 2008-2016 met meandering als verklarende variabele. Linkerpaneel gebaseerd op abundantiegegevens, middenpaneel aan- en afwezigheid, rechterpaneel visgildes.

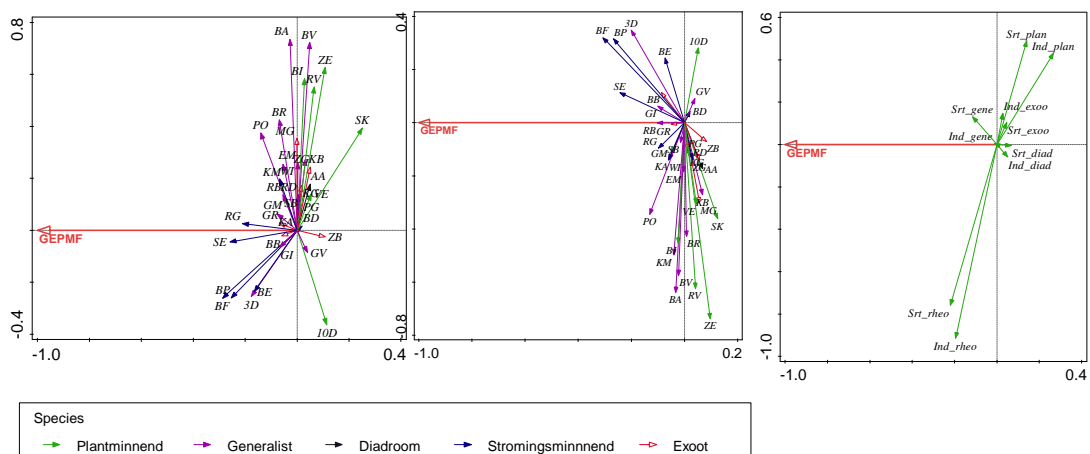


Figuur 9. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visgegevens uit de periode 2008-2016 met bedekking oevers met bomen verklarende variabele. Linkerpaneel gebaseerd op abundantiegegevens, middenpaneel aan- en afwezigheid, rechterpaneel visgildes.

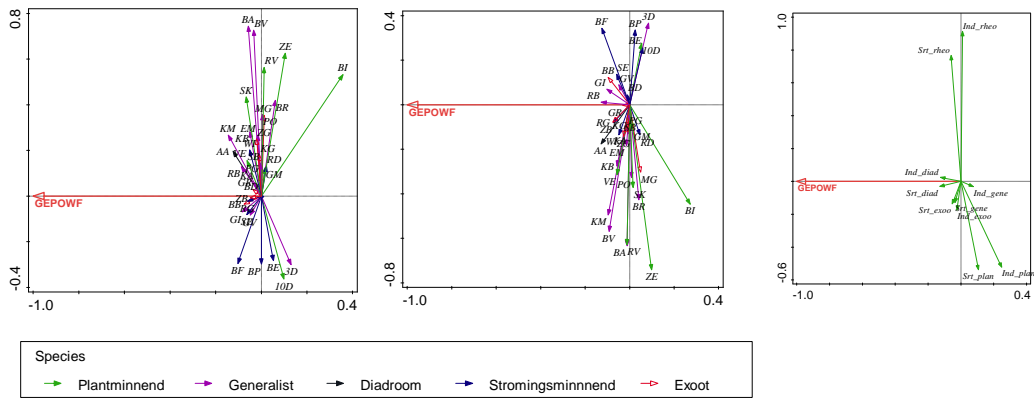


Figuur 10. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visgegevens uit de periode 2008-2016 met bedekking ondergedoken waterplanten als verklarende variabele. Linkerpaneel gebaseerd op abundantiegegevens, middenpaneel aan- en afwezigheid, rechterpaneel visgildes.

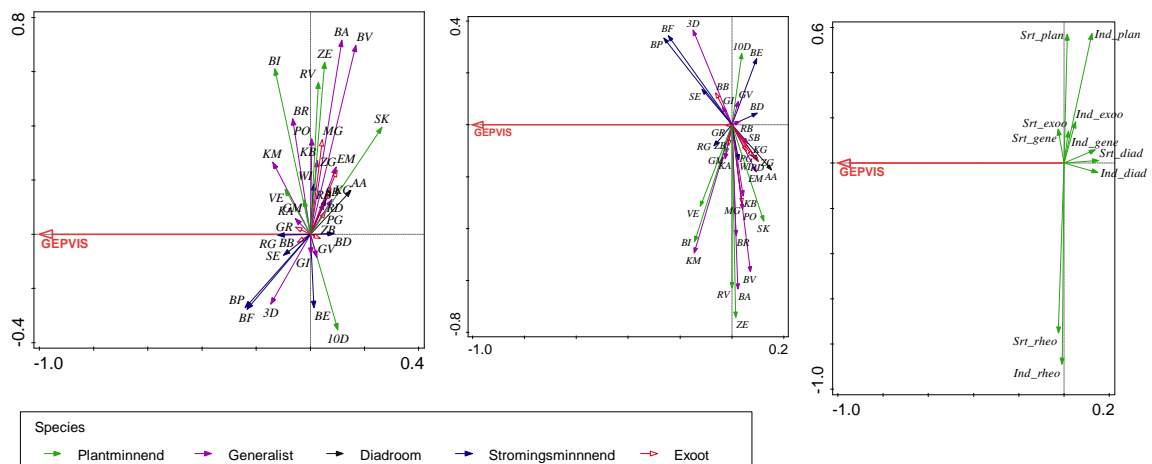
Relatie met EKR-scores



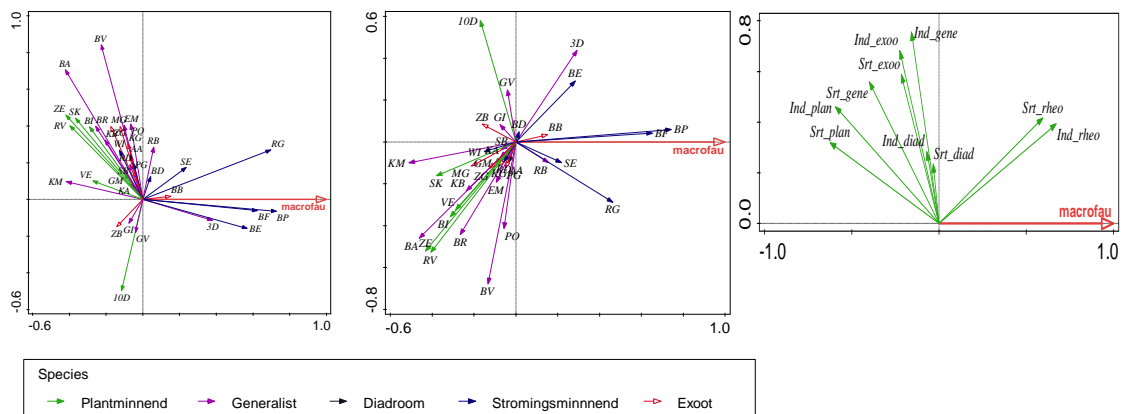
Figuur 11. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visgegevens uit de periode 2008-2016 met GEP score macrofauna als verklarende variabele. Linkerpaneel gebaseerd op abundantiegegevens, middenpaneel aan- en afwezigheid, rechterpaneel visgildes.



Figuur 12. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visgegevens uit de periode 2008-2016 met GEP score onderwaterflora als verklarende variabele. Linkerpaneel gebaseerd op abundantiegegevens, middenpaneel aan- en afwezigheid, rechterpaneel visgildes.



Figuur 13. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visgegevens uit de periode 2008-2016 met GEP score vis als verklarende variabele. Linkerpaneel gebaseerd op abundantiegegevens, middenpaneel aan- en afwezigheid, rechterpaneel visgildes.



Figuur 14. Grafische weergave van de scores voor de eerste (horizontaal) en tweede (verticaal) ordinatie-as van een directe analyse van de visgegevens uit de periode 2008-2016 met score voor stromingsminnend karakter macrofauna als verklarende variabele. Linkerpaneel gebaseerd op abundantiegegevens, middenpaneel aan- en afwezigheid, rechterpaneel visgildes.

Bijlage 8: Details uitgevoerde trendanalyses

Tabel 1 Coëfficiënten van zowel de GAM's als GLM's waarbij de "smoother" (sJaar) tevens is gespecificeerd.

GAM			
Marmergrondel	Beta	SE	p-waarde
<i>Intercept</i>	-4,279	1,113	0,005
	VG	DE	p-waarde
<i>(s)Jaar</i>	1,820	0,870	0,044
<hr/>			
Snoekbaars	Beta	SE	p-waarde
<i>Intercept</i>	-3,690	0,559	0,000
	VG	DE	p-waarde
<i>(s)Jaar</i>	1,062	0,478	0,039
<hr/>			
Brasem	Beta	SE	p-waarde
<i>Intercept</i>	-0,850	0,190	0,002
	VG	DE	p-waarde
<i>(s)Jaar</i>	1,692	0,801	0,001
<hr/>			
GLM			
Aal	Beta	SE	p-waarde
<i>Intercept</i>	342,90	97,32	0,01
<i>Jaar</i>	-0,17	0,05	0,01
<hr/>			
Bittervoorn	Beta	SE	p-waarde
<i>Intercept</i>	-378,61	108,46	0,01
<i>Jaar</i>	0,02	0,05	0,01
<hr/>			
Driedoornige stekelbaars	Beta	SE	p-waarde
<i>Intercept</i>	-186,04	60,72	0,01
<i>Jaar</i>	0,09	0,03	0,01

R script

```
require(reshape2)
require(mgcv)
require(nlme)

source("//Miii/Ravon-Algemeen/Persoonlijk/Mark/R/Zuur et al 2009/HighstatLibV10.R")
#Import all Zuur functions - such as pairs plot

#download.file("https://github.com/gavinsimpson/random_code/raw/master/derivFun.R",
# tmp)
##source(tmp)
#tmp <- tempfile()
#download.file("https://github.com/gavinsimpson/random_code/raw/master/tsDiagGamm.R",
# tmp)

df_WS_Rijn_IJssel <- read.csv("//Miii/Ravon-Projecten2/Projecten/2017/2017.093 Analyse
visgegevens WRIJ/DATA/Analyse visgegevens WS Rijn _IJssel-
MG/Aanwezigheid_trajecten_soort.csv", sep=";", dec=",")
colnames(df_WS_Rijn_IJssel) <- gsub("X", "", colnames(df_WS_Rijn_IJssel))
####
str(df_WS_Rijn_IJssel)
summary(df_WS_Rijn_IJssel)
df_WS_Rijn_IJssel <- df_WS_Rijn_IJssel[!df_WS_Rijn_IJssel$Jaar==2009, ] #Verwijder rij
data 2009 vanwege gering aantal trajecten

pairs(df_WS_Rijn_IJssel, upper.panel = panel.smooth2, lower.panel = panel.cor)

###Modellen
Model.BB <- gam(BB ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial)
summary(Model.BB)
acf(residuals(Model.BB))

Model.MG <- gam(MG ~ s(Jaar, fx=F, k=3, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #SIG
summary(Model.MG)
acf(residuals(Model.MG))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$MG, pch=16, main="Original MG",
ylim=c(0,1))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, predict(Model.MG, type="response"), pch=16, main="GAM
MG", ylim=c(0,1))
plot(Model.MG)

Model.RB <- gam(RB ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial)
summary(Model.RB)
acf(residuals(Model.RB))

Model.ZB <- gam(ZB ~ s(Jaar, fx=F, k=3, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #SIG, maar geef foutmelding
summary(Model.ZB)
acf(residuals(Model.ZB))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$ZB, pch=16)

Model.ZG <- gam(ZG ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #SIG, correctie autocorrelatie nodig! --> data is niet voldoende
summary(Model.ZG)
```

```

acf(residuals(Model.ZG))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$ZG, pch=16)

Model.Drie_D <- gam(Drie_D ~ s(Jaar, fx=F, k=8, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
= quasibinomial) #Niet sig (bijna), en df=1 dus linear
summary(Model.Drie_D)
acf(residuals(Model.Drie_D))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$Drie_D, pch=16)

Model.BA <- gam(BA ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial)
summary(Model.BA)
acf(residuals(Model.BA))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$BA, pch=16)

Model.BR <- gam(BR ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #SIG
summary(Model.BR)
acf(residuals(Model.BR))

Model.BV <- gam(BV ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial)
summary(Model.BV)
acf(residuals(Model.BV))

Model.KM <- gam(KM ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial)
summary(Model.KM)
acf(residuals(Model.KM))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$KM, pch=16)

Model.PO <- gam(PO ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial)
summary(Model.PO)
acf(residuals(Model.PO))

Model.SB <- gam(SB ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #Bijna SIG
summary(Model.SB)
acf(residuals(Model.SB))

Model.Tien_D <- gam(Tien_D ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
= quasibinomial)
summary(Model.Tien_D)
acf(residuals(Model.Tien_D))

Model.BI <- gam(BI ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #SIG
summary(Model.BI)
acf(residuals(Model.BI))

Model.RV <- gam(RV ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial)
summary(Model.RV)
acf(residuals(Model.RV))

Model.SK <- gam(SK ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs="cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial)
summary(Model.SK)
acf(residuals(Model.SK))

```



```

Model.ZE <- gam(ZE ~ s(Jaar, fx=F, k=10, bs= "cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial)
summary(Model.ZE)
acf(residuals(Model.ZE))

Model.BE <- gam(BE ~ s(Jaar, fx=F, k=5, bs= "cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #autocorrelation nodig
summary(Model.BE)
acf(residuals(Model.BE))

Model.BP <- gam(BP ~ s(Jaar, fx=F, k=5, bs= "cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #autocorrelation nodig
summary(Model.BP)
acf(residuals(Model.BP))

Model.RD <- gam(RD ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs= "cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #autocorrelation nodig
summary(Model.RD)
acf(residuals(Model.RD))

Model.RG <- gam(RG ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs= "cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial)
summary(Model.RG)
acf(residuals(Model.RG))

Model.SE <- gam(SE ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs= "cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial)
summary(Model.SE)
acf(residuals(Model.SE))

Model.WI <- gam(WI ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs= "cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial)
summary(Model.WI)
acf(residuals(Model.WI))

Model.AA <- gam(AA ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs= "cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #SIG
summary(Model.AA)
acf(residuals(Model.AA))

#####
#Significante modellen
#####3
Model.MG <- gam(MG ~ s(Jaar, fx=F, k=3, bs= "cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #SIG,
summary(Model.MG)
acf(residuals(Model.MG))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$MG, pch=16)
plot(Model.MG)

#Model.ZB <- gam(ZB ~ s(Jaar, fx=F, k=3, bs= "cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #SIG, maar geef foutmelding --> na handmatig knots instellen niet meer SIG
#summary(Model.ZB)
#acf(residuals(Model.ZB))
#plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$ZB, pch=16) #outliers?

#Model.ZG <- gam(ZG ~ s(Jaar, fx=F, k=8, bs= "cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #SIG, autocorrelatie nodig! ---> DF=1 dus linear
#summary(Model.ZG)
#acf(residuals(Model.ZG))
#plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$ZG, pch=16)

```

```

Model.BR <- gam(BR ~ s(Jaar, fx=F, k=3, bs= "cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial(link='logit')) #SIG
summary(Model.BR)
acf(residuals(Model.BR))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$BR, pch=16, type="b")
plot(Model.BR)
p.BR <- predict(Model.BR, type= "response")
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, p.BR, pch=16)

Model.SB <- gam(SB ~ s(Jaar, fx=F, k=4, bs= "cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #Bijna SIG --> aanpassing van knots maakt het sig
summary(Model.SB)
acf(residuals(Model.SB))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$SB, pch=16, type="b")
plot(Model.SB, main= "k=4")

plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$SB, pch=16, main= "Original SB",
ylim=c(0,1))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, predict(Model.SB, type= "response"), pch=16, main= "GAM SB",
ylim=c(0,1))

#Model.BI <- gam(BI ~ s(Jaar, fx=F, k=12, bs= "cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #SIG --> DF=1 dus linear
#summary(Model.BI)
#acf(residuals(Model.BI))
#plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$BI, pch=16, type="b")
#plot(Model.BI)

#Model.AA <- gam(AA ~ s(Jaar, fx=F, k=-1, bs= "cr"), data = df_WS_Rijn_IJssel, family =
quasibinomial) #SIG--> DF=1 dus linear
#summary(Model.AA)
#acf(residuals(Model.AA))
#plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$AA, pch=16, type="b")

#####
## Lineare modellen toepassen
#####
#Test met model brasem, in principe goed voor gam, maar goed om het verschil te bekijken
Model.glm.BR <- glm(BR ~ Jaar, data = df_WS_Rijn_IJssel, family = quasibinomial)
summary(Model.glm.BR)
acf(residuals(Model.glm.BR))
plot(Model.glm.BR)
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, predict(Model.glm.BR, type= "response"), pch=16, main= "GLM
BR")
p.glm.BR <- predict(Model.glm.BR, type= "response")
CI.glm.BR <- predict(Model.glm.BR, interval= "confidence")

summary(Model.BR)
acf(residuals(Model.BR))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$BR, pch=16, type="b")
plot(Model.BR)
p.BR <- predict(Model.BR, type= "response")
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, p.BR, pch=16, main= "GAM")

par(mar=c(5, 5, 5, 5), mfrow=c(2,2))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$BR, pch=16, main= "Original", ylim=c(0,1))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, p.BR, pch=16, main= "GAM BR", ylim=c(0,1))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, predict(Model.glm.BR, type= "response"), pch=16, main= "GLM
BR", ylim=c(0,1))

```

```

#####33
##Drie glm genereren
Model.glm.BI <- glm(BI ~ Jaar, data = df_WS_Rijn_IJssel, family = quasibinomial(link='logit'))
#SIG
summary(Model.glm.BI)
acf(residuals(Model.BI))#in orde
plot(Model.glm.BI)
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$BI, pch=16, type="b", main= "Original BI")
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, predict(Model.glm.BI, type= "response"), pch=16, main= "GLM
BI")

Model.glm.AA <- glm(AA ~ Jaar, data = df_WS_Rijn_IJssel, family = quasibinomial) #SIG
summary(Model.glm.AA)
acf(residuals(Model.glm.AA))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$AA, pch=16, type="b", main= 'Original AA',
ylim=c(0,1))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, predict(Model.glm.AA, type= "response"), pch=16, main= "GLM
AA", ylim=c(0,1))

Model.glm.Drie_D <- glm(Drie_D ~ Jaar, data = df_WS_Rijn_IJssel, family = quasibinomial)
#Niet SIG (0.06)
summary(Model.glm.Drie_D)
acf(residuals(Model.glm.Drie_D))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$Drie_D, pch=16, type="b", main= 'Original
3D', ylim=c(0,1))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, predict(Model.glm.Drie_D, type= "response"), pch=16, main=
"GLM 3D, bijna sig (p=0.06)", ylim=c(0,1))

#####
####
####Basic plots
#####
#####
par(mar=c(5, 4, 4, 4), mfrow=c(2,2))
#Marmergrondel
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$MG, pch=16, main= "Original MG",
ylim=c(0,1), type="b")
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, predict(Model.MG, type= "response"), pch=16, main= "GAM
MG", ylim=c(0,1), type="b")

#Brasem
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$BR, pch=16, main= "Original BR",
ylim=c(0,1), type="b")
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, predict(Model.BR, type= "response"), pch=16, main= "GAM BR",
ylim=c(0,1), type="b")

#Snoekbaars
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$SB, pch=16, main= "Original SB",
ylim=c(0,1), type="b")
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, predict(Model.SB, type= "response"), pch=16, main= "GAM SB",
ylim=c(0,1), type="b")

#Bittervoorn
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$BI, pch=16, main= "Original BI", type="b",
ylim=c(0,1))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, predict(Model.glm.BI, type= "response"), pch=16, main= "GLM
BI", type="b", ylim=c(0,1))

#Aal

```

```
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$AA, pch=16, type="b", main= 'Original AA',
ylim=c(0,1))
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, predict(Model.glm.AA, type= "response"), pch=16, main= "GLM
AA", ylim=c(0,1))
```

```
#3D
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, df_WS_Rijn_IJssel$Drie_D, pch=16, main= 'Original 3D',
ylim=c(0,1), type="b")
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, predict(Model.glm.Drie_D, type= "response"), pch=16, main=
"GLM 3D, bijna sig (p=0.06)", ylim=c(0,1), type="b")
```

```
#####GGplot2
require(ggplot2)
```

```
##### Per plot bovenstaande data (=predicted) ook selecteren
```

```
#Bittervoorn
pred <- data.frame(predict(Model.glm.BI, type= "link", se=T))
pred$BI <- exp(pred$fit)/ (1+exp(pred$fit))
pred$min <- Model.glm.BI$family$linkinv(pred$fit - 1.96 * pred$se.fit)
pred$max <- Model.glm.BI$family$linkinv(pred$fit + 1.96 * pred$se.fit)
pred$Jaar <- df_WS_Rijn_IJssel$Jaar
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, exp(pred$fit)/ (1+exp(pred$fit)))
lines(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, pred$min, lty=2)
lines(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, pred$max, lty=2)
```

```
ggplot(df_WS_Rijn_IJssel, aes(x=Jaar, y=BI)) +
  guides(fill=FALSE) +
  geom_point(size= 1.5, alpha= 1/2) +
  geom_ribbon(data=pred, aes(ymin=min, ymax=max, x=Jaar), alpha=0.3) +
  geom_line(data=pred, aes(y=BI), size = 1) +
  labs(x="Jaar", y="Relatieve aanwezigheid bittervoorn", title="Trend bittervoorn") +
  theme_bw() +
  scale_x_continuous(breaks=df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, expand = c(0.01, 0.01)) +
  scale_y_continuous(expand = c(0.01, 0), limits = c(0, 1))
```

```
#Marmergroundel
pred <- data.frame(predict(Model.MG, type= "link", se=T))
pred$MG <- exp(pred$fit)/ (1+exp(pred$fit))
pred$min <- Model.MG$family$linkinv(pred$fit - 1.96 * pred$se.fit)
pred$max <- Model.MG$family$linkinv(pred$fit + 1.96 * pred$se.fit)
pred$Jaar <- df_WS_Rijn_IJssel$Jaar
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, exp(pred$fit)/ (1+exp(pred$fit)))
lines(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, pred$min, lty=2)
lines(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, pred$max, lty=2)
```

```
ggplot(df_WS_Rijn_IJssel, aes(x=Jaar, y=MG)) +
  guides(fill=FALSE) +
  geom_point(size= 1.5, alpha= 1/2) +
  geom_ribbon(data=pred, aes(ymin=min, ymax=max, x=Jaar), alpha=0.3) +
  geom_line(data=pred, aes(y=MG), size = 1) +
  labs(x="Jaar", y="Relatieve aanwezigheid marmergroundel", title="Trend marmergroundel") +
  theme_bw() +
  scale_x_continuous(breaks=df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, expand = c(0.01, 0.01)) +
  scale_y_continuous(expand = c(0.01, 0), limits = c(0, 1))
```

```
#Brasem
pred <- data.frame(predict(Model.BR, type= "link", se=T))
pred$BR <- exp(pred$fit)/ (1+exp(pred$fit))
pred$min <- Model.BR$family$linkinv(pred$fit - 1.96 * pred$se.fit)
pred$max <- Model.BR$family$linkinv(pred$fit + 1.96 * pred$se.fit)
pred$Jaar <- df_WS_Rijn_IJssel$Jaar
```

```

plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, exp(pred$fit)/ (1+exp(pred$fit)))
lines(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, pred$min, lty=2)
lines(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, pred$max, lty=2)

ggplot(df_WS_Rijn_IJssel, aes(x=Jaar, y=BR)) +
  guides(fill=FALSE) +
  geom_point(size= 1.5, alpha= 1/2) +
  geom_ribbon(data=pred, aes(ymin=min, ymax=max, x=Jaar), alpha=0.3) +
  geom_line(data=pred, aes(y=BR), size = 1) +
  labs(x="Jaar", y="Relatieve aanwezigheid brasem", title="Trend brasem") +
  theme_bw() +
  scale_x_continuous(breaks=df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, expand = c(0.01, 0.01)) +
  scale_y_continuous(expand = c(0.01, 0), limits = c(0, 1))

#Snoekbaars
pred <- data.frame(predict(Model.SB, type= "link", se=T))
pred$SB <- exp(pred$fit)/ (1+exp(pred$fit))
pred$min <- Model.SB$family$linkinv(pred$fit - 1.96 * pred$se.fit)
pred$max <- Model.SB$family$linkinv(pred$fit + 1.96 * pred$se.fit)
pred$Jaar <- df_WS_Rijn_IJssel$Jaar
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, exp(pred$fit)/ (1+exp(pred$fit)))
lines(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, pred$min, lty=2)
lines(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, pred$max, lty=2)

ggplot(df_WS_Rijn_IJssel, aes(x=Jaar, y=SB)) +
  guides(fill=FALSE) +
  geom_point(size= 1.5, alpha= 1/2) +
  geom_ribbon(data=pred, aes(ymin=min, ymax=max, x=Jaar), alpha=0.3) +
  geom_line(data=pred, aes(y=SB), size = 1) +
  labs(x="Jaar", y="Relatieve aanwezigheid snoekbaars", title="Trend snoekbaars") +
  theme_bw() +
  scale_x_continuous(breaks=df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, expand = c(0.01, 0.01)) +
  scale_y_continuous(expand = c(0.01, 0), limits = c(0, 1))

#Aal
pred <- data.frame(predict(Model.glm.AA, type= "link", se=T))
pred$AA <- exp(pred$fit)/ (1+exp(pred$fit))
pred$min <- Model.glm.AA$family$linkinv(pred$fit - 1.96 * pred$se.fit)
pred$max <- Model.glm.AA$family$linkinv(pred$fit + 1.96 * pred$se.fit)
pred$Jaar <- df_WS_Rijn_IJssel$Jaar
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, exp(pred$fit)/ (1+exp(pred$fit)))
lines(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, pred$min, lty=2)
lines(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, pred$max, lty=2)

ggplot(df_WS_Rijn_IJssel, aes(x=Jaar, y=AA)) +
  guides(fill=FALSE) +
  geom_point(size= 1.5, alpha= 1/2) +
  geom_ribbon(data=pred, aes(ymin=min, ymax=max, x=Jaar), alpha=0.3) +
  geom_line(data=pred, aes(y=AA), size = 1) +
  labs(x="Jaar", y="Relatieve aanwezigheid aal", title="Trend aal") +
  theme_bw() +
  scale_x_continuous(breaks=df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, expand = c(0.01, 0.01)) +
  scale_y_continuous(expand = c(0.01, 0), limits = c(0, 1))

#3D
pred <- data.frame(predict(Model.glm.Drie_D, type= "link", se=T))
pred$Drie_D <- exp(pred$fit)/ (1+exp(pred$fit))
pred$min <- Model.glm.Drie_D$family$linkinv(pred$fit - 1.96 * pred$se.fit)
pred$max <- Model.glm.Drie_D$family$linkinv(pred$fit + 1.96 * pred$se.fit)
pred$Jaar <- df_WS_Rijn_IJssel$Jaar
plot(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, exp(pred$fit)/ (1+exp(pred$fit)))

```

```

lines(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, pred$min, lty=2)
lines(df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, pred$max, lty=2)

ggplot(df_WS_Rijn_IJssel, aes(x=Jaar, y=Drie_D)) +
  guides(fill=FALSE) +
  geom_point(size= 1.5, alpha= 1/2) +
  geom_ribbon(data=pred, aes(ymin=min, ymax=max, x=Jaar), alpha=0.3) +
  geom_line(data=pred, aes(y=Drie_D), size = 1) +
  labs(x="Jaar", y="Relatieve aanwezigheid \n driedoornige stekelbaars", title="Trend
driedoornige stekelbaars") +
  theme_bw() +
  scale_x_continuous(breaks=df_WS_Rijn_IJssel$Jaar, expand = c(0.01, 0.01)) +
  scale_y_continuous(expand = c(0.01, 0), limits = c(0, 1))

```