



# VANDLØBSØKOLOGI 2023

## NOVANA – Bentiske kiselalger

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 630

2024



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI



# VANDLØBSØKOLOGI 2023

NOVANA – Bentiske kiselalger

---

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 630

2024

Pablo Pacheco  
Søren Erik Larsen

Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

# Datablad

Serietitel og nummer: Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 630

Kategori: Rådgivningsrapporter

Titel: Vandløbsøkologi 2023  
Undertitel: Bentiske kiselalger

Forfatter: Juan Pablo Pacheco og Søren Erik Larsen  
Institution: Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience

Udgiver: Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©  
URL: <https://dce.au.dk>

Udgivelsesår: November 2024  
Redaktion afsluttet: November 2024

Faglig kommentering: Christian Kjær  
Kvalitetssikring, DCE: Maj-Britt Andersen Bjergager  
Sproglig kvalitetssikring: Anne Mette Poulsen

Ekstern kommentering: [Kommentarerne findes her:](#)

Finansiell støtte: Ingen ekstern finansiering

Bedes citeret: Pacheco, J. P. og S. E. Larsen 2024. Vandløb 2023. Bentiske Kiselalger. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 44 s. - Teknisk rapport nr. 630

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Sammenfatning: Dette års rapport beskriver status og relationen til vandkemiske forhold i vandløb for indeks for bentiske kiselalger SID\_TID med data for perioden 2013-2022

Emneord: Vandløb, overvågning, NOVANA, alkalinitet, kvælstof, fosfor, bentiske kiselalger

Foto forside: Juan Pablo Pacheco

ISBN: 978-87-7156-909-4  
ISSN (elektronisk): 2244-9981

Sideantal: 44

# Indhold

<b>Forord</b>	<b>5</b>
<b>Sammenfatning</b>	<b>6</b>
<b>Summary</b>	<b>7</b>
<b>1 Datagrundlag, databehandling og rapportindhold</b>	<b>8</b>
1.1 Om overvågningsprogrammet	8
1.2 Bentiske kiselalger	8
1.3 Datagrundlag	9
<b>2 Den overordnede økologiske tilstand vurderet af det bentiske kiselalgeindeks</b>	<b>11</b>
<b>3 Geografisk fordeling i den økologiske tilstand af vandløb</b>	<b>13</b>
<b>4 Oplandskarakteristika</b>	<b>20</b>
<b>5 Tidsmæssige tendenser</b>	<b>23</b>
5.1 Tidsmæssig variation i SID_TID-indekset og tilknyttede miljøvariable	23
5.2 Tidsmæssige tendenser i SID_TID-indeksets økologiske tilstand på stationerne med årlig prøvetagning	27
<b>6 Sammenhæng mellem det bentiske kiselalgeindeks' økologiske tilstand og miljømæssige variable</b>	<b>31</b>
6.1 Indvirkninger af fysisk-kemiske variable på sammensætningen af kiselalger og regionale forskelle	31
6.2 Indvirkninger af fysisk-kemiske variable på EQR (SID_TID)	38
6.3 Indvirkninger af fysisk-kemiske variable på EQR (SID_TID) i forhold til regionale forskelle	40
<b>7 Diskussion</b>	<b>42</b>
<b>8 Referencer</b>	<b>44</b>



## Forord

Denne rapport udgives af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet (DCE) som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale program for Overvågning af Vandmiljøet og Naturen (NOVANA). NOVANA er fjerde generation af nationale overvågningsprogrammer, som med udgangspunkt i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram blev iværksat efteråret 1988. Nærværende rapport omfatter data til og med 2022.

Overvågningsprogrammet er målrettet mod at tilvejebringe det nødvendige dokumentations- og videngrundlag til at understøtte Danmarks overvågningsbehov og -forpligtelser, bl.a. i forhold til en række EU-direktiver inden for natur- og miljøområdet. Programmet er løbende tilpasset overvågningsbehovene og omfatter overvågning af tilstand og udvikling i vandmiljøet og naturen, herunder den terrestriske natur og luftkvalitet.

DCE har som en væsentlig opgave for Ministeriet for Grøn Trepert og Miljøministeriet at bidrage med forskningsbaseret rådgivning til styrkelse af det faglige grundlag for miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. Som led heri forestår DCE med bidrag fra Institut for Ecoscience og Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet, den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne ferske vande, marine områder, landovervågning, atmosfæren, arter og naturtyper samt miljøfarlige forurenende stoffer.

I overvågningsprogrammet er der en arbejds- og ansvarsdeling mellem fagdatacentrene, Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø (SGAV) og Miljøstyrelsen (MST). Fagdatacentret for grundvand er placeret hos De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), fagdatacentret for punktkilder hos SGAV, mens de øvrige fagdatacentre (vandløb, søer, marine områder, landovervågning, arter og naturtyper, atmosfæren og miljøfarlige forurenende stoffer) er placeret hos DCE, Aarhus Universitet. Denne rapport er udarbejdet af Fagdatacenter for vandløbsøkologi. MST har haft mulighed for at kommentere på udkast til rapporten. Rapporten er baseret på data indsamlet af Miljøstyrelsen og diverse konsulenter på vegne af de nævnte offentlige institutioner.

Dette års rapport præsenterer data for bentiske kiselalger indsamlet i perioden 2013-2022. Det er første gang, at dette kvalitetselement rapporteres.

Konklusionerne i denne rapport sammenfattes med konklusionerne fra de øvrige fagdatacenter-rapporter i 'Vandmiljø og natur 2023', som udgives i et samarbejde mellem DCE, GEUS og SGAV.

## Sammenfatning

Denne rapport præsenterer det bentiske algeindeks (SID-TID) for perioden 2013-2022 samt en analyse af dets rumlige og tidsmæssige variation og forholdet til de vigtigste fysisk-kemiske variable i danske vandløb. Resultaterne viser, at tilstanden 'God' eller 'Høj', vurderet ud fra det bentiske algeindeks, er dominerende i perioden, og at cirka en tredjedel af prøvetagningsstationerne falder inden for kategorien 'Moderat'. SID-TID-indekset påvirkes negativt af først og fremmest alkalinitet og i mindre grad af ortofosat ( $PO_4$ ) og nitrat eller nitrit ( $NO_{2,3}$ ). SID\_TID er forskellig mellem georegioner: Det hænger hovedsageligt sammen med forskelle i alkalinitet og  $PO_4$ . Der er ikke fundet at oplandskarakteristika på SID\_TID eller tilknyttede fysisk-kemiske variable var af betydning. Der er ikke observeret tidsmæssige tendenser i SID\_TID eller i de tilknyttede fysisk-kemiske variable. Et mere omfattende datasæt med parrede biologiske og fysisk-kemiske data for perioden, sammen med en bredere geografisk fordeling af de overvågningsstationer hvor der er prøvetagning hvert år ('år-år'-overvågningsstationer) ville udgøre et værdifuldt bidrag til at forbedre dataanalysen af mønstrene, der påvirker SID\_TID samt de forskellige indvirkninger af naturlige i modsætning til menneskelige faktorer. Resultaterne viser, at SID\_TID et en velegnet indikator for den økologiske vandkvalitet i danske vandløb, især som en reaktion på effekten af  $PO_4$  og alkalinitet.



## Summary

This report presents the benthic diatom index SID\_TID data for the period 2013-2022, along with an analysis of its spatial and temporal variation and its relationship with associated physicochemical variables in Danish watercourses. The results show a predominance of 'Good' and 'High' ecological status, evaluated on the ground of the benthic algae index, during the period, with approximately one-third of the sampling stations having insufficient ecological quality conditions falling in the 'Moderate' range. The SID\_TID index is negatively influenced mainly by alkalinity, and to a lesser extent by PO<sub>4</sub> and NO<sub>2-3</sub>. SID\_TID showed differences between the georegions, which were mainly associated with differences in alkalinity and PO<sub>4</sub>. However, no evidence was found of influence of catchment characteristics on SID\_TID or associated physicochemical variables. No significant temporal trends were observed in SID\_TID or associated physicochemical variables that would indicate a change over time in ecological quality or associated variables. A more comprehensive dataset, with paired biological and physicochemical data for the period, along with a broader geographical distribution of annual monitoring stations, would be valuable inputs for improving the data analysis of the patterns influencing SID\_TID and the differential impacts of natural in contrast to anthropogenic factors. The results support SID\_TID as an adequate indicator of the ecological water quality in Danish watercourses, particularly in response to the effects of PO<sub>4</sub> and alkalinity.

# 1 Datagrundlag, databehandling og rapportindhold

## 1.1 Om overvågningsprogrammet

Denne rapport indeholder data indsamlet i vandløb under NOVANA-programmet omhandlende bentiske kiselalger. Der indgår desuden data for oplandskarakteristika, næringsstofkoncentrationer, BI5 og alkalinitet.

Langt hovedparten af data i NOVANA er indsamlet/tilvejebragt af medarbejdere i de statslige regionale enheder under Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø (SGAV) samt af en række konsulentfirmaer på vegne af enhederne.

Den økologiske overvågning i vandløb gennemføres med det formål at give et generelt overblik over danske vandløbs natur- og miljøtilstand, hvilket indebærer en tilstandsvurdering, der både omfatter biologiske- og fysisk-kemiske kvalitetslementer.

Et vigtigt formål med NOVANA er at kunne præsentere både en oversigt over den generelle økologiske tilstand i danske vandløb, men også at beskrive udviklingen i denne tilstand. Overvågningen sker som udgangspunkt mindst én gang i løbet af en seksårig periode, men på klimastationerne og DVFI-tidsseriestationerne foretages overvågningen hyppigere, henholdsvis hvert og hvert andet år.

Indsamlingen/tilvejebringelsen af data bygger på tekniske anvisninger for 'Delprogram for vandløb'.

## 1.2 Bentiske kiselalger

Denne rapport præsenterer data vedrørende bentiske kiselalger som indikator for den økologiske tilstand i danske vandløb i henhold til NOVANA-overvågningsprogrammet. Rapporten omhandler de rumlige og tidsmæssige variationer i økologisk kvalitet ved brug af bentiske kiselalger som bioindikatorer og betydningen af de vigtigste fysisk-kemiske vandkvalitetsvariabler.

Fytobenthos er en biologisk kvalitetsindikator i NOVANA-programmet for vandløb i Danmark, hvilket er i overensstemmelse med kravene i vandrammedirektivet (WFD). Bentiske kiselalger er valgt som et mål for fytobenthos (European Standard, 2003). Kiselalger er en udbredt og mangfoldig gruppe af akvatiske organismer, som på grund af deres følsomhed over for miljøforhold bruges til at vurdere de økologiske forhold i vandløb (Kelly *et al.*, 2008; Poikane *et al.*, 2016).

Det bentiske kiselalgeindeks, SID\_TID, er udviklet som en indikator til vurdering af danske vandløbs økologiske kvalitet (Andersen *et al.*, 2018; Baatrup-Pedersen *et al.*, 2021). Indekset sammenholdes med koncentrationen af ortofosfat ( $\text{PO}_4$ ) og er testet for forskellige størrelsesklasser af vandløb (Andersen *et al.*, 2018). Det har vist sig velegnet til at oversætte virkningerne af organisk forurening til en standardiseret måleenhed baseret på sammensætningen af bentiske kiselalger (Pacheco *et al.*, 2023; Baatrup-Pedersen *et al.*, 2021, 2024). Ud over  $\text{PO}_4$ , som er hovedindikatoren for organisk forurening i

vandløb, har indekset også vist en vigtig sammenhæng med alkalinitet (Baatrup-Pedersen *et al.*, 2022; Pacheco *et al.*, 2023). I danske vandløb hænger alkalinitet normalt sammen med naturlige faktorer, især jordtype, som varierer mellem geologiske regioner (georegioner), men øget alkalinitet kan også være afstedkommet af menneskelige påvirkninger som f.eks. landbrugets brug af gødning (Pacheco *et al.*, 2023). Både alkalinitet og næringsstofkoncentrationer kan påvirke den økologiske kvalitet vurderet ved SID\_TID. Rapporten fokuserer på analyse af PO<sub>4</sub> og alkalinitet som variabler, der påvirker sammensætningen af benthiske kiselalger og dermed den økologiske kvalitet vurderet af SID\_TID-indekset.

Rapporten præsenterer den økologiske tilstand i danske vandløb i henhold til SID\_TID-indekset, dets rumlige og tidsmæssige variation og dets sammenhæng med næringsstoffer og alkalinitet.

### 1.3 Datagrundlag

Rapporten præsenterer resultaterne af prøvetagningen af kiselalger på 795 kontrolovervågningsstationer heraf 35 år-år-stationer i vandløb i NOVANA-programmet for de seneste ti år, svarende til perioden 2013-2022. For kontrolovervågningsstationerne blev data indsamlet én eller to gange i løbet af rapporteringsperioden, mens data var tilgængelige for hvert år i hele perioden for år-år'-stationerne.

Kategoriene for vandløbenes økologiske tilstand er defineret ud fra SID\_TID-grænseværdierne, som er fastsat i 'bekendtgørelse om overvågning af overfladevandets, grundvandets og beskyttede områders tilstand og om naturovervågning af internationale naturbeskyttelsesområder nr. 792 (tabel 1.1).

**Tabel 1.1.** Grænser for kategoriene af økologisk tilstand for danske vandløb baseret på SID\_TID.

Indeksværdi SID_TID				
Reference-værdi	Grænse høj/god	Grænse god/moderat	Grænse moderat/ringe	Grænse ringe/dårlig
1,798	2,104	2,503	2,897	3,513

Fysisk-kemiske data varierer normalt betydeligt over tid og er markant forskellige mellem varmere og koldere måneder. Derfor bruger rapporten gennemsnittene af fysisk-kemiske data for perioden april-september (varmere måneder) for hvert år for hver prøvestation. Data på benthiske kiselalger kommer fra prøver indsamlet i den første halvdel af maj i henhold til teknisk anvisning TA V21 for fytobenthos i vandløb (Wiberg-Larsen *et al.*, 2023). Alle data, der anvendes i denne rapport, er hentet fra ODA-databasen (overfladevandsdatabasen, tilgængelig på <http://odaforalle.au.dk>).

Data blev analyseret samlet og efter georegion for at vurdere påvirkningen af den rumlige fordeling af de vurderede biologiske og miljømæssige variabler.

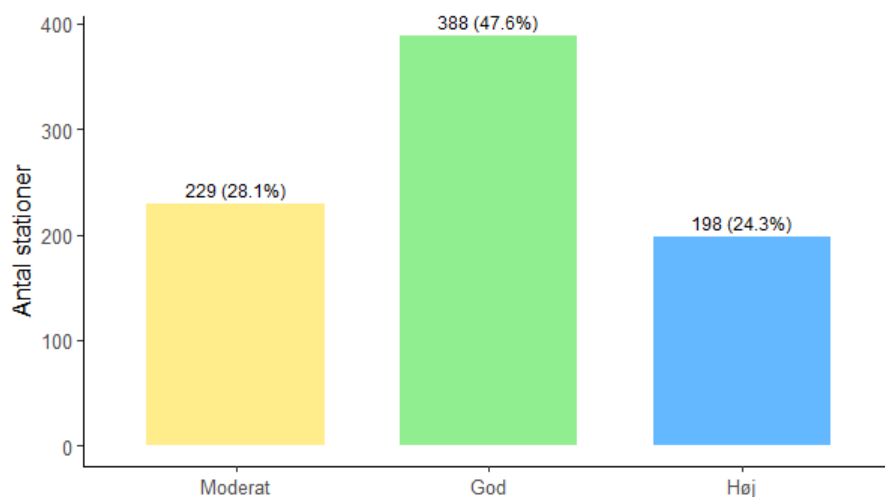
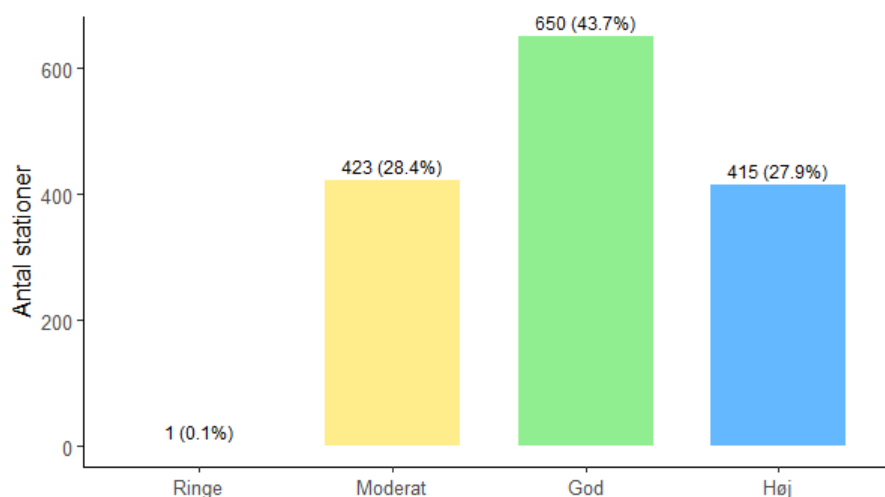
Data er analyseret på forskellige niveauer:

- Den overordnede økologiske tilstand vurderet af det bentiske algeindeks.
- Den geografiske fordeling af vandløbenes økologiske tilstand og tilknyttede fysisk-kemiske variabler.
- Indvirkningerne af oplandets karakteristika på den økologiske tilstand vurderet af det bentiske kiselalgeindeks.
- Tidsmæssige tendenser, herunder: 1) den tidsmæssige variation i SID\_TID-indeksets økologiske tilstand og de tilknyttede miljøvariabler og 2) de tidsmæssige tendenser i SID\_TID-indeksets økologiske tilstand på prøvetagningsstationerne på år-til-år stationerne.
- Sammenhængen mellem den økologiske tilstand vurderet af det bentiske algeindeks og miljøvariabler, herunder: 1) effekterne af fysisk-kemiske variabler på sammensætningen af bentiske kiselalger og regionale forskelle, 2) effekten af fysisk-kemiske variabler på EQR (SID\_TID) og 3) effekten af fysisk-kemiske variabler på EQR (SID\_TID) med hensyn til regionale forskelle.

## 2 Den overordnede økologiske tilstand vurderet af det bentiske kiselalgeindeks

Vandløbenes økologiske kvalitet vurderet ved hjælp af SID\_TID-indekset for bentiske kiselalger for perioden 2013-2022 var primært niveauerne 'God' eller 'Høj' (figur 2.1. og tabel 3.1.). Cirka 72 % af stationerne lå i hele perioden inden for 'God' og 'Høj', med næsten 30 % i 'Høj' (figur 2.1.). Dog lå næsten 30 % af det samlede antal prøver i perioden under grænserne for 'God' økologisk tilstand, næsten udelukkende i kategorien 'Moderat' (figur 2.1.).

**Figur 2.1.** Samlet antal og procentdel af vandløbsstationer i forhold til økologisk tilstandskategori iht. SID\_TID-indekset for hele perioden 2013-2022 (øverst) og de seneste data for hver station (nederst).



Når man sammenligner med de nyeste data for hver station (baseret på op til de tre seneste tilgængelige prøvetagninger), er næsten halvdelen af stationerne i 'God' økologisk tilstand, mens andelen af stationer i 'Høj' økologisk tilstand spænder fra 27,9% for hele perioden 2013-2022 til 24,4% for de seneste data. Desuden er andelen af stationer i 'Moderat' tilstand næsten uændret, mens der ikke er nogen stationer i 'Ringe' tilstand (figur 2.1.). Generelt viser de nyeste data en lavere andel af stationer i 'God' økologisk tilstand sammenlignet med hele perioden. Disse resultater viser den mest aktuelle situation for SID\_TID sammenlignet med hele datasættet for den analyserede periode 2013-2022 og repræsenterer den nuværende økologiske tilstand på

stationerne, hvor der foretages prøvetagning af bentiske kiselalger. De bør dog ikke fortolkes som tidsmæssige tendenser for det samme sæt stationer, men som et øjebliksbillede af de nyeste forhold for SID\_TID-indeksets vurdering af økologiske kvalitet på prøvetagningsstationerne.

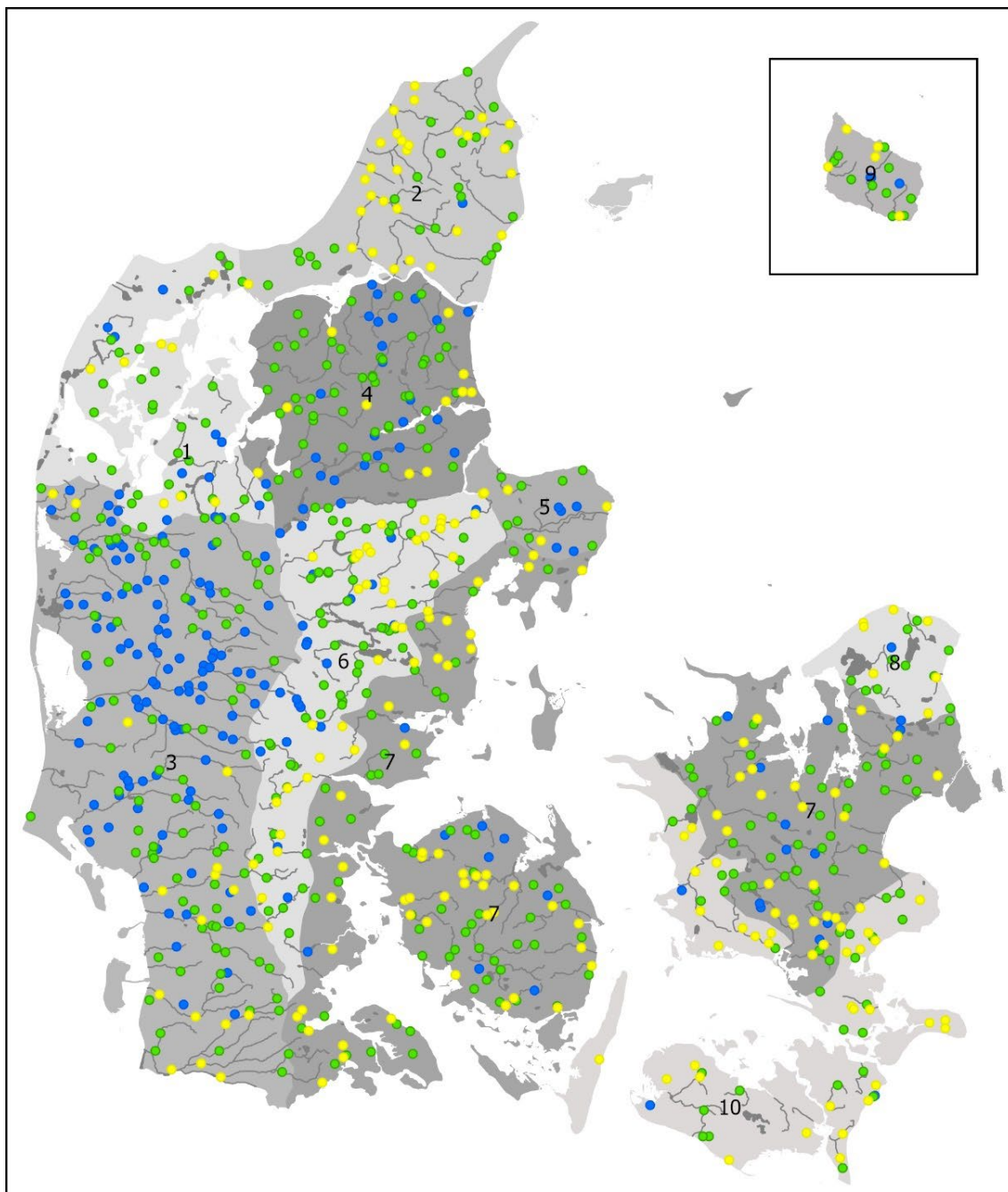
### 3 Geografisk fordeling i den økologiske tilstand af vandløb

Den geografiske fordeling af SID\_TID-kategorier, alkalinitet, BI5 og næringsstoffer i de varmere måneder i vandløb blev vurderet for at fastslå mulige forskelle i økologisk kvalitet og tilknyttede miljøvariabler mellem Danmarks georegioner. Koncentrationerne af alkalinitet og totalindhold og opløste næringsstoffer i vandløbene viste en stor variation på både regionalt og overordnet niveau i perioden 2013-2022 (tabel 3.1.). Alkaliniteten var generelt lavere i Vestjylland og Midtjylland og højere i Sydøstdanmark og Østdanmark (tabel 1.1). Tilsvarende var total fosfor og PO<sub>4</sub> generelt lavere i Vestjylland og Midtjylland, mens de højeste værdier blev fundet på Djursland og i Sydøstdanmark (tabel 3.1.). Dog blev de højeste værdier af total kvælstof og NO<sub>2-3</sub> observeret på Djursland og i Himmerland (tabel 3.1.).

Den økologiske kvalitet baseret på SID\_TID viste ligeledes generelt lav variation mellem regionerne (tabel 3.1.), med undtagelse af Vestjylland, hvor de fleste stationsprøver havde en høj ('Høj') kvalitetsprocent med cirka dobbelt så høj en procentdel som i de øvrige regioner (tabel 3.1.). Omvendt havde Østdanmark, Sydøstdanmark og Nordjylland den laveste andel af stationer med 'Høj' økologisk kvalitet og den højeste andel 'Moderat' økologisk kvalitet. I de øvrige regioner var de fleste stationer i 'God' økologisk tilstand iht. SID\_TID-kategoriseringen (tabel 3.1.).

På grund af forskelle i indsamlingsår mellem prøvetagningsstationerne for benthiske kiselalger blev analysen af økologisk kvalitet baseret på gennemsnittet af de senest tilgængelige prøver for hver station. For stationer med hyppigere prøvetagning (fx år-år stationer) blev de seneste tre prøver taget i betragtning, mens en eller to prøver blev anvendt for de øvrige stationer.

Data for de seneste prøvetagninger viser lignende resultater som det samlede datasæt fra 2013-2022 med en stor andel stationer i 'God' eller 'Høj' økologisk tilstand (figur 3.1. og figur 3.2.). Vestjylland er generelt i den højeste økologiske kvalitet, der gennemsnitligt lå inden for 'Høj'-området (figur 3.1.). Desuden har Vestjylland de laveste gennemsnitsværdier for alkalinitet, BI5 og PO<sub>4</sub> (figur 3.2.). Omvendt har Sydøstdanmark og Nordjylland den laveste økologiske kvalitet, som gennemsnitligt er i 'Moderat'-området (figur 3.2.). Sydøstdanmark har også de højeste gennemsnitsværdier for alkalinitet, BI5 og PO<sub>4</sub> (figur 3.2.).



Georegion

- 1 Thy
- 2 Nordjylland
- 3 Vestjylland
- 4 Himmerland
- 5 Djursland
- 6 Midtjylland
- 7 Østdanmark
- 8 Nordsjælland
- 9 Bornholm
- 10 Sydøstdanmark

Tilstand (SID-TID)

- Høj
- God
- Moderat

**Figur 3.1.** Kategorier af økologisk tilstand for vandløb iht. SID\_TID-indekset pr. region, baseret på gennemsnittet af de seneste data for hver station i perioden 2013-2022.



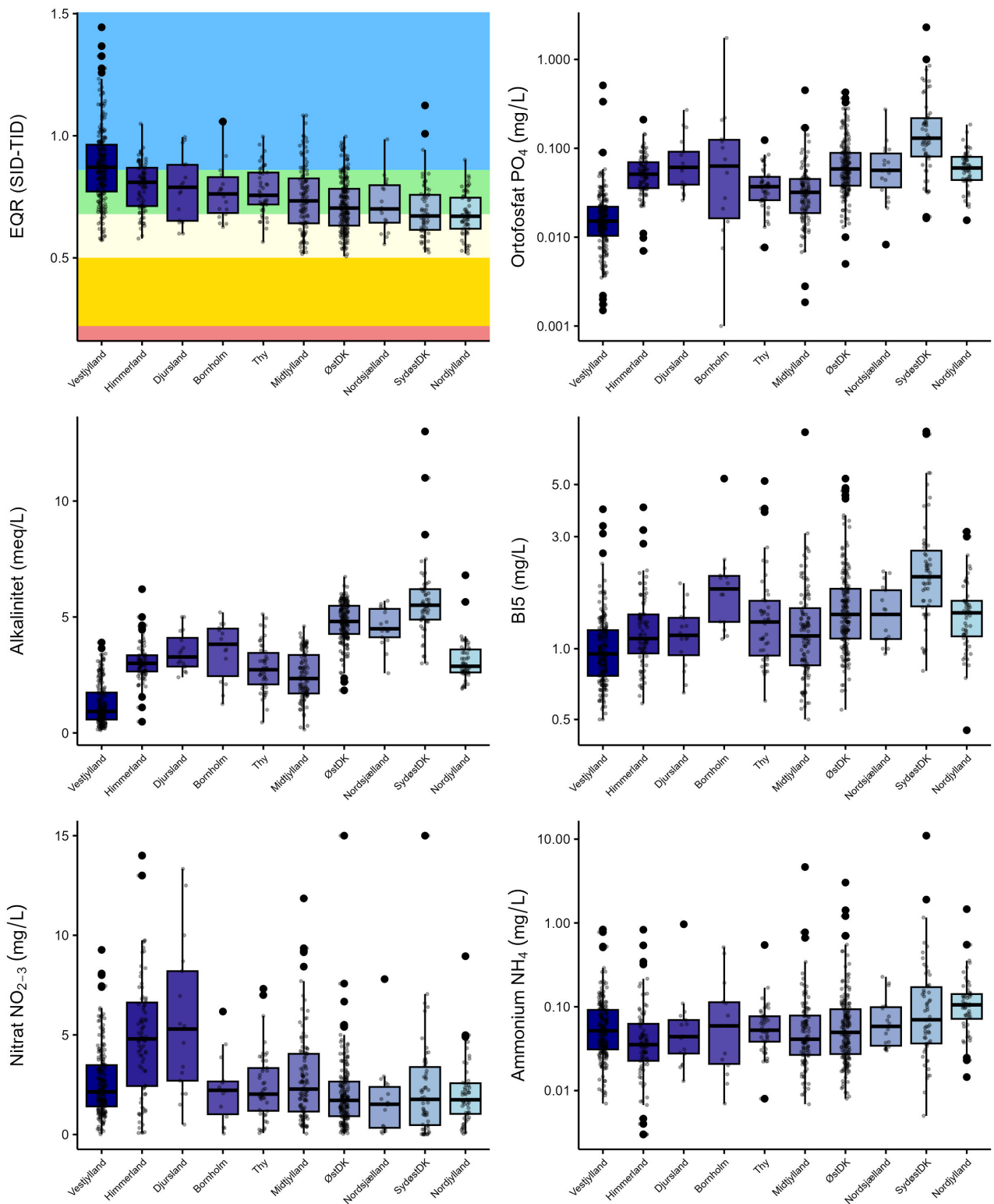
**Table 3.1.** Alkalinity and nutrients in water according to georegion for Danish water bodies in the period 2013-2022. Mean, standard deviation (in parentheses) and interval (min.-max.).

Region	Alkalinity (meq/L)	TP (mg/L)	PO <sub>4</sub> (mg/L)	TN (mg/L)	NO <sub>2-3</sub> (mg/L)	NH <sub>4</sub> (mg/L)
<b>Thy</b>	2,80 (1,11)	0,10 (0,10)	0,04 (0,02)	2,97 (1,48)	2,47 (1,68)	0,07 (0,07)
	0,36 - 5,15	0,02 - 0,73	0,01 - 0,17	0,51 - 7,2	0,07 - 8,97	0,01 - 0,55
<b>Nordjylland</b>	3,11 (0,80)	0,14 (0,06)	0,07 (0,03)	2,87 (1,47)	2,21 (1,56)	0,14 (0,18)
	1,90 - 6,80	0,04 - 0,35	0,02 - 0,19	0,91 - 9,05	0,03 - 8,95	0,01 - 1,46
<b>Vestjylland</b>	1,24 (0,86)	0,06 (0,07)	0,02 (0,04)	2,91 (1,66)	2,36 (1,52)	0,07 (0,10)
	0,11 - 3,9	0,01 - 0,94	0,01 - 0,58	0,36 - 10,10	0,01 - 9,27	0,01 - 1,28
<b>Himmerland</b>	2,96 (0,75)	0,09 (0,04)	0,06 (0,03)	5,85 (3,00)	5,38 (3,01)	0,06 (0,10)
	0,42 - 6,2	0,03 - 0,25	0,01 - 0,21	0,64 - 16,0	0,08 - 14,00	0,01 - 0,83
<b>Djursland</b>	3,67 (1,23)	0,46 (1,35)	0,21 (0,52)	9,04 (10,26)	5,18 (3,59)	2,06 (8,93)
	2,2 - 7,7	0,05 - 5,50	0,03 - 2,50	1,35 - 45,0	0,38 - 13,33	0,01 - 42,0
<b>Midtjylland</b>	2,36 (1,00)	0,08 (0,07)	0,04 (0,04)	3,07 (2,25)	2,56 (2,17)	0,08 (0,33)
	0,13 - 4,65	0,01 - 0,65	0,01 - 0,45	0,11 - 11,0	0,04 - 12,7	0,01 - 4,65
<b>Østdanmark</b>	4,76 (1,37)	0,12 (0,08)	0,07 (0,06)	2,62 (1,65)	1,86 (1,46)	0,09 (0,23)
	1,8 - 24,0	0,03 - 0,55	0,01 - 0,43	0,36 - 16,00	0,02 - 15,0	0,01 - 3,03
<b>Nordsjælland</b>	4,45 (0,79)	0,13 (0,10)	0,06 (0,06)	2,12 (1,76)	1,23 (1,57)	0,07 (0,06)
	2,5 - 5,7	0,04 - 0,49	0,01 - 0,32	0,48 - 8,10	0,06 - 7,8	0,01 - 0,28
<b>Bornholm</b>	3,15 (1,38)	0,24 (0,56)	0,18 (0,45)	2,62 (2,42)	2,02 (2,29)	0,11 (0,21)
	1,25 - 5,2	0,02 - 2,30	0,01 - 2,00	0,63 - 11,99	0,05 - 10,85	0,01 - 0,97
<b>Sydøstdanmark</b>	5,53 (1,66)	0,39 (1,06)	0,25 (0,59)	3,91 (7,38)	1,93 (2,29)	0,81 (5,95)
	3,0 - 14,0	0,03 - 8,20	0,02 - 5,40	0,71 - 65,00	0,01 - 15,0	0,01 - 61,0
<b>Overall</b>	3,07 (1,85)	0,13 (0,37)	0,07 (0,20)	3,34 (3,27)	2,57 (2,23)	0,16 (1,97)
	0,11 - 24,0	0,01 - 8,20	0,01 - 5,40	0,11 - 65,00	0,01 - 15,0	0,01 - 61,0

Indikatorerne for organisk forurening, PO<sub>4</sub> og BI<sub>5</sub>, viste det samme mønster som alkalinitet for de forskellige georegioner. Omvendt var nitrat- og ammoniumniveauerne meget forskellige (figur 3.2.)

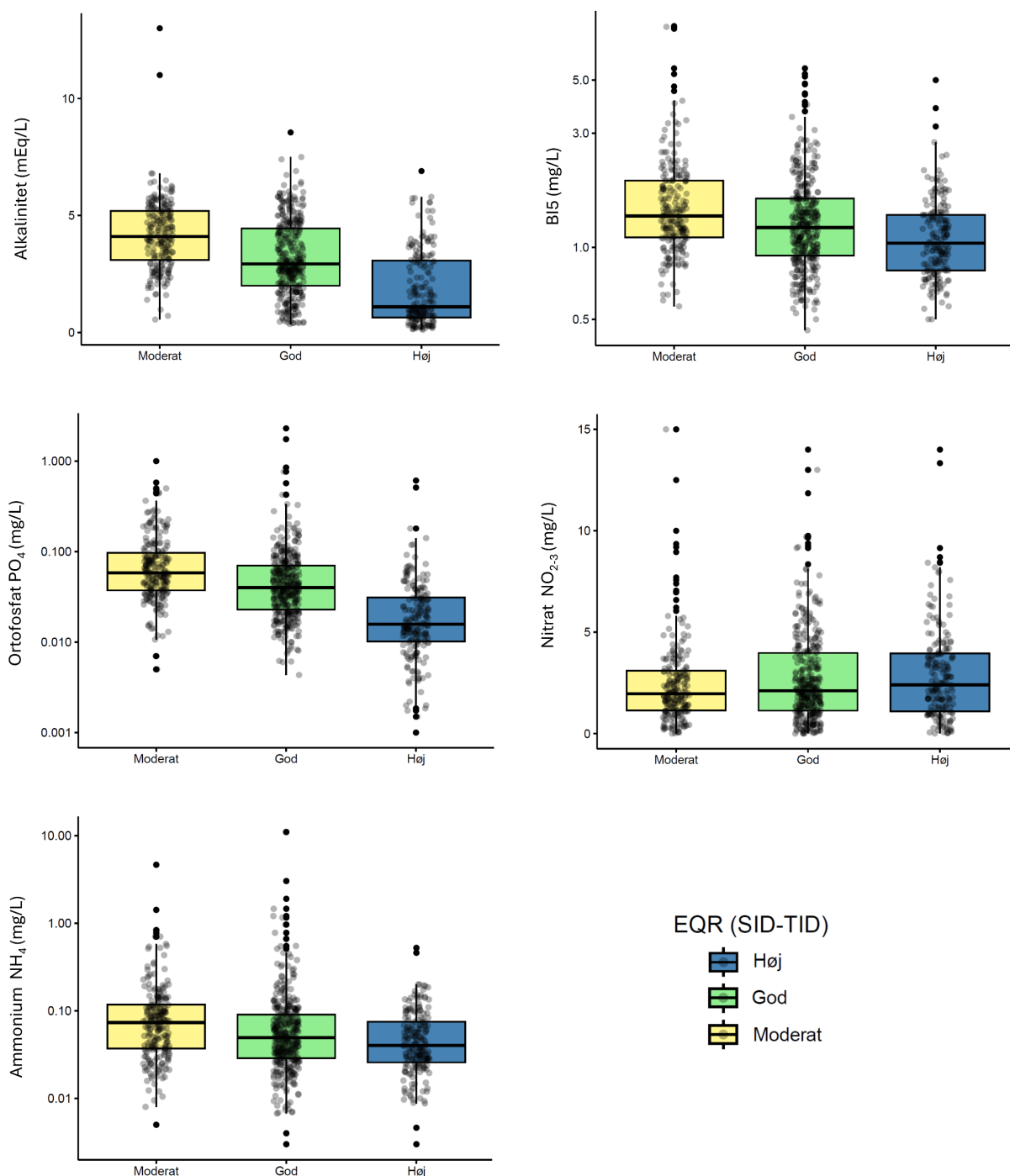
**Tabel 3.2.** SID\_TID, EQR(SID\_TID) og andel af vandløbsstationer for hver kategori af økologisk tilstand baseret på SID\_TID. Der angives gennemsnit, standardafvigelse (i parentes), interval (min.-maks.) for de to indeksværdier og procentdel stationer per kategori for perioden 2013-2022.

Region	SID_TID	EQR (SID_TID)	Ringe (%)	Moderat (%)	God (%)	Høj (%)
<b>Thy</b>	2,30 (0,24)	0,77 (0,11)	0	22,9	52,9	24,3
	1,81 - 2,79	0,55 - 1,00				
<b>Nordjylland</b>	2,52 (0,20)	0,67 (0,09)	0	57,1	37,7	5,2
	2,02 - 2,88	0,51 - 0,90				
<b>Vestjylland</b>	2,06 (0,35)	0,88 (0,16)	0,25	8,9	36,2	54,7
	0,82 - 2,93	0,49 - 1,44				
<b>Himmerland</b>	2,24 (0,22)	0,80 (0,10)	0	12,6	57,9	29,6
	1,69 - 2,85	0,52 - 1,05				
<b>Djursland</b>	2,31 (0,28)	0,77 (0,13)	0	33,3	41,7	25,0
	1,81 - 2,68	0,60 - 0,99				
<b>Midtjylland</b>	2,32 (0,32)	0,77 (0,14)	0	29,7	45,9	24,4
	1,43 - 2,88	0,51 - 1,17				
<b>Østdanmark</b>	2,42 (0,26)	0,72 (0,12)	0	42,6	45,4	12,0
	1,57 - 2,89	0,51 - 1,11				
<b>Nordsjælland</b>	2,36 (0,25)	0,75 (0,11)	0	32,4	47,1	20,6
	1,83 - 2,78	0,56 - 0,99				
<b>Bornholm</b>	2,25 (0,32)	0,80 (0,15)	0	31,3	43,8	25,0
	1,57 - 2,71	0,59 - 1,11				
<b>Sydøstdanmark</b>	2,48 (0,26)	0,69 (0,12)	0	54,1	37,8	8,1
	1,53 - 2,87	0,52 - 1,12				
<b>Overall</b>	2,28 (0,33)	0,78 (0,15)	0,1	28,4	43,7	27,9
	0,82 - 2,93	0,49 - 1,44				



**Figur 3.2.** Økologisk tilstand iht. EQR (SID\_TID)-indekset, alkalinitet, BI<sub>5</sub> og næringsstoffer i vandløb pr. region, baseret på gennemsnittet af de seneste data for hver station i perioden 2013-2022. De farvede EQR (SID\_TID)-områder angiver de økologiske tilstandskategorier, hvor blå = Høj, grøn = God, gul = Moderat, orange = Ring og rød = Dårlig

Både alkalinitet og indikatorerne for organisk forurening,  $\text{PO}_4$  og BI5, er korreleret med SID\_TID-indekset, således at et fald i de to parametre hænger sammen med en stigning i indekset (figur 3.3., tabel 3.3.). Alkalinitet udviste de største forskelle mellem kategorierne for økologisk kvalitet, efterfulgt af BI5, mens  $\text{PO}_4$  kun viste forskelle mellem 'Høj' og de øvrige kategorier (tabel 3.3.).



**Figur 3.3.** Alkalinitet, BI5 and næringsstovværdier i vandløb iht. EQR (SID\_TID)-kategorierne for økologisk tilstand, baseret på gennemsnittet af de seneste data for hver station i perioden 2013-2022.

**Tabel 3.3.** Sammenligning af miljøvariable iht. SID\_TID-indeksets økologiske tilstandskategorier. Resultater af ANOVA og Tukey post-hoc test.

Variabel	ANOVA		Tukey sammenligning af kategorier ( $p < 0,05$ )
	F	p-værdi	
<b>Alkalinitet</b>	113,00	< 0,01	Moderat > God > Høj
<b>BI5</b>	17,08	< 0,01	Moderat > God > Høj
<b>PO<sub>4</sub></b>	11,71	< 0,01	Moderat = God > Høj
<b>NO<sub>2-3</sub></b>	1,37	0,26	Moderat = God = Høj
<b>NH<sub>4</sub></b>	1,83	0,16	Moderat = God = Høj

Derimod viste kvælstofniveauerne, målt som nitrat (NO<sub>2-3</sub>) og ammonium (NH<sub>4</sub>), ikke at have betydning for den økologiske tilstand (figur 3.3., tabel 3.3.). Dette indikerer overordnet, at SID\_TID er velegnet som økologisk indikator for organisk forurening relateret til PO<sub>4</sub>, især for de højere niveauer af økologisk tilstand. Resultaterne understøtter også den stærke sammenhæng mellem alkalinitet og SID\_TID-indeksets økologiske kvalitetsniveauer samt med BI5, hvilket stemmer overens med tidligere resultater.

Det er relevant at fremhæve alkalinitetens og BI5's rolle i forhold til SID\_TID-niveauerne, da disse variabler var mere forbundet med kategorierne af økologisk kvalitet end PO<sub>4</sub>, som er den indikator, SID\_TID-indekset oprindeligt blev udviklet og testet på.

Resultaterne tyder også på, at SID\_TID ikke er egnet til at vurdere de økologiske effekter af kvælstof på fytobenthos, da kvælstofniveauer ikke er forbundet med SID\_TID-kategorierne i vandløb.

## 4 Oplandskarakteristika

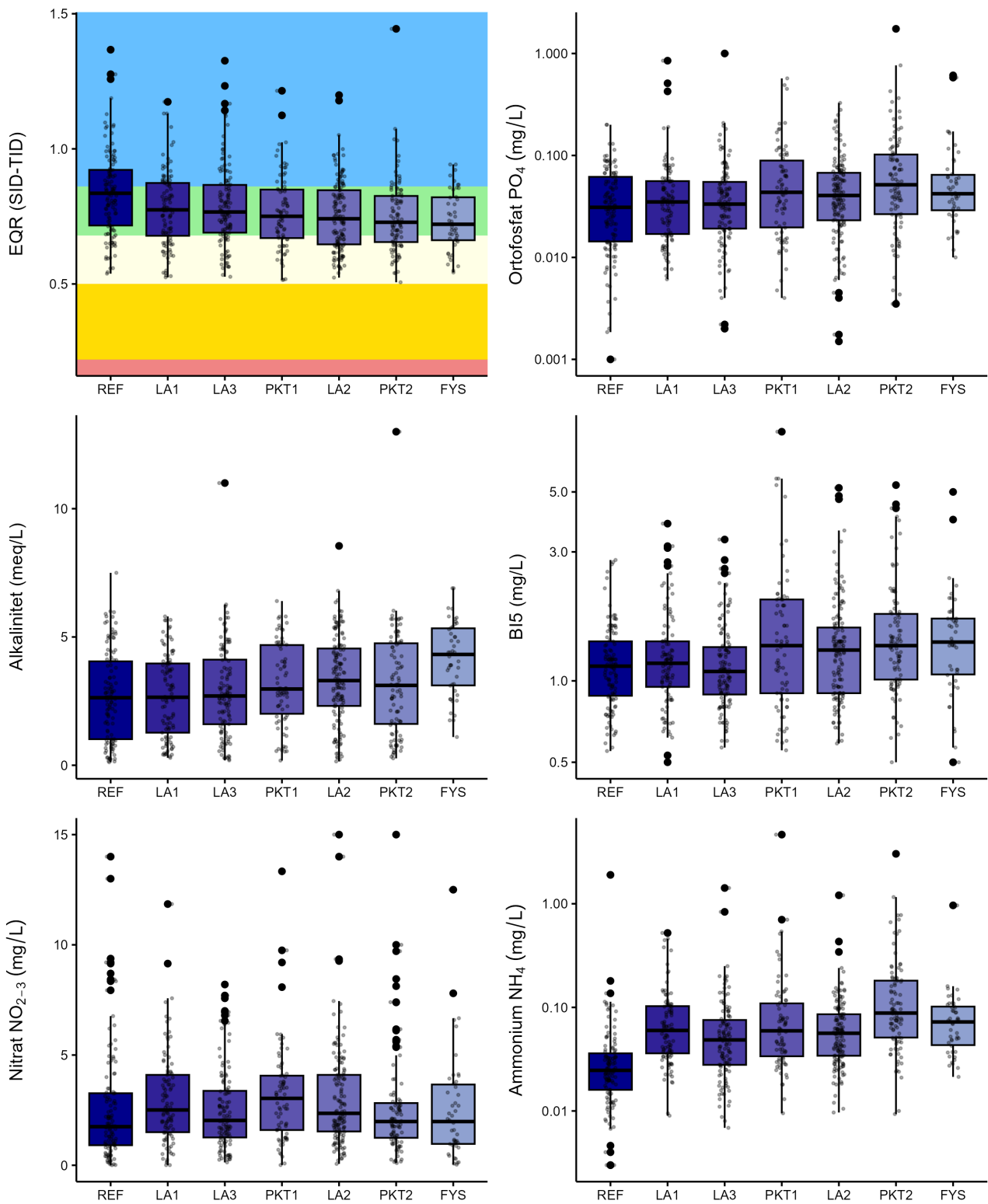
Til at vurdere den potentielle effekt af forskellige oplandskarakteristika, f.eks. landbrug, punktkilder, jordtype, topografi og brug af randzonen, på vurderingen af økologisk tilstand med SID\_TID benyttede vi 'Påvirkning'-kategoriseringen af prøvetagningsstationerne (Friberg *et al.*, 2005). Denne klassifikation inddeler prøvetagningsstationerne i syv grupper baseret på deres oplandskarakteristika (tabel 4.1.).

**Tabel 4.1.** Påvirkning af prøvetagningsstationerne iht. type og tilhørende karakteristiske træk. Tilpasset fra Friberg *et al.* (2005).

Type	Karakteristika
<b>Landbrug I (LA 1)</b>	Opland domineret af landbrug (>50 %), sand/leret sand, kuperet topografi, landbrugsaktiviteter i randzoner.
<b>Landbrug II (LA 2)</b>	Opland domineret af landbrug (>50 %), variabel jordtype, variabel topografi, landbrugsaktiviteter i randzoner, herunder græsningsarealer.
<b>Landbrug III (LA 3)</b>	Opland domineret af landbrug (>50 %), variabel jordtype, variabel topografi, ingen eller få landbrugsaktiviteter i randzoner.
<b>Punktkilde I (PKT1)</b>	Opland domineret af landbrug (>50 %), variabel jordtype, variabel topografi, varierende brug af randzoner, væsentligt bidrag fra spredt bebyggelse.
<b>Punktkilde II (PKT2)</b>	Opland med variabel arealanvendelse, variabel jordtype, variabel topografi, varierende brug af randzoner, kendt og væsentlig punktkilde.
<b>Habitat (FYS)</b>	Opland domineret af landbrug (>50 %), variabel jordtype, variabel topografi, ingen eller få landbrugsaktiviteter i randzoner, ingen væsentlige punktkilder, betydelig habitatforstyrrelse, herunder grødeskæring.
<b>Reference (REF)</b>	Opland domineret af natur eller mindre intensiv landbrugsaktivitet, variabel jordtype, variabel topografi, ingen eller få landbrugsaktiviteter i randzoner, ingen væsentlige punktkilder, ingen væsentlig habitatforstyrrelse.

Ifølge denne klassifikation er referencestationerne (REF) mindst påvirket af menneskelige aktiviteter og er domineret af et naturligt opland eller aktiviteter med lav påvirkning.

Baseret på integrerede data fra de senest tilgængelige prøver for hver station var der ikke klare sammenhænge mellem påvirkningskategorierne og økologisk tilstand (figur 4.1.). Generelt havde referencestationerne en anelse højere gennemsnitsværdier for økologisk kvalitet, men disse forskelle var kun signifikante sammenlignet med LA2-, PKT2- og FYS-kategorierne, som gennemsnitligt havde den laveste økologiske kvalitet (figur 4.1.). Tilsvarende viste de fysisk-kemiske variabler ikke markante forskelle mellem påvirkningskategorierne, bortset fra højere gennemsnitsværdier for alkalinitet på steder med fysisk forstyrrelse (FYS) og lavere gennemsnitsværdier for ammonium på referencestationerne (REF, figur 4.1.).



**Figur 4.1.** Økologisk tilstand iht. EQR (SID\_TID)-indekset, alkalinitet, BI5 og næringsstoffer i vandløb pr. påvirkningskategori, baseret på gennemsnittet af de seneste data for hver station i perioden 2013-2022. Farvede områder i EQR (SID\_TID) angiver kategorierne af økologisk tilstand, hvor blå = Høj, grøn = God, gul = Moderat, orange = Ringe og rød = Dårlig. Påvirkningskategoriernes karakteristika er forklaret i tabel 4.1.

Resultaterne viser, at der ikke er nogen sammenhæng mellem påvirkningskategoriseringen og vandløbenes økologiske kvalitet vurderet af SID\_TID, hvilket betyder, at oplandets potentielle påvirkning, karakteriseret ved påvirkningskategorierne, ikke afspejles i den økologiske kvalitet beregnet af SID\_TID, i det mindste ikke på kategoriniveau. Dette udelukker dog ikke, at

kategoriernes forskellige påvirkninger kan indvirke på vandløbenes økologiske tilstand. Disse indvirkninger er blot ikke tydelige i forhold til kategorierne. Det er vigtigt at overveje, at karakteristika som fx arealanvendelse, topografi, punktkilder og randzonen i hver påvirkningskategori kan påvirke bentiske kiselalger på forskellig vis. Selv om der ikke er nogen tydelig effekt på SID\_TID-kategorierne på påvirkningskategoriens aggregerede niveau, er det vigtigt at tage højde for de forskellige effekter, som disse forskellige påvirkninger kan have på bentiske kiselalger, og at afveje, hvilke af disse påvirkninger der kan afspejles fyldestgørende i den økologiske kvalitet, som indekset beregner.

Det er vigtigt at bemærke, at denne kategorisering i påvirkningstyper ikke er opdateret, og derfor kan de angivne påvirkninger være ændret i forhold til den kategorisering, der er anvendt i denne rapport. Især kan der være sket ændringer i påvirkningerne forbundet med punktkilder. Dette kan maskere effekterne af påvirkningerne på SID\_TID, så disse relationer bør overvejes nøje og genovervejes, når der foreligger en opdateret klassificering af påvirkningstyperne.

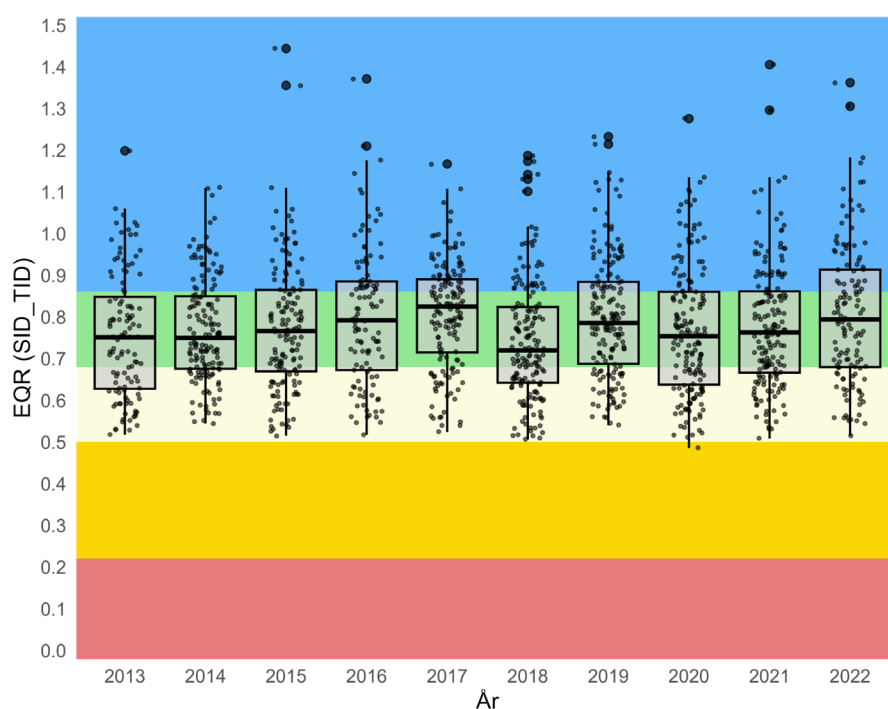


## 5 Tidsmæssige tendenser

### 5.1 Tidsmæssig variation i SID\_TID-indekset og tilknyttede miljøvariable

Vandløbenes økologiske tilstand vurderet ved hjælp af SID\_TID viste ikke væsentlige ændringer i perioden 2013-2022 (figur 5.1.). I hele perioden forblev den gennemsnitlige EQR (SID\_TID) inden for intervallet, der svarer til 'God' økologisk tilstand. Dog havde stationerne, der blev prøvetaget i 2018, en lavere økologisk kvalitet sammenlignet med andre år (ANOVA  $F=3,4$ ,  $p<0,01$ ), hvilket var den eneste signifikante forskel i økologisk kvalitet mellem årene. Specifikt havde stationerne, der blev prøvetaget i 2018, en lavere gennemsnitlig økologisk kvalitet sammenlignet med de to foregående år (2016,  $F=0,1$ ,  $p=0,04$  og 2017,  $F=0,2$ ,  $p<0,01$ ), det følgende år (2019,  $F=0,1$ ,  $p=0,01$ ) og 2022 ( $F=0,1$ ,  $p=0,01$ ). I hele perioden faldt kun én station, prøvetaget i 2020, inden for intervallet af 'Ringe' økologisk tilstand, og ingen stationer lå i kategorien 'Dårlig' (figur 5.1.).

**Figur 5.1.** Økologisk tilstand iht. EQR (SID\_TID) -indekset i vandløb pr. år for perioden 2013-2022. Farvede områder for EQR (SID\_TID) angiver kategorierne for økologisk tilstand, hvor blå = Høj, grøn = God, gul = Moderat, orange = Ringe og rød = Dårlig.

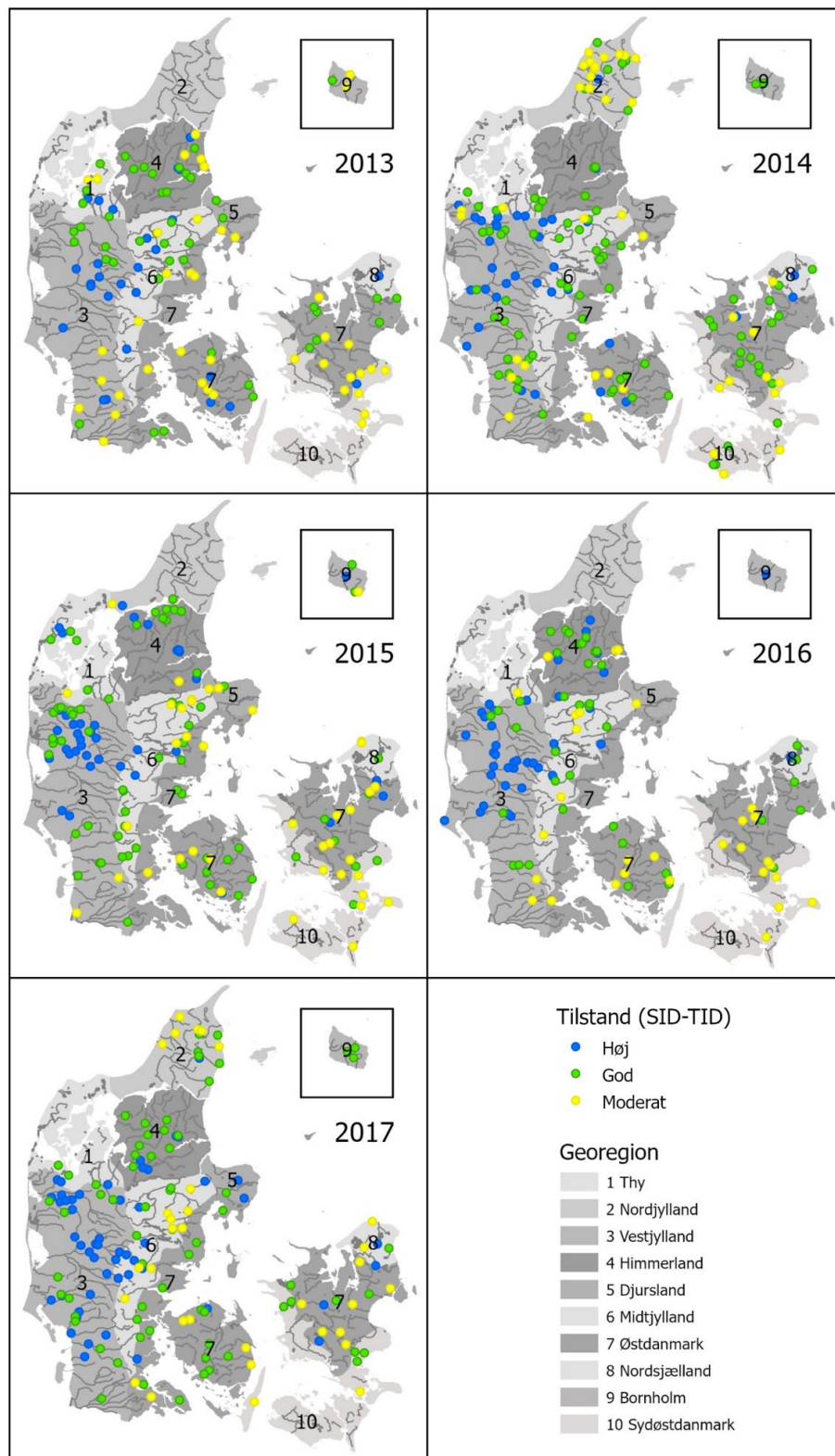


Det er vigtigt at understrege, at disse mønstre ikke kun integrerer de mulige tidsmæssige ændringer på stationerne, der er blevet prøvetaget løbende over tid, men også ændringer på prøvetagningsstationerne årene imellem. Dette skyldes, at der hvert år – ud over de 35 'år-år'-stationer, der prøvetages kontinuerligt hvert år – tages prøver fra forskellige landsnetstationer. Derfor bør disse integrerede værdier for økologisk kvalitet kun betragtes som tilstanden på de stationer, der er prøvetaget i det pågældende år.

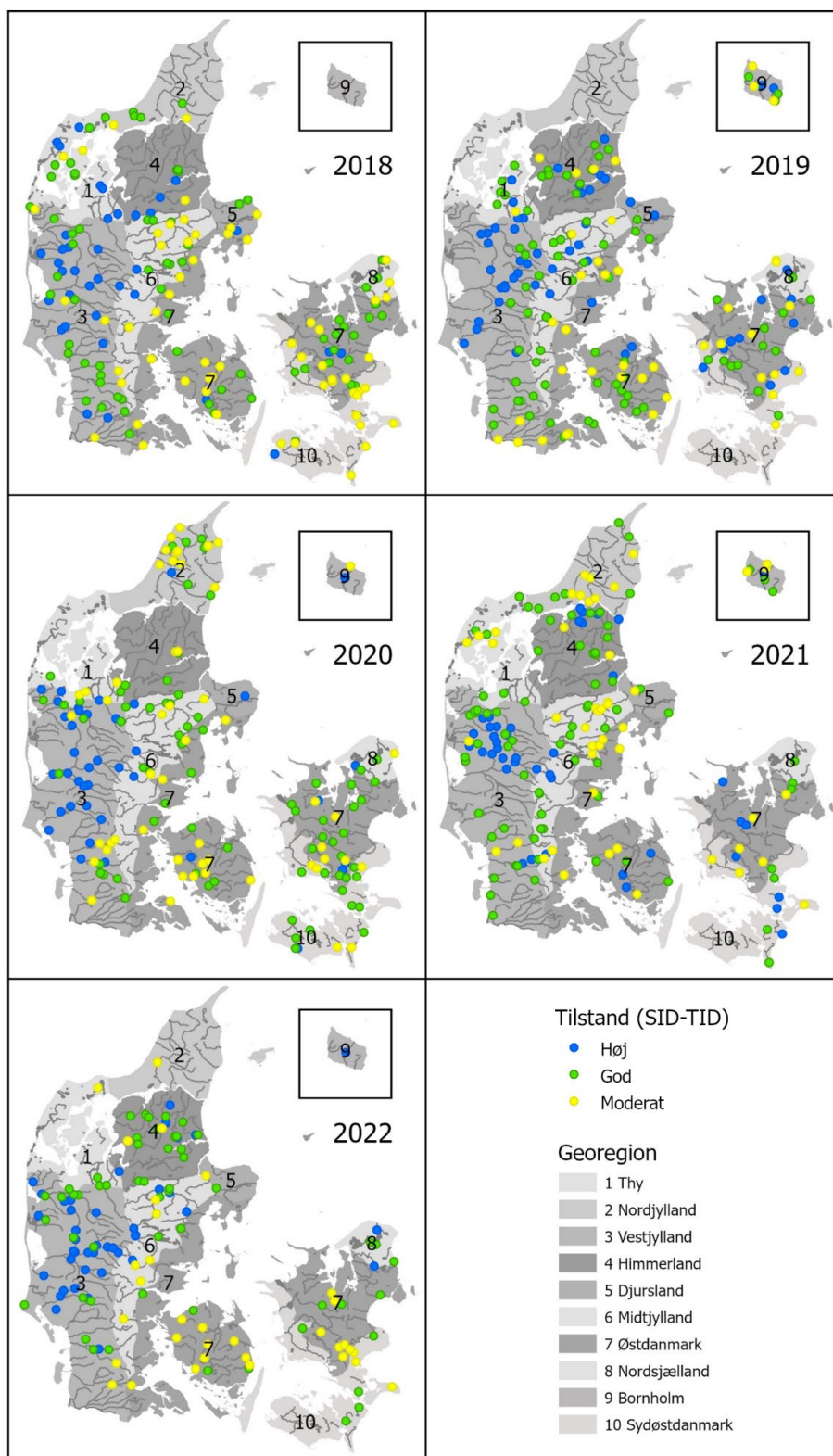
De økologiske tilstandsintervaller for hver station, der blev prøvetaget hvert år i perioden 2013-2022, er vist i figurerne 5.2. og 5.3. Regionerne havde uens

prøvetagningsfrekvenser, hvor nogle regioner som fx Nordjylland blev prøvetaget mindre hyppigt (figur 5.2. og 5.3.). I denne periode var den økologiske tilstand (SID\_TID) særligt høj i Vestjylland, hvor en betydelig andel af stationerne lå i intervallet 'Høj' (figur 5.2. og 5.3.). Vestjylland havde også de laveste gennemsnitsværdier for alkalinitet og PO<sub>4</sub> og BI5, som er indikatorer for organisk forurening (figur 3.2.).

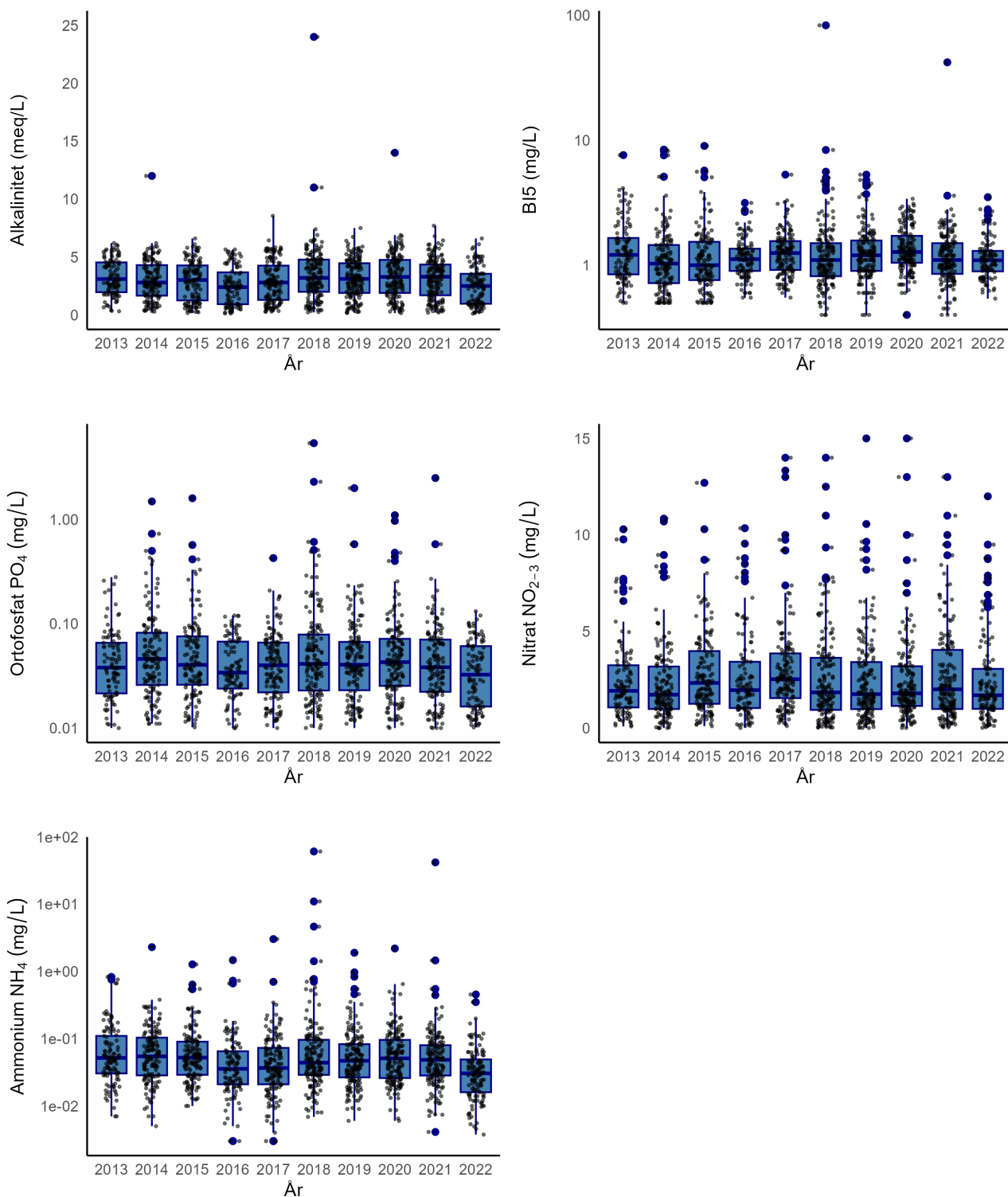
**Figur 5.2.** Økologisk tilstand i de 10 georegioners vandløb iht. SID\_TID-indeksets kategorier i årene 2013-2017.



**Figur 5.3.** Økologisk tilstand i de 10 georegionernes vandløb iht. SID\_TID-indeksets kategorier i årene 2018-2022.



Tilsvarende viste de tilknyttede miljøvariabler, alkalinitet, BI5 og næringsstoffer ( $\text{PO}_4$ ,  $\text{NO}_{2-3}$ , og  $\text{NH}_4$ ), ingen signifikant variation mellem årene med undtagelse af nogle specifikke tilfælde for alkalinitet og  $\text{PO}_4$  (figur 5.4.).



**Figur 5.4.** Alkalinitet, BI5 og næringsstoffer i danske vandløb i perioden 2013-2022.

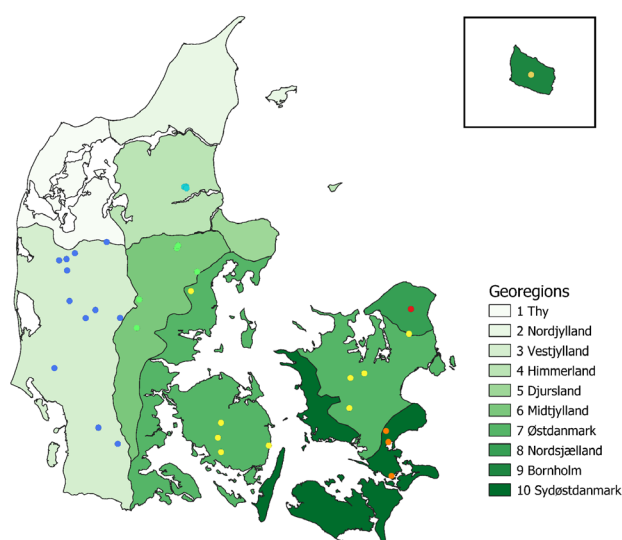
Alkalinitet viste signifikante forskelle mellem årene (ANOVA  $F=4,3$ ,  $p<0,01$ ), særligt i 2018, hvor alkaliniteten var signifikant højere end på stationerne, hvorpå der blev taget prøver i 2016 og 2022 (henholdsvis  $F=1,7$ ,  $p<0,01$  og  $F=0,3$ ,  $p<0,01$ ). PO<sub>4</sub> viste også forskelle imellem årene (ANOVA  $F=2,0$ ,  $p<0,01$ ), hvilket dog udelukkende var forbundet med en anelse højere koncentrationer i 2018 sammenlignet med 2022 ( $F=0,01$ ,  $p=0,03$ ).

Der blev ikke observeret signifikante forskelle mellem årene for nogen af de andre analyserede miljøvariabler, men selv om forskellene var relativt små, underbygger de yderligere den negative sammenhæng mellem økologisk kvalitet og alkalinitet og, i mindre grad, PO<sub>4</sub> vurderet ved hjælp af SID\_TID. Som nævnt ovenfor forhindrer variationen i prøvetagningsstationer mellem årene en analyse af de tidsmæssige mønstre i ændringerne i økologisk kvalitet og de tilknyttede miljøvariabler. Derfor blev de tidsmæssige tendenser for økologisk tilstand og tilknyttede miljøvariabler i stedet analyseret for de 35 'år-år'-stationer.

## 5.2 Tidsmæssige tendenser i SID\_TID-indeksets økologiske tilstand på stationerne med årlig prøvetagning

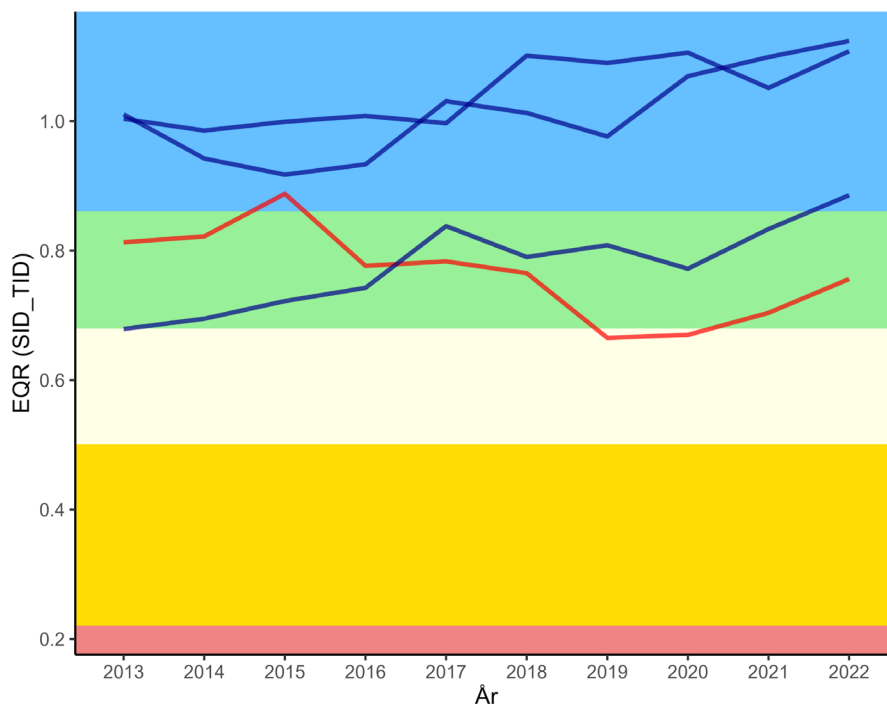
'År-år'-prøvetagningsstationerne blev anvendt til at analysere tidsmæssige tendenser i økologisk kvalitet vurderet af SID\_TID og tilknyttede miljøvariabler. Ud af de i alt 35 stationer blev 34 stationer, der havde et komplet sæt årlige prøver for de ti år i perioden 2013-2022, analyseret. 'År-år'-stationerne findes i de fleste georegioner med undtagelse af Thy, Nordjylland og Djursland, og en stor del af stationerne ligger i Vestjylland (12 ud af de 34 stationer, figur 5.5.).

**Figur 5.5.** Placering af de 34 'år-år'-stationer gennem hele perioden 2013-2022. Stationernes farver afspejler de forskellige georegioner.



Variationen i EQR (SID\_TID) blev først analyseret ved hjælp af en Mann-Kendall-test for at beregne de tidsmæssige tendenser. Kun tre ud af de 34 analyserede stationer viste en signifikant stigning i EQR (SID\_TID) over tid, og én station viste et fald (figur 5.6., tabel 5.1.).

**Figur 5.6.** EQR (SID\_TID) gennem årene for klima år-år stationerne med en signifikant positiv tendens (blå streger) og en negativ tendens (rød streg).



Især en af stationerne viste et markant skifte i EQR (SID\_TID)-kategori, hvor den gik fra grænsen mellem 'Moderat' og 'God' i 2013 til 'Høj' økologisk tilstand i 2022 (figur 5.6.). De tre stationer, der udviste en positiv tendens i økologisk kvalitet (EQR SID\_TID), lå i Vestjylland, som er regionen med den gennemsnitligt højeste økologiske tilstand og de laveste værdier for PO<sub>4</sub>, alkalinitet og BI5 (figur 3.2.). Den eneste station med en negativ tendens ligger i Himmerland.

Resten af stationerne med årlig overvågning viste ingen signifikante tidsmæssige tendenser i EQR ( $p > 0,05$ ) og havde 'God' eller 'Høj' økologisk tilstand.

**Tabel 5.1.** Resultater af Mann-Kendall-test af EQR (SID\_TID)-tendenser for perioden 2013-2022.

Station	Hældning	Skæringspunkt	Z_EQR	p-værdi
25000018	0,021	0,895	2,33	0,02
25000639	0,014	0,954	2,33	0,02
38000106	0,022	0,662	2,86	< 0,01
15000104	-0,015	0,850	-2,15	0,03

Baseret på ovenstående resultater blev der foretaget en analyse af sammenhængen mellem miljøvariablerne alkalinitet, BI5, PO<sub>4</sub> og NH<sub>4</sub> og tendenserne for år-årstationer med en signifikant positiv eller negativ tendens. For stationer med signifikante tendenser over tid viste ingen af de testede miljøvariabler dog en signifikant korrelation med tendenserne. Kun i ét tilfælde blev der observeret en negativ korrelation for ortofosfat og i et andet for BI5, begge på stationer, der viste en signifikant stigning i økologisk kvalitet iht. EQR (SID\_TID) (tabel 5.2.).

**Table 5.2.** Resultater af Mann-Kendall-test af alkalinitet, PO<sub>4</sub>, BI5 og NH<sub>4</sub> for stationer med en signifikant positiv (grå) eller negativ (orange) tendens i EQR (SID\_TID) for perioden 2013-2022.

Station	Log alkalinitet		Log PO <sub>4</sub>		Log BI5		Log NH <sub>4</sub>	
	Z	p-value	Z	p-value	Z	p-value	Z	p-value
<b>25000018</b>	0,00	1,00	-0,45	0,65	-2,16	0,03	0,00	1,00
<b>25000639</b>	0,00	1,00	0,00	1,00	-0,43	0,67	0,73	0,47
<b>38000106</b>	0,45	0,65	-2,15	0,03	0,09	0,93	-0,89	0,37
<b>15000104</b>	-1,10	0,27	-0,90	0,37	1,05	0,29	0,36	0,72

Resultaterne for 'år-år'-stationerne indikerer, at EQR (SID\_TID) ikke finder nogen klare tidsmæssige variationsmønstre i økologisk tilstand, bortset fra de specifikke tilfælde på de fire nævnte stationer. På stationerne, hvor der blev observeret en signifikant tidsmæssig ændring, var der ingen klar sammenhæng mellem den økologiske kvalitet klassificeret ved EQR (SID\_TID)-indekset og de analyserede miljøvariable .

Det er vigtigt at tage i betragtning, at mere end en tredjedel af de årlige målestationer ligger i regionen med de laveste gennemsnitsværdier for PO<sub>4</sub>, alkalinitet og BI5, som er negativt relateret til EQR (SID\_TID). Derfor er den højere økologiske kvalitet på disse stationer også forventelig, herunder de tre stationer med en signifikant øget økologisk kvalitet. Omvendt ligger stationen med et signifikant fald i økologisk kvalitet i Himmerland, en region med væsentligt lavere EQR (SID\_TID)-værdier og højere værdier for alkalinitet, BI5, PO<sub>4</sub> og NO<sub>2-3</sub> (figur 3.2.). Eftersom der kun er tale om resultater for fire stationer, der indikerer tidsmæssige variationer i den økologiske tilstand, og der ikke er konstateret sammenhæng mellem de tidsmæssige variationer og de nævnte miljøvariable, bør resultaterne ikke tolkes som en støtte til et generelt ændret niveau af EQR (SID\_TID)-indeksets værdi over tid.

En anden vigtig betragtning er, at både alkalinitet og næringsstofkoncentrationer i høj grad påvirkes af nedbør, i kraft af nedbørens indvirkning på afstrømningen, udledningen og fortyndingen af stoffer i vandløbene. Analyserne i nærværende rapport inkluderer dog ikke betydningen af nedbør eller udledning. Derudover repræsenterer data for alkalinitet og næringsstoffer en længere årlig tidsperiode (april til september) end de kiselalgedata, der bruges til beregning af SID\_TID. Kiselalgeprøvetagningen finder således sted i en langt kortere periode på maksimalt en måned (Wiberg-Larsen *et al.*, 2023). Fraværet af nedbør og dennes betydning for de fysisk-kemiske parametre samt uoverensstemmelsen mellem prøvetagningsperioderne for hhv. fysisk-kemiske parametre og kiselalger begrænser styrken af de koblede fysisk-kemiske og biologiske analyser og forståelsen af de processer, som kræver en højere tidsmæssig opløsning. En analyse af tidsmæssige tendenser med større tilgængelighed af koblede data på alkalinitet og næringsstoffer, som giver en højere tidsmæssig opløsning, koblet med data på nedbør, afstrømning og udledning, ville muliggøre en mere detaljeret og præcis analyse af de tidsmæssige tendenser i variationen af økologisk kvalitet og tilknyttede fysisk-kemiske variable.

Endnu et vigtigt aspekt at anerkende er den ujævne geografiske fordeling af 'år-år'-stationerne set i lyset af variationen i økologisk kvalitet og fysisk-kemiske variable mellem georegionerne. Det er særligt bemærkelsesværdigt, at

denne type stationer ikke findes i tre ud af ti regioner, nemlig Thy, Nordjylland og Djursland (figur 5.5.). Dette resulterer i en ujævn geografisk repræsentation, hvor nogle georegioner er overrepræsenterede, mens andre slet ikke er repræsenterede. Det er vigtigt at tage denne geografiske ubalance i betragtning ved generalisering af resultaterne fra 'år-år'-stationerne til en bredere geografisk kontekst.



## 6 Sammenhæng mellem det bentiske kiselalgeindeks' økologiske tilstand og miljømæssige variabler

Dette kapitel beskriver detaljeret indflydelsen af alkalinitet, BI5 og næringsstoffer på den økologiske tilstand af vandløb vurderet af SID\_TID. Der er foretaget en analyse af den statistiske sammenhæng mellem disse variabler, og på grund af regionale forskelle i disse inkluderede vi den potentielle effekt af georegioner på SID\_TID. Kapitlet fokuserer på en analyse af den statistiske signifikans af de forskellige miljøvariabler for SID\_TID og de regionale forskelles betydning for analyserne, som omfattede:

1. De vigtigste fysisk-kemiske variabler med indvirkning på sammensætningen af bentiske kiselalger og forskellene mellem georegioner.
2. Den overordnede effekt af fysisk-kemiske variabler på EQR (SID\_TID).
3. Effekten af fysisk-kemiske variabler på EQR (SID\_TID) i forhold til indvirkningen af regionale forskelle.

Analyserne er baseret på det fulde datasæt, der dækker ti års prøvetagning og 1489 prøver af bentiske kiselalger. Dataene er sammenholdt med tilgængelige data for alkalinitet, BI5, PO<sub>4</sub>, NO<sub>2-3</sub> og NH<sub>4</sub>.

### 6.1 Indvirkninger af fysisk-kemiske variabler på sammensætningen af kiselalger og regionale forskelle

De vigtigste faktorer, der påvirker sammensætningen af bentiske kiselalger i danske vandløb, blev identificeret ved hjælp af afstandsbaseret redundansanalyse (db-RDA).

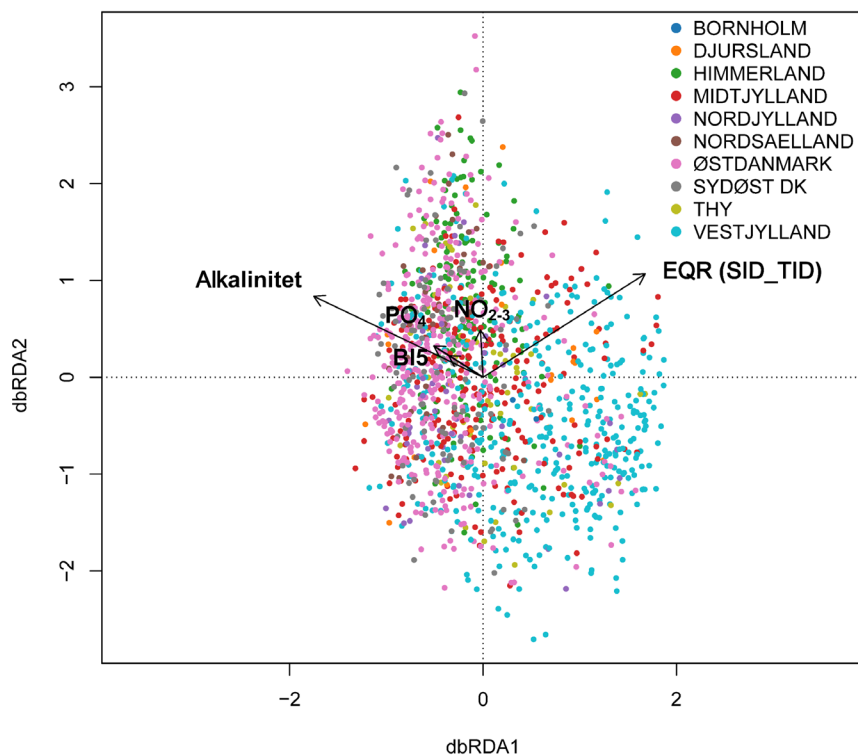
#### Modeldetaljer

En bagudrettet trinvis udvælgelse af variabler blev foretaget, begyndende med den fulde model, der inkluderede alle variabler samt EQR (SID\_TID), hvor variablerne blev fjernet én ad gangen, hvis de ikke var signifikante, eller hvis deres variansinflationsfaktor (VIF) var større end 10. Den endelige model inkluderede EQR (SID\_TID), alkalinitet, PO<sub>4</sub>, BI5 og NO<sub>2-3</sub>, som alle var signifikante og havde en VIF <10. Db-RDA-modellen var signifikant (F= 26,7, DF= 1,398, p = 0,001).

EQR (SID\_TID) viste en negativ sammenhæng med alkalinitet og i mindre omfang også med PO<sub>4</sub> og BI5 (figur 6.1.). Omvendt viste NO<sub>2-3</sub> ingen klar sammenhæng med EQR (SID\_TID) eller med alkalinitet, BI5 eller PO<sub>4</sub>. Højere EQR (SID\_TID)-værdier forekom hovedsageligt på stationer i Vestjylland og Midtjylland. Alkalinitet var derimod korreleret med lokaliteter i Østdanmark og Sydøstdanmark (figur 6.1.). Alkalinitet var positivt korreleret med PO<sub>4</sub> og BI5, selv om disse to variabler viste en lavere korrelation med sammensætningen af bentiske kiselalger.

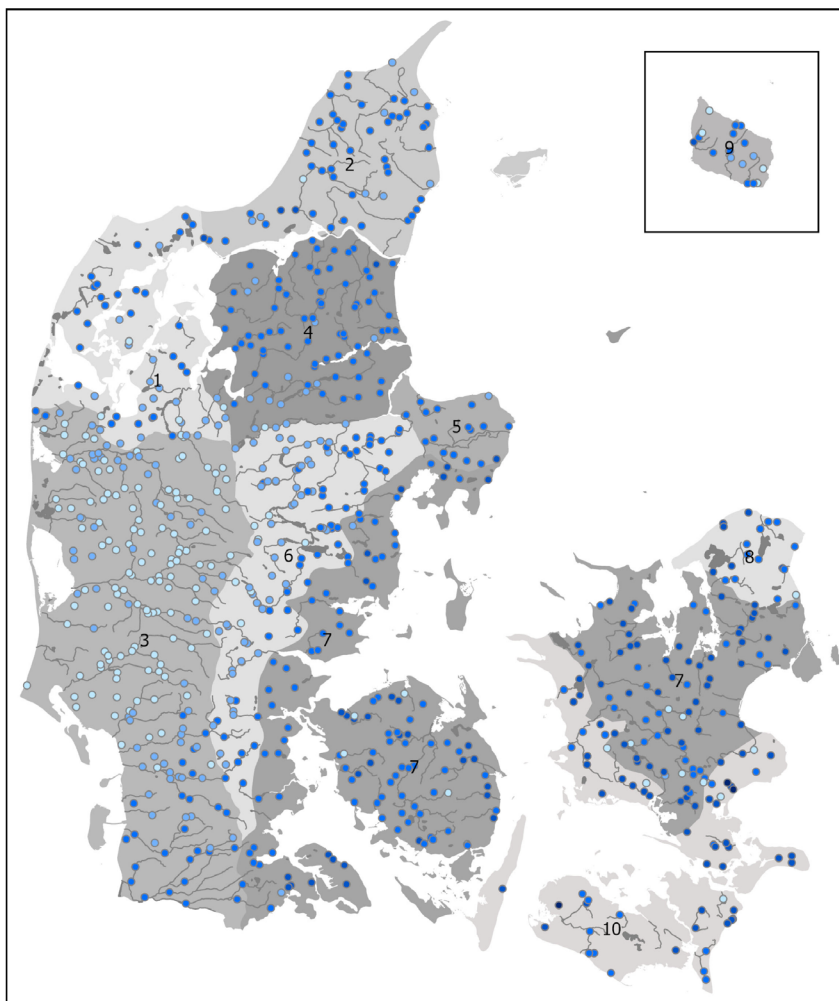
Resultaterne bekræfter, at alkalinitet spiller en mere dominerende rolle i sammensætningen af bentiske kiselalger end PO<sub>4</sub>. De indikerer også, at der er forskelle i kiselalgesammensætningen mellem georegionerne, som er omvendt korreleret med alkalinitet eller EQR (SID\_TID). Variationen i fysisk-kemiske variabler mellem regionerne (figur 3.2. og figur 6.2.-6.6.) kan, især med hensyn til alkalinitet, delvist forklare variationen i EQR (SID\_TID) i danske vandløb.

**Figur 6.1.** Afstands-baseret re-  
dundansanalyse (db-RDA) af  
sammensætningen af bentske ki-  
selalger i danske vandløb i forhold  
til alkalinitet  $PO_4$ ,  $BI_5$  and  $NO_{2-3}$ .



De geografiske mønstre er tydelige for nogle variabler såsom alkalinitet, hvis værdier er lavest i Vestjylland, især i de centrale og nordlige områder (figur 6.2.). For andre variabler som  $PO_4$  og  $BI_5$  er mønstrene stort set ens med lavere værdier i Vestjylland og højere værdier i Østjylland (figur 6.3. og 6.4.). Mønstrene for kvælstof var ikke lige så tydelige, hvorfor det ikke var muligt at påvise klare forskelle i  $NO_{2-3}$  eller  $NH_4$ -værdierne, der stemmer overens med variationsmønstrene i EQR (SID\_TID) eller alkalinitet (figur 6.5. og 6.6.).

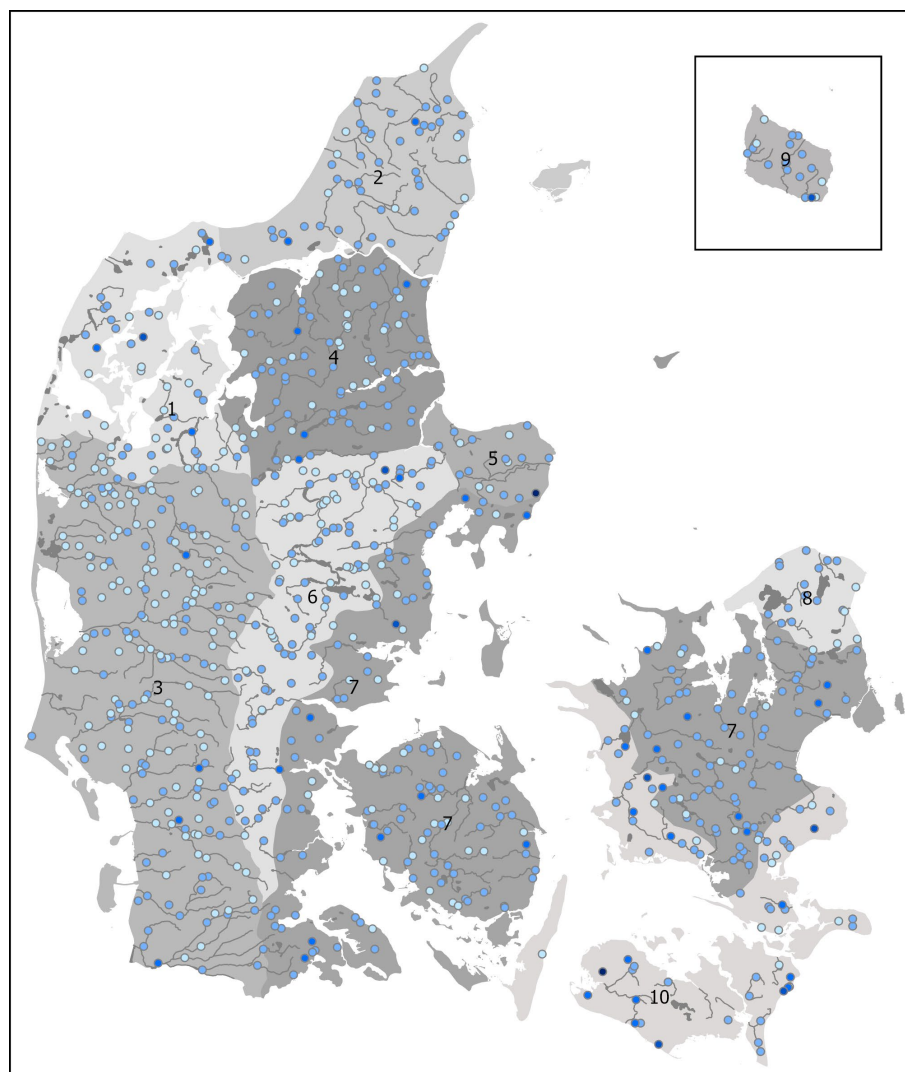
**Figur 6.2.** Alkalinitet i danske vandløb iht. georegion baseret på gennemsnittet af de seneste data for hver station i perioden 2013-2022.



- Georegion**
- 1 Thy
  - 2 Nordjylland
  - 3 Vestjylland
  - 4 Himmerland
  - 5 Djursland
  - 6 Midtjylland
  - 7 Østdanmark
  - 8 Nordsjælland
  - 9 Bornholm
  - 10 Sydøstdanmark

- Alkalinitet (meq/l)**
- 0 - 1
  - 1 - 2,5
  - 2,5 - 5
  - 5 - 10
  - > 10

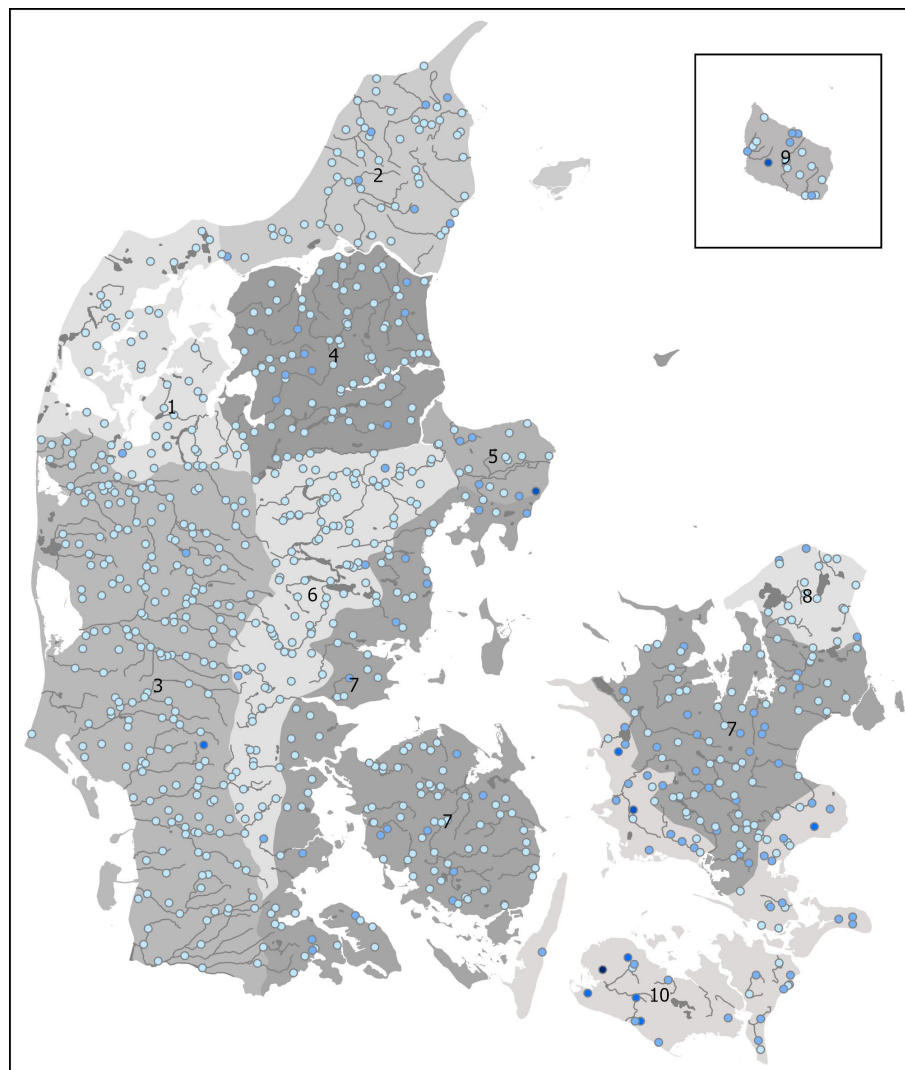
**Figur 6.3.** BI5 i danske vandløb iht. georegion baseret på gennemsnittet af de seneste data for hver station i perioden 2013-2022.



- Georegion**
- 1 Thy
  - 2 Nordjylland
  - 3 Vestjylland
  - 4 Himmerland
  - 5 Djursland
  - 6 Midtjylland
  - 7 Østdanmark
  - 8 Nordsjælland
  - 9 Bornholm
  - 10 Sydøstdanmark

- BI5 (mg/l)**
- 0 - 1
  - 1 - 2,5
  - 2,5 - 5
  - 5 - 10
  - > 10

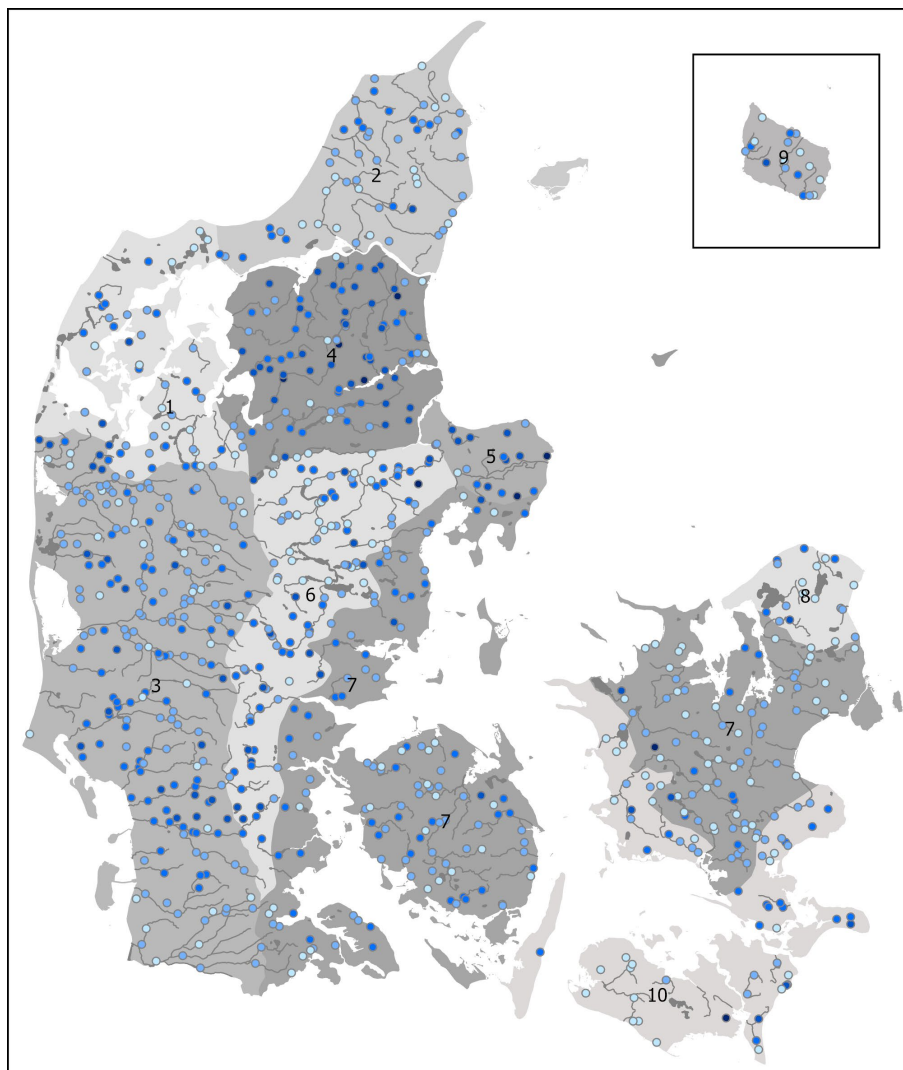
**Figur 6.4.** Ortofosfat (PO<sub>4</sub>) i danske vandløb iht. georegion base- ret på gennemsnittet af de sene- ste data for hver station i perioden 2013-2022.



- Georegion**
- 1 Thy
  - 2 Nordjylland
  - 3 Vestjylland
  - 4 Himmerland
  - 5 Djursland
  - 6 Midtjylland
  - 7 Østdanmark
  - 8 Nordsjælland
  - 9 Bornholm
  - 10 Sydøstdanmark

- PO<sub>4</sub> (mg/l)**
- 0 - 0,1
  - 0,1 - 0,5
  - 0,5 - 1
  - 1 - 2,5
  - > 2,5

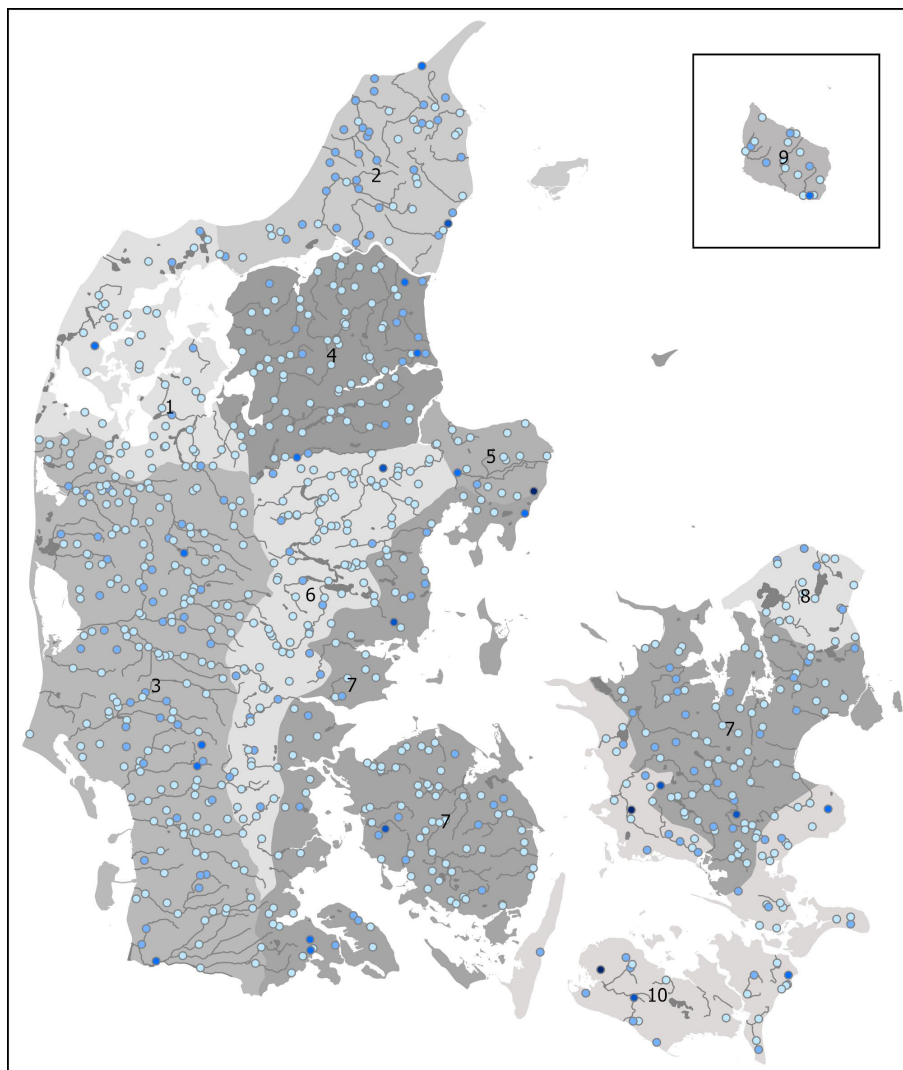
**Figur 6.5.** Nitrat og nitrit ( $\text{NO}_{2-3}$ ) i danske vandløb iht. georegion baseret på gennemsnittet af de seneste data for hver station i perioden 2013-2022.



- Georegion**
- 1 Thy
  - 2 Nordjylland
  - 3 Vestjylland
  - 4 Himmerland
  - 5 Djursland
  - 6 Midtjylland
  - 7 Østdanmark
  - 8 Nordsjælland
  - 9 Bornholm
  - 10 Sydøstdanmark

- NO 2-3 (mg/l)**
- 0 - 1
  - 1 - 2,5
  - 2,5 - 5
  - 5 - 10
  - > 10

**Figur 6.6.** Ammonium (NH<sub>4</sub>) i danske vandløb iht. georegion baseret på gennemsnittet af de seneste data for hver station i perioden 2013-2022.



- Georegion**
- 1 Thy
  - 2 Nordjylland
  - 3 Vestjylland
  - 4 Himmerland
  - 5 Djursland
  - 6 Midtjylland
  - 7 Østdanmark
  - 8 Nordsjælland
  - 9 Bornholm
  - 10 Sydøstdanmark

- NH<sub>4</sub> (mg/l)**
- 0 - 0,1
  - 0,1 - 0,5
  - 0,5 - 1
  - 1 - 10
  - > 10

## 6.2 Indvirkninger af fysisk-kemiske variabler på EQR (SID\_TID)

Den generelle sammenhæng mellem fysisk-kemiske variabler med EQR (SID\_TID) er beskrevet af en lineær mixed-effects model, hvor prøvetagningsstationerne er inkluderet som en tilfældig effekt.

### Modeldetaljer

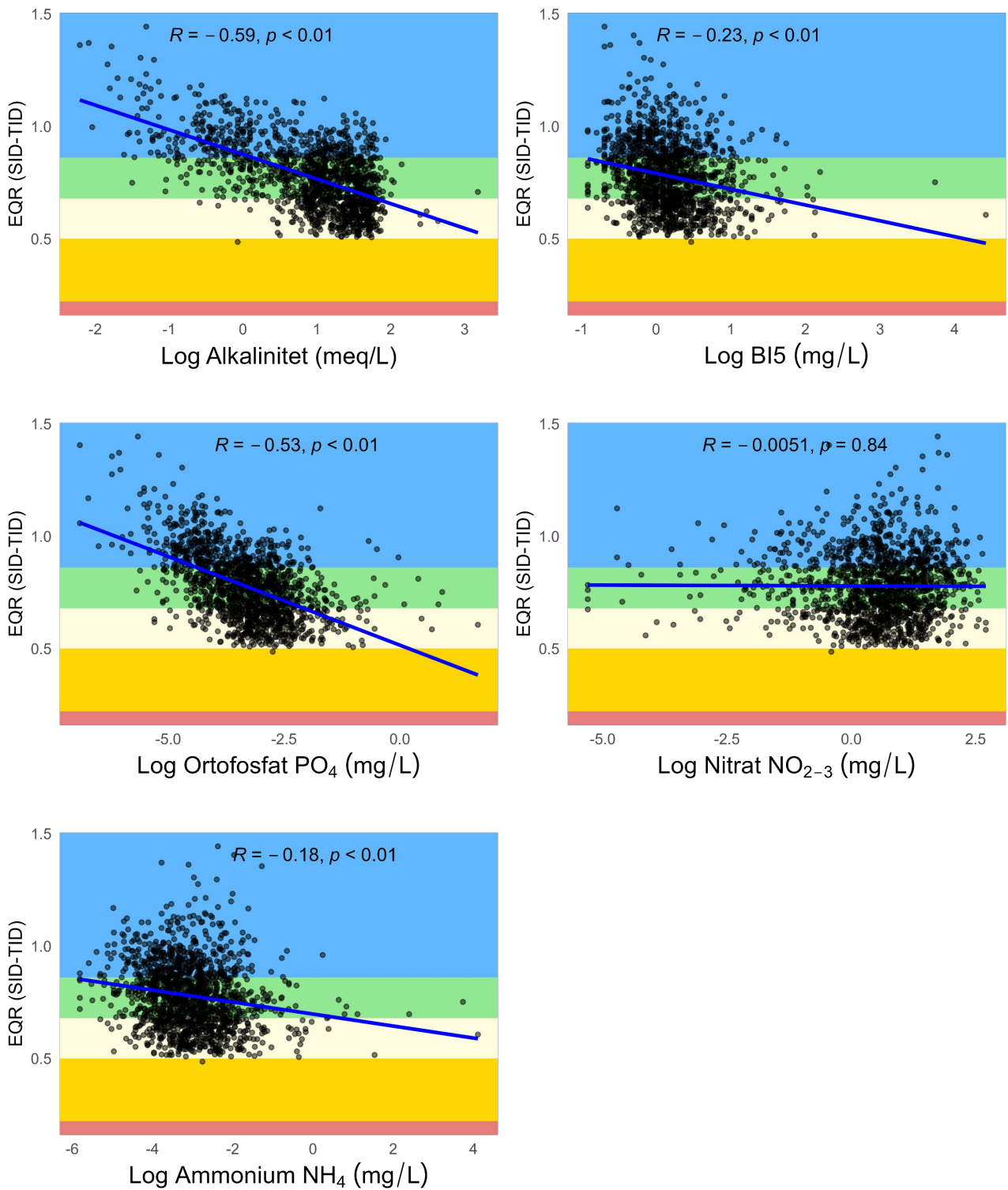
EQR (SID\_TID) var negativt korreleret med logaritmen af: alkalinitet ( $t = -13,83$ ,  $p < 0,01$ ),  $PO_4$  ( $t = -7,00$ ,  $p < 0,01$ ) og  $NO_{2-3}$  ( $t = -2,51$ ,  $p = 0,01$ ) iht. formelen:

$$EQR(SID\_TID) = 0,75 - 0,083 \times \log(\text{Alkalinitet}) - 0,032 \times \log(PO_4) - 0,008 \times \log(NO_{2-3})$$

Modelfittet var  $AIC = -2146,7$ ,  $BIC = -2115,1$  med en log-likelihood = 1079,3. Den marginale  $R^2$ -værdi, som kun tager højde for variabelernes effekt, var 0,39, mens den betingede  $R^2$ -værdi, som inkluderer den tilfældige effekt af prøvestationerne, var 0,50. Dette indikerer, at både faste og tilfældige effekter bidrager væsentligt til at forklare variationen i EQR (SID\_TID).

Resultaterne viser den samlede negative effekt af alkalinitet, ortofosfat og nitrat på EQR (SID\_TID). De bekræfter yderligere den dominerende effekt af alkalinitet på EQR (SID\_TID), hvilket stemmer overens med resultaterne præsenteret i de tidligere kapitler. Hvor betydningen af alkalinitet og ortofosfat var forventet ud fra tidligere resultater, inkluderer modellen den negative effekt af  $NO_{2-3}$  på EQR (SID\_TID).  $NO_{2-3}$  viste ingen signifikant korrelation med alkalinitet eller  $PO_4$ . Desuden blev dens effekt på EQR (SID\_TID) ikke observeret isoleret, som tilfældet var med alkalinitet og  $PO_4$  (figur 6.7.).  $NO_{2-3}$  er derfor en supplerende variabel, der forklarer den del af variationen i EQR (SID\_TID), som ikke forklares af alkalinitet og ortofosfat. Andre testede variabler, såsom  $NH_4$  og BI5, havde ingen signifikant indvirkning på EQR (SID\_TID) i modellen, når de var inkluderet sammen med andre variabler, og heller ingen signifikant korrelation (>50%), når man betragtede den adskilte korrelationseffekt med EQR (SID\_TID) (figur 6.7.).





**Figur 6.7.** Korrelation mellem EQR (SID\_TID) og de vigtigste miljømæssige variabler: alkalinitet, BI5, ortofosfat ( $\text{PO}_4$ ), nitrat ( $\text{NO}_{2-3}$ ) og ammonium ( $\text{NH}_4$ ).

### 6.3 Indvirkninger af fysisk-kemiske variable på EQR (SID\_TID) i forhold til regionale forskelle

I betragtning af variationen i EQR (SID\_TID) og tilknyttede miljøvariabler mellem regionerne blev denne faktor integreret som en signifikant prædikator for EQR (SID\_TID). Lineære mixed-effekt modeller blev anvendt til at analysere, hvordan miljøvariablerne var forbundet med EQR (SID\_TID) afhængigt af den betragtede georegion.

Da der er forskelle på EQR (SID\_TID) mellem georegioner, angiver estimerne ( $\alpha_i$ ) betydningen af georegion på EQR (SID\_TID). Her betyder at positive estimer for georegionen gennemsnitligt vil have en højere EQR (SID\_TID) end det generelle niveau for alle stationer, og omvendt for negative estimer. Jo højere den positive eller negative værdi af estimatet er, desto stærkere er den positive eller negative effekt af georegionen på EQR(SID\_TID). Dette gælder dog kun, hvis estimatets effekt er signifikant ( $p < 0,05$ ).

#### Modetaljer

Den endelige model inkluderede log-transformeret alkalinitet og ortofosfat som responsvariabler og med georegion som kategorisk prædikator:

$$\text{EQR}(\text{SID\_TID}) = 0,78 + \alpha_i - 0,099 * \log(\text{Alkalinitet}) - 0,041 * \log(\text{PO}_4),$$

hvor  $\alpha_i$  er estimatet for hver georegion (tabel 6.1.).

Modelfittet var AIC = -2078,5, BIC = -2069,4 med en log-likelihood = 2082,5 og  $R^2 = 0,45$ . Modellen indikerede en signifikant negativ effekt af log alkalinitet ( $t = -12,91$ ,  $p < 0,01$ ) og log  $\text{PO}_4$  ( $t = -8,40$ ,  $p < 0,01$ ) på EQR (SID\_TID), hvilket tyder på, at højere niveauer af alkalinitet og ortofosfat er koreleret med lavere EQR (SID\_TID) med effekter, der varierer på tværs af georegioner.

**Tabel 6.1.** Resultater fra EQR (SID\_TID)-modellen inklusive georegioner, estimat ( $\alpha_i$ ), frihedsgrader (DF), t-værdi og p-værdi.

	Georegion no	Estimat $\alpha_i$	Standard- fejl	DF	t-værdi	p-værdi
Skæringspunkt		0,331	0,023	702	14,13	<0,0001
Thy	1	-0,053	0,022	630	-2,44	0,0151
Nordjylland	2	-0,113	0,021	630	-5,35	<0,0001
Vestjylland	3	-0,083	0,021	630	-4,00	<0,0001
Himmerland	4	0,001	0,019	630	0,04	0,9650
Djursland	5	0,024	0,029	630	0,84	0,4011
Midtjylland	6	-0,106	0,019	630	-5,58	<0,0001
Østdanmark	7	-0,031	0,016	630	-1,90	0,0576
Nordsjælland	8	-0,042	0,028	630	-1,47	0,1420
Bornholm	9	-0,013	0,033	630	-0,39	0,6961
Sydøstdanmark	10	0	.	.	.	.
Log Alkalinitet		-0,099	0,008	630	-12,91	<0,0001
Log $\text{PO}_4$		-0,041	0,005	630	-8,40	<0,0001

Modellen, der inkluderer georegioner som en kategorisk prædikator, præsterede bedre og udviste en højere korrelation med EQR (SID\_TID) end den overordnede model. Modellens estimer er negative for de fleste georegioner, undtagen Sydøstdanmark, Himmerland og Djursland (tabel 6.1.). De fleste af disse sammenhænge var dog ikke signifikante ( $p > 0,05$ , tabel 6.1.), hvilket indikerer, at alkalinitet og fosfat spiller en vigtig rolle i forudsigelsen af EQR (SID\_TID) for regionerne Vestjylland, Midtjylland, Nordjylland og Thy.

Disse regioner udviste således forskellige økologiske tilstande iht. EQR (SID\_TID) samt forskellige niveauer af alkalinitet og ortofosfat ( $p < 0,05$ ). Evnen til at forudsige EQR (SID\_TID) er derfor ikke forbundet med noget bestemt  $PO_4$ -interval eller alkalinitet, da betydningen af en given stigning i ortofosfat eller alkalinitet variere mellem regioner. Ligeledes inkluderer modellen med georegioner – i modsætning til den overordnede model – ikke  $NO_{2-3}$ . Dette skyldes sandsynligvis en modsat effekt af  $NO_{2-3}$  mellem regionerne sammenlignet med alkalinitet og  $PO_4$  samt en stærkere indvirkning af disse to variabler på EQR (SID\_TID), hvilket kan maskere effekten af  $NO_{2-3}$  ved inddragelse af den regionale effekt.

Denne model supplerer den tidligere model vedrørende de faktorer, der påvirker EQR (SID\_TID), ved at inkorporere effekten af georegioner. Den indikerer, at ud over effekterne af  $PO_4$  og alkalinitet på den økologiske kvalitet EQR (SID\_TID), skal georegionens indflydelse på den økologiske kvalitet også overvejes. Specifikt indikerer den, at i regionerne Vestjylland, Midtjylland, Nordjylland og Thy kan vi forvente lidt lavere EQR (SID\_TID) værdier sammenlignet med vandløb beliggende i andre georegioner men med sammenlignelige  $PO_4$  og alkalinitetsværdier.

## 7 Diskussion

Danske vandløbs økologiske kvalitet i perioden 2013-2022 vurderet ved hjælp af det bentiske kiselalgeindeks SID\_TID har generelt været god. Cirka en tredjedel af stationerne var i 'Høj' økologisk tilstand, mens en tredjedel af stationerne lå under tærsklen for 'God' økologisk tilstand, næsten udelukkende i 'Moderat'. Resultaterne fra nærværende undersøgelse understøtter i høj grad resultaterne fra en tidligere rapport, som analyserede data fra perioden 2013-2020 (Pacheco *et al.*, 2023), og udvider samtidig datasættets og analysens fokus. Den tidligere rapport fokuserede især på analysen af rumlige og tidsmæssige mønstre i økologisk kvalitet vurderet ved hjælp af SID\_TID-indekset og dets tilknytning til fysisk-kemiske variabler. Data i nærværende rapport viser hovedsageligt god eller høj økologisk kvalitet; dog viser cirka en tredjedel af prøverne 'Lav' økologisk kvalitet for perioden 2013-2022. Det stemmer overens med de mønstre, der tidligere er blevet påvist for perioden 2013-2020 (Pacheco *et al.*, 2023; Baattrup-Pedersen *et al.*, 2024). Derudover har andelen af stationer med 'Høj' økologisk kvalitet været lavere i de seneste år sammenlignet med den samlede periode (2013-2022). Resultaterne er imidlertid kun et øjebliksbillede af den mest aktuelle tilstand og kan ikke betragtes som en analyse af tidsmæssig variation i økologisk kvalitet.

Den økologiske kvalitet varierer mellem Danmarks georegioner, hvilket hovedsageligt er forbundet med variationer i alkalinitet og fosfatniveauer. Vestjylland, som har lave alkalinitet- og ortofosfatværdier, har også de laveste BI5-værdier og de højeste gennemsnitlige SID\_TID-værdier. Omvendt har regioner med høje koncentrationer af ortofosfat, alkalinitet og BI5 lave SID\_TID-værdier. Samlet set tyder resultaterne på et øst-vest mønster med bedre økologisk tilstand mod vest, hvor Vestjylland skiller sig ud med den bedste økologiske vandløbstilstand.

Dette kan forklares ved den negative sammenhæng mellem SID\_TID og  $\text{PO}_4$ , men især med alkalinitet, som varierer betydeligt mellem georegionerne. Faktisk viste SID\_TID en stærkere korrelation med alkalinitet end med  $\text{PO}_4$ , indikatoren for organisk forurening, som indekset oprindeligt blev udviklet og testet på (Andersen *et al.*, 2018). Denne stærke indflydelse af alkalinitet på SID\_TID er tidligere blevet analyseret og tilskrives oplandets geologi (Baattrup-Pedersen *et al.*, 2022, 2023), men forbruget af gødning i landbruget kan også være af betydning, som observeret internationalt (Pacheco *et al.*, 2023)

Resultaterne præsenteret i denne rapport understøtter sammenhængen mellem SID\_TID og alkalinitet samt ortofosfat (Pacheco *et al.*, 2023; Baattrup-Pedersen *et al.*, 2022, 2023, 2024). De fremhæver også den negative effekt af  $\text{NO}_{2-3}$  på SID\_TID, som ikke tidligere er blevet påvist. Dog havde  $\text{NO}_{2-3}$ , i modsætning til  $\text{PO}_4$ , ikke en positiv sammenhæng med alkalinitet og viste heller ikke det rumlige variationsmønster, der forbindes med alkalinitet og  $\text{PO}_4$ . Faktisk forsvinder den signifikante effekt af  $\text{NO}_{2-3}$  på SID\_TID, når de regionale forskelle tages i betragtning, muligvis på grund af de betydelige variationer mellem og inden for regionerne i modsætning til  $\text{PO}_4$  og alkalinitet, som samvarierer.

SID\_TID viste stort set ingen ændringer over tid for år-år-stationerne. Ud af de 34 stationer, hvor 'år-år'-overvågningsdata blev analyseret, viste kun tre en stigende tendens og kun én en faldende tendens. Kun to af de tre stationer med en markant positiv tidsmæssig tendens viste tilknytning til en fysisk-

kemisk variabel, den ene med  $\text{PO}_4$  og den anden med BI5. Dette tyder på tilfældig udvælgelse af nogle få stationer med en vis type tendens i forhold til en meget større total uden nogen generel tendens. Det skal dog understreges, at cirka en tredjedel af 'år-år'-stationerne er beliggende i Vestjylland, regionen med de højeste SID\_TID-værdier for økologisk kvalitet; i andre regioner findes denne type stationer slet ikke. Resultaterne skal derfor tages med forbehold, hvad angår de tidsmæssige mønstre i økologisk tilstand vurderet af SID\_TID på overordnet niveau.

Et af målene med denne rapport var at analysere den negative sammenhæng mellem SID\_TID, alkalinitet og ortofosfat med henblik på at afdække de mulige årsager til de tidsmæssige og rumlige variationer og mulige indvirkninger af menneskelig aktivitet (fx landbrugets brug af gødning) på stigningen i alkalinitet og  $\text{PO}_4$ . Med dette for øje blev udført en analyse af geografiske og tidsmæssige variationer og faktorer knyttet til brugen af oplandet (fx landbrugets indvirkning). Der blev dog ikke observeret tidsmæssige variationsmønstre eller tilknytning til brugen af oplandet, der understøtter, at menneskelige aktiviteter påvirker alkaliniteten og dermed SID\_TID. Dette betyder dog ikke, at der ikke findes en forbindelse mellem gødsning og øget alkalinitet, som er en bredt dokumenteret proces verden over (Pacheco *et al.*, 2023). Manglen på evidens tyder snarere på begrænsninger i de analyserede data. En mulig årsag kan være valget af 'påvirkning' som en generel indikator for oplandsaktiviteter, da denne er en overordnet indirekte indikator for de vigtigste aktiviteter i og dermed påvirkninger fra oplandet. Den omfatter imidlertid ikke detaljerede oplysninger om landbrugsdrift i oplandet såsom data på intensiteten af landbruget, forbruget af kunstgødning eller jordens karakteristika, som ville have været mere velegnede til den udførte analyse. Derudover vil en mere detaljeret analyse af disse variationsmønstre i SID\_TID som en reaktion på alkalinitet kræve en analyse af de langsigtede alkalinitetsmønstre opdelt på georegion, hvilket vil muliggøre en mere omfattende påvisning af tidsmæssige mønstre, der tager højde for forskellene i alkalinitet imellem georegionerne. Den udførte undersøgelse inkluderede heller ikke klimavariationer som en faktor, der kunne påvirke alkaliniteten, næringsstofferne og bentiske kiselalger i vandløb (fx øget nedbør, som påvirker afstrømning og udledning) (Calvo *et al.*, 2022; Pacheco *et al.*, 2022).

Parrede data var ikke tilgængelige på grund af de tidsmæssige forskelle mellem prøvetagningerne af bentiske kiselalger og fysisk-kemiske variable, hvorfor gennemsnitsdata for perioden april-september blev anvendt i stedet. Denne markant længere periode end perioden for indsamling af bentiske kiselalger kan have introduceret usikkerhed i vurderingen af de fysisk-kemiske data betydning for indekset fordi forskellene i klimatiske forhold gennem perioden, der kan påvirke de fysisk-kemiske variable. Denne forskel mellem prøvetagningstidspunkter og klimavariationer i de enkelte år og årene imellem kan således have maskeret de tidsmæssige sammenhængsmønstre mellem SID\_TID og de tilknyttede fysisk-kemiske variable såsom alkalinitet og  $\text{PO}_4$ .

## 8 Referencer

Andersen, D.K., Larsen, S.E., Johansson, L.S., Alnøe, A.B. & Baattrup-Pedersen, A., 2018. Udvikling af biologisk indeks for bentiske alger (fytobenthos) i danske vandløb. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 42 s. – Videnskabelig rapport nr. 296. <http://dce2.au.dk/pub/SR296.pdf>

Baattrup-Pedersen, A., Johnsen, T.J. & Riis, T., 2021. Betydningen af danske vandløbs alkalinitet for de bentiske algesamfund. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 34 s. – Videnskabelig rapport nr. 440 <http://dce2.au.dk/pub/SR440.pdf>

Baattrup-Pedersen, A., Johnsen, T.J., Larsen, S.E. & Riis, T., 2022. Alkalinity and diatom assemblages in lowland streams: How to separate alkalinity from inorganic phosphorus in ecological assessments? *Science of the Total Environment*, 823, p.153829.

Baattrup-Pedersen, A., Pacheco, J. P. & Riis, T. 2024. Bentiske alger og økologisk tilstand i vandløb. *Vand & Jord*, 31(1), 7-10. <https://online.flipping-book.com/view/242032373/>

Calvo, C., Pacheco, J.P., Aznarez, C., Jeppesen, E., Baattrup-Pedersen, A. & Meerhoff, M., 2022. Flow pulses shape periphyton differently according to local light and nutrient conditions in experimental lowland streams. *Freshwater Biology*, 67(7), pp.1272-1286.

European Standard, 2003. Water quality – Guidance standard for the routine sampling and pretreatment of benthic diatoms from rivers. EN 13946. European Committee for Standardization. Ref. No. EN 13946:2003E.

Kelly, M.G., King, L., Jones, R.I., Barker, P.A. & Jamieson, B.J., 2008. Validation of diatoms as proxies for phytobenthos when assessing ecological tilstand in lakes. *Hydrobiologia*, 610, pp.125-129.

Pacheco, J.P., Calvo, C., Aznarez, C., Barrios, M., Meerhoff, M., Jeppesen, E. and Baattrup-Pedersen, A., 2022. Periphyton biomass and life-form responses to a gradient of discharge in contrasting light and nutrients scenarios in experimental lowland streams. *Science of the Total Environment*, 806, p.150505.

Pacheco, J.P., Larsen, S.E. & Baattrup-Pedersen, 2023. Alkalinity and its influence on benthic diatom assessments in Danish running waters. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 31 pp. Scientific Report No. 521. <http://dce2.au.dk/pub/SR521.pdf>

Poikane, S., Kelly, M. & Cantonati, M., 2016. Benthic algal assessment of ecological tilstand in European lakes and rivers: Challenges and opportunities. *Science of the Total Environment*, 568, pp.603-613.

Wiberg-Larsen, P., Johansson, L.S. & Kallestrup, H., 2023. Fytobenthos i vandløb. Teknisk anvisning, V21 (version 6). Aarhus

# VANDLØBSØKOLOGI 2023

NOVANA – Bentiske kiselalger

Dette års rapport beskriver status og relationen til vandkemiske forhold i vandløb for indeks for bentiske kiselalger SID\_TID med data for perioden 2013-2022