

Undersøgelse af makroinvertebratfaunaen i okkerbelastede vandløb i Sydvest- og Vestjylland

Annette Sode
"Stream Data Analyses"
Elverodvej 33
DK-5462 Morud



Rapport til:
Miljøministeriet, Miljøcenter Ribe
og Miljøcenter Ringkøbing

Februar/marts 2008

Formål

Okker er en væsentlig begrænsning for opnåelse god økologisk tilstand i flere vest- og sydvestjyske vandløb. Visse okkerbelastede vandløb har bl.a. problemer med at opnå miljømålet beskrevet ved en faunaklasse på mindst 5. Miljøcentrene i Ribe og Ringkøbing har derfor iværksat en udredning, der skal belyse, hvilke typer af okkerbelastede vandløb, der kan forventes at opnå god økologisk kvalitet ved hhv. en større eller mindre miljøforbedrende indsats.

I forbindelse med denne udredning er der ønsket foretaget en analyse af smådyrsfaunaens sammensætning langs en gradient af okkerbelastede vandløb. I denne analyse er desuden inddraget både fysiske og kemiske forhold i vandløbene, og der er søgt tilvejebragt grænseværdier for indholdet af jern-forbindelser ved en faunasammensætning, der karakteriserer god økologisk tilstand. Desuden har det været et ønske at få klarlagt hvilke arter, som er særlig følsomme over for jernforbindelser.

Metoder

I forbindelse med undersøgelsen blev der indsamlet data – såvel prøver af makroinvertebratfaunaen som fysisk-kemiske variable - fra i alt 197 vandløbsstationer (heraf 75 stationer i det tidligere Ringkøbing Amt, 65 stationer i det tidligere Ribe Amt og 57 stationer i det tidligere Sønderjyllands Amt). Samtlige stationer er beliggende i vandløb, som afvander det område af Jylland, som ikke var isdækket under den seneste istid (Weischel Istitid).

Samtlige data blev stillet til disposition af Miljøcenter Ribe og Miljøcenter Ringkøbing. De fysiske målinger blev foretaget af personale ved de tidligere amter eller de to miljøcentre, der også indsamlede både vandprøver og faunaprøver. Vandprøverne blev analyseret ved et autoriseret laboratorium eller i felten, ligesom faunaprøverne blev bearbejdet af medarbejdere ved amterne, miljøcentrene eller af konsulenter.

Prøver af makroinvertebrat faunaen blev indsamlet efter standardmetode (Miljøstyrelsen 1998), dvs. at de omfatter både en sparkeprøve og ”pilleprøve”. Prøverne blev indsamlet gennem hele perioden 2002-2007, hhv. i tidsrummene januar-maj og august-oktober (Tabel 1).

Tabel 1. Oversigt over de måneder, hvor faunaprøverne er indsamlet.

Måneds nr.	1	2	3	4	5	8	9	10
Antal prøver/stationer	1	12	51	80	2	40	9	2

Prøverne blev alle udsorteret i fuldt omfang, og de fundne arter/slægter/grupper (taxa) blev optalt. Derimod varierede identifikationsniveauet, idet fx Chironomidae, Simuliidae, Hydracarina og små krebsdyr blev identificeret til art eller slægt i 106 af prøverne, mens disse grupper ikke blev identificeret detaljeret i de resterende prøver. På denne baggrund og for at opnå et samlet sammenligneligt datasæt, blev der foretaget en række aggregeringer til ”laveste taksonomiske” niveau.

Faunaklassen for de enkelte prøver blev beregnet ud fra anvisningen i Miljøstyrelsen (1998). Hertil blev både anvendt den fuldt udsorterede sparkeprøve og pilleprøven.

Der blev bestemt en række miljøvariable på de i alt 197 stationer (se Tabel 2). Dog blev Dansk Fysisk Indeks ikke beregnet på 8 stationer i store vandløb, hvor vanddybden var for stor til vadning, således at flere af de for beregningen nødvendige delvariable ikke kunne måles. De fysiske variable blev som udgangspunkt bestemt samtidig med indsamlingen af faunaprøver, men hvor dette ikke var tilfældet, blev data indsamlet i oktober-december 2007. En del af de (”ældre”) fysiske indeks værdier er af miljøcentrene omregnet fra et andet fysisk indeks, Århus Indekset (Kaarup 1999). De vandkemiske prøver til bestemmelse af indholdet af jern blev indsamlet i tidsrummet november-marts (minimum 3-4 prøver pr. station). Disse vandprøver er dog kun for 28 af stationerne fra samme år som faunaprøverne og er således i langt de fleste tilfælde udtaget på et tidligere tidspunkt (perioden 1989-2000) end disse. Vandprøver til bestemmelse af pH og BI₅ er alle indsamlet i oktober 2007.

Artssammensætningen (kun data fra sparkeprøverne) på stationerne blev analyseret ved hjælp af såkaldte gradientanalyser. Disse blev udført på to datasæt:

Tabel 2. Oversigt over de miljøvariable, der er bestemt ved de undersøgte stationer.

Variabel	Variabel kode	Metode
UTM koordinater for stationen	UTMøst, UTMnord	Pedersen et al. (2007)
Vandløbets middelbredde (m)	Midbr_m	Pedersen et al. (2007)
Vandets middel strømhastighed (relativ skala)	Mid_str	
Dansk Fysisk Indeks*	DFI	Pedersen et al. (2007)
BI ₅ (mg/l)	BI5	Pedersen et al. (2007)
pH	pH	Pedersen et al. (2007)
Fe ²⁺ (mg/l) (middel, maksimum)	Fe2-mid, Fe2max	Feltanalyse (bipyridin)
Fe-tot (mg/l) (middel, maksimum)	FeT-mid, FeTmax	Lab. analyse (bipyridin)

* Ud over selve indekseværdien blev anvendt delvariablene: høl/stryg (Holstryg), slyngningsgrad (Slynggr), tværprofil type (Tvprofil), breddevariation (Brvaria), udhængende bredvegetation (Udhveg), bredde af udyrket vandløbsnært areal (Brupaav), nedhængende bredvegetation (Nedhveg), højenergihastighed (Højhast), trærodde (Rødder), emergent vegetation (Emerveg), undervandsvegetation (Underveg), anden fysisk variation (Andvar), synlig okkerbelastning (Okkbel), stendækning (Sten), grusdækning (Grus), sanddækning (Sand) og mudderdækning (Mud)

1. 188 stationer (med reduceret identifikationsniveau for bl.a. Chironomidae, Simuliidae og Hydracarina, samt hvor der forelå et komplet sæt af miljøvariable; der burde egentlig have været 189 stationer i alt, men det var nødvendigt at frasortere én station, hvor faunasammensætningen var ”tvivlsom”).
2. 106 stationer (med fuldt identifikationsniveau, samt hvor der forelå et komplet sæt af miljøvariable).

Der blev udført to typer af gradientanalyser på de to ovennævnte datasæt. Begge typer bygger på en ordination af artsdata (se Box 1). Således blev der indledningsvis udført en Detrended Gradient Analysis (DCA), hvorefter sammenhængen mellem ”scorerne” for de enkelte stationer på de 3 første ordinationsakser og de enkelte miljøvariable blev testet ved beregning af Pearson’s korrelations koefficient. Der er tale om en ”indirekte” gradientanalyse, hvor der først udtrækkes maksimal information fra artsdata uden indflydelse af de omtalte miljøvariable, og dernæst undersøges sammenhæng med disse variable. Korrelationerne blev betragtet som signifikante for $P < 0,05$.

Derefter blev der udført en direkte gradient analyse, nemlig en såkaldt Canonical Correspondance Analysis (CCA), hvor sammenhængen mellem artsdata og miljøvariable blev undersøgt i samme proces. Betydningen af de kendte miljøvariable blev undersøgt ved brug af ”forward selection” for at identificere de miljøvariable, som forklarer mest af variationen i artsdata. Styrken af de enkelte miljøvariable udtrykkes ved såkaldte λ -værdier, der antager værdier fra 0 til 1 (jo højere værdi, des større betydning). Signifikansen af samtlige miljøvariable blev undersøgt med Monte Carlo test (199 permutationer). Kun P-værdier $< 0,05$ blev betragtet som signifikante. Der blev supplerende udført en partiel CCA, hvor kun miljøvariablen Fe²⁺-mid blev anvendt som betydende variabel – mens de øvrige variable betragtet som covariable (dvs. at de ikke havde indflydelse på selve ordinationen).

Begge typer gradient analyser blev foretaget på log (x+1) transformerede individantal for at nedvægte de dominerende (talrige) taxa.

Gradientanalyserne blev udført i programmet CANOCO (Ter Braak & Smilauer 1998). Øvrige statistiske beregninger, herunder undersøgelse af sammenhængen mellem de forskellige miljøvariable og mellem disse og faunaklassen (Principal Component Analysis), blev udført i programmet XLstat.

Box 1

Ordination – multivariate analyser:

PCA

Ved Principal Component Analysis (PCA) søges fundet de "teoretiske variable", der bedst forklarer variationen i et datamateriale. Disse variable er nogle abstrakte størrelser, som man ikke direkte kan sætte navn på. I analysen er der ligeså mange "teoretiske variable", som der er miljøvariable, men det er kun de to første (og bedste), som vises som akser i et todimensionalt koordinatsystem. I dette placeres de undersøgte datasæt (her ét fra hver vandløbsstation). Hvert punkt repræsenterer dermed én station. Hvis punkterne ligger tæt, betyder det, at stationerne ligner hinanden meget. Hvis punkterne ligger langt fra hinanden, betyder det, at stationerne ikke har ret meget til fælles. De forklarende variable fremtræder som vektorer. Ligger disse tæt på en af de to akser, og er de samtidig lange, forklarer de en stor del af variationen langs denne akse. Ligger de nærmest vinkelret på akserne, eller er de meget korte, forklarer de derimod relativt lidt af variationen langs denne akse.

DCA

Detrended Correspondence Analysis (DCA) er ligeledes en ordinationsanalyse, hvor man søger at placere prøvetagningsstederne (her vandløbsstationerne) langs en gradient, så arternes responskurver optimeres i forhold til en underliggende forventet unimodal responskurve. Arternes forventede optima beregnes som vægtede gennemsnit af deres hyppighed i analyserne. Udtrækning af ordinationsakser sker efter gentagne regressioner og kalibreringer. Ved analysen beregnes én akse ("en hypotetisk gradient") ad gangen. Akse 1 indeholder den største del af variationen i artssammensætningen, hvorefter restvariationen søges forklaret langs næste akse osv. Det er altså en forudsætning, at arterne har en veldefineret responskurve, ligesom der skal være en rimelig dækning af de vigtigste gradienter i datamaterialet. Efterfølgende undersøges, hvor god sammenhængen er mellem prøvestedernes scores på akserne og udvalgte miljøvariable (testes ved correlations-test). Dette kaldes en indirekte gradient analyse.

CCA

Canonical Correspondence Analysis (CCA) er en såkaldt betinget ordinationsanalyse, hvor det undersøges, hvilken lineær kombination af et sæt økologiske variable (her kaldet miljøvariable), der giver den bedst mulige forklaring af variationen i artssammensætningen. Variationen beskrives langs et mindre antal akser. Det er her muligt at udvælge de miljøvariable, der bidrager mest til at forklare variationen langs akserne. Dette valg gøres efter brug af en Monte Carlo permutationstest for statistisk sikker sammenhæng. Det er en forudsætning for brug af CCA, at arternes respons er unimodalt, dvs. at arterne har et optimum, hvor de trives bedst.

Der blev efterfølgende - efter ønske fra miljøcentrene - udført en supplerende gradientanalyse på en delmængde af datasæt 1. Der blev her udvalgt data fra i alt 108 stationer, hvor smådyrsfaunaen var indsamlet i vinter-/forårsmånederne, og hvor vandløbsbredden samtidig var ≤ 3 m. Derudover blev der foretaget en supplerende bearbejdning af ferrojern-tidsserier fra 15 okkerbelastede stationer i henholdsvis Linding Å og Outrup Bæk vandsystemer. Her blev indholdet af ferrojern fulgt intensivt fra midt i firserne og frem til 2004, hvorefter målingerne blev genoptaget i november 2007 og februar 2008.

Resultater

De analyserede stationer udviste betydelige gradienter mht. miljøvariable og faunaklasse (Tabel 3). Størst variation var der for DFI, pH, Fe-total og faunaklasse, mens der var en relativt mindre variation for vandløbsbredde, BI₅, og Fe²⁺. Af særlig interesse er naturligvis jerngradienterne, hvor både relativt ubelastede og ret stærkt belastede stationer var godt repræsenteret. Det skal dog bemærkes, at datasættet ikke indeholder stationer, som af miljøcentrene vurderes at være helt uden jernbelastning.

Der blev i alt fundet 391 taxa af smådyr ved de undersøgte stationer, men efter aggregeringer af data til ensartet identifikationsniveau mv. blev den samlede "taxon" rigdom reduceret til kun 165. Blandt disse udgjorde EPT taxa 46 % - heraf døgnfluer (E) 11 %, slørvinger (P) 8 % og vårfluer (T) 27 %. Antallet af individer, antal taxa og antal EPT taxa på stationsniveau var hhv. 16-7835, 3-49, og 0-21, hvilket viser en meget stor variation fra station til station.

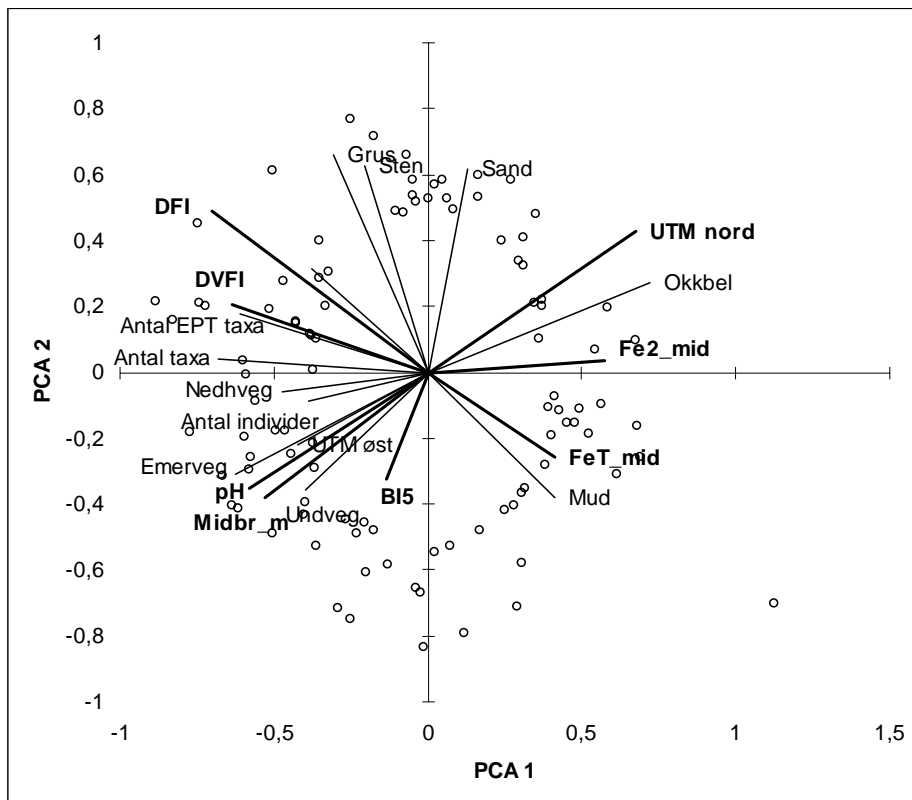
Tabel 3. Statistiske værdier for primære miljøvariable - samt faunaklasse i de analyserede datasæt på 188 stationer.

	Middelværdi	Median	Standard afvigelse	Minimum	Maksimum
Vandløbsbredde (m)	3,0	1,78	1,68	0,50	10,4
Dansk Fysisk Indeks (DFI)	11	9	12	-8	51
BI ₅ - middel (mg/l)	0,98	0,76	0,79	0,25	6,0
pH	5,5	7,1	(4,4)	3,3	8,3
Fe ²⁺ - middel (mg/l)	0,71	0,55	0,71	0,00	5,4
Fe ²⁺ - maksimum (mg/l)	1,0	0,77	1,0	0,01	8,9
Fe total - middel (mg/l)	3,2	2,8	2,4	0,00	29
Fe total - maksimum (mg/l)	4,3	3,5	3,9	0,00	42
Dansk Vandløbs Fauna Indeks (faunaklasse)		4		1	7

Sammenhængen mellem de enkelte miljøvariable, simple biologiske "metrics" som DVFI, antallet af individer og taxa af makroinvertebrater, samt antallet af taxa af døgnfluer, slørvinger og vårfluer (EPT taxa) blev indledningsvis undersøgt ved brug af Principal Component Analysis (PCA) (Figur

Tabel 4. Pearson korrelationer (r) mellem primære miljøvariable og biologiske "metrics" for det analyserede datasæt på 188 stationer. Der er kun angivet signifikante værdier (P<0,05). Moderat stærke korrelationer (0,3<r<0,4) er markeret med fed, mens stærke korrelationer (r>0,4) er markeret med fed+kursiv. Ikke signifikante sammenhænge er markeret med NS.

	Middel Bredde	DFI	BI5	pH	Fe ²⁺ middel	Fe-tot middel	DVFI	Antal individer	Antal taxa
DFI	0,21								
BI5	NS	NS							
pH	0,44	0,22	NS						
Fe ²⁺ , middel	-0,33	-0,19	0,16	-0,32					
Fe-tot, middel	NS	-0,23	0,27	NS	0,63				
DVFI	0,28	0,33	NS	0,23	-0,42	-0,27			
Antal individer	NS	0,22	NS	0,21	-0,17	-0,16	0,48		
Antal taxa	0,33	0,33	NS	0,35	-0,35	-0,21	0,65	0,39	
Antal EPT taxa	0,32	0,34	NS	0,17	-0,34	-0,22	0,57	0,18	0,81



Figur 1. Principal Component Analysis (PCA) på primære miljøvariable (markeret med fed), "sekundære" miljøvariable tilknyttet beregningen af DFI, og biologiske "metrics" for det analyserede datasæt på 188 stationer. PCA akse 1 og PCA akse 2 forklarede hhv. 25 og 14 % af variationen. Betydningen og de indbyrdes relationer mellem variable er vist i form af længde og retning af vektorerne. De enkelte stationer er markeret som åbne cirkler; stationer som ligger tæt, er meget lig hinanden, mens stationer som ligger fjernt fra hinanden er meget forskellige (Bemærk i øvrigt at stationer, som ligger omkring centrum af figuren, ikke er afbildet af hensyn til overskueligheden). Se Tabel 2 for forklaring på de anvendte miljøvariabel koder.

1). I denne analyse forklarede de 2 første akser (PCA 1 og PCA 2) hhv. 25 og 14 % af variationen (i alt 39 %), mens 3. akser yderligere forklarede 11 % af variationen. Faunaklasse, antal taxa og antal EPT taxa var alle positivt korrelerede til den fysiske vandløbskvalitet (DFI), men negativt korrelerede til jern, primært Fe^{2+} (se også Tabel 4). Faunaklasse, antal taxa og antal EPT taxa var desuden positivt korrelerede til vandløbsstørrelse (middelbredde), mens pH og Fe^{2+} -middel var hhv. positivt og negativt korrelerede med vandløbsstørrelse. Ikke overraskende var faunaklassen positivt (og endda stærkt) korreleret med hhv. antallet af individer, antal taxa og antal EPT taxa.

DCA på hhv. datasæt 1 (188 stationer, reduceret bestemmelsesniveau for dansemyg, kvægmyg og vandmider) og datasæt 2 (106 stationer med detaljeret bestemmelsesniveau for disse grupper) gav rimelig gode ordinationer, hvor de første 3 akser forklarede 15,5-15,6 % af variationen i taxon data (Tabel 5). Korrelationerne mellem aksescorerne og de angivne miljøvariable viste overordnet set samme mønster for de to datasæt.

Således var DCA 1 akserne stærkt positivt korrelerede med en nord-syd gående geografisk gradient og synlig okkerbelastning, mens akserne var stærkt negativt korrelerede med middelbredden, DFI og pH (Tabel 6). Endvidere var DCA 1 akserne stærkt/relativt stærkt negativt korrelerede med nedhængende vegetation og emergent vegetation. Desuden var DCA 1 stærkt negativt korreleret med månedsnummer for datasæt 1. Andre variable var ret svagt korrelerede med DCA 1 akserne: Fe^{2+} middel (positivt) og BI_5 (negativt).

Færre miljøvariable var korrelerede med DCA akse 2 i begge datasæt (Tabel 6). Således var månedsnummeret stærkt positivt korreleret med DCA akse 2 i datasæt 1, men ikke korreleret med akse 2 i datasæt 2. Desuden var middelbredden relativt stærkt korreleret med DCA 2 akserne for begge datasæt.

Såvel fysiske forhold (positivt/negativt) som Fe²⁺ og Fe-total (negativt) var stærkt korreleret med DCA 3 akse og var – i begge datasæt - de mest betydende blandt samtlige miljøvariable på denne akse (Tabel 6).

Tabel 5. Parametre, der medvirker til at beskrive, hvor stor en del af variationen, der forklares i de udførte DCA'r på taxon-data, hhv. på datasæt 1 med reduceret bestemmelsesniveau for Chironomidae, Simuliidae og Hydracarina (188 stationer) og datasæt 2 med detaljeret bestemmelsesniveau for disse taxa (106 stationer). Begge DCA analyser er kørt med udeladelse af sjældne arter (arter som højst forekom på 3 stationer).

Datasæt:	"Eigenvalues"			Gradientlængde af akse 1	Total varians forklaret (%)
	Akse 1	Akse 2	Akse 3		
(1)188 stationer	0,301	0,218	0,179	2,827	15,6
(2) 106 stationer	0,344	0,200	0,141	3,087	15,5

Tabel 6. Pearson korrelation koefficienter (r) mellem DCA akse scorer og udvalgte (betydende) miljøvariable for de 2 datasæt (1 og 2). Der er kun angivet signifikante værdier (P<0,05). Moderat stærke korrelationer (0,3<r<0,4) er markeret med fed, mens stærke korrelationer (r>0,4) er markeret med fed+kursiv.

Miljøvariabel	Datasæt 1 (188 stationer)			Datasæt 2 (106 stationer)		
	Akse 1	Akse 2	Akse 3	Akse 1	Akse 2	Akse 3
UTM nord	0,75			0,54		-0,21
Middel bredde	-0,55	0,31		-0,42	0,32	
Middel strømhastighed			-0,38			-0,40
DFI	-0,44		-0,39	-0,56		-0,21
Nedhængende vegetation	-0,45	-0,27		-0,36		
Emergent vegetation	-0,49			-0,34		
Okkerbelastning (synlig)	0,55			0,41		
Mudder dækning	0,18		0,34			0,20
Høller & stryg	-0,26		-0,41	-0,49		-0,28
BI ₅	-0,27		0,14	-0,23		0,30
pH	-0,65			-0,43		
Fe ²⁺ , middel	0,28		0,36	0,24		0,39
Fe-total, middel		0,18	0,33			0,33
Måneds nr.	-0,46	0,66	0,25			

CCA på hhv. datasæt 1 (188 stationer, reduceret bestemmelsesniveau for dansemyg, kvægmyg og vandmider) og datasæt 2 (106 stationer med detaljeret bestemmelsesniveau for disse grupper) gav rimelig gode ordinationer, hvor de første 3 akser forklarede 11,8-11,9 % af variationen i taxon data og 38,4-43,2 % af variationen i relationerne mellem taxondata og miljøvariable (Tabel 7).

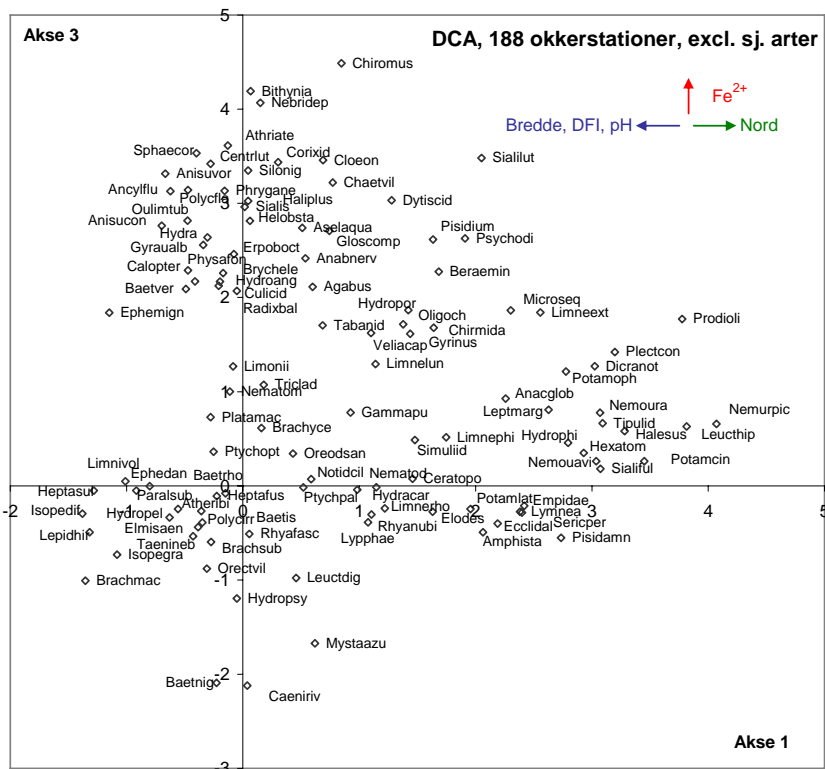
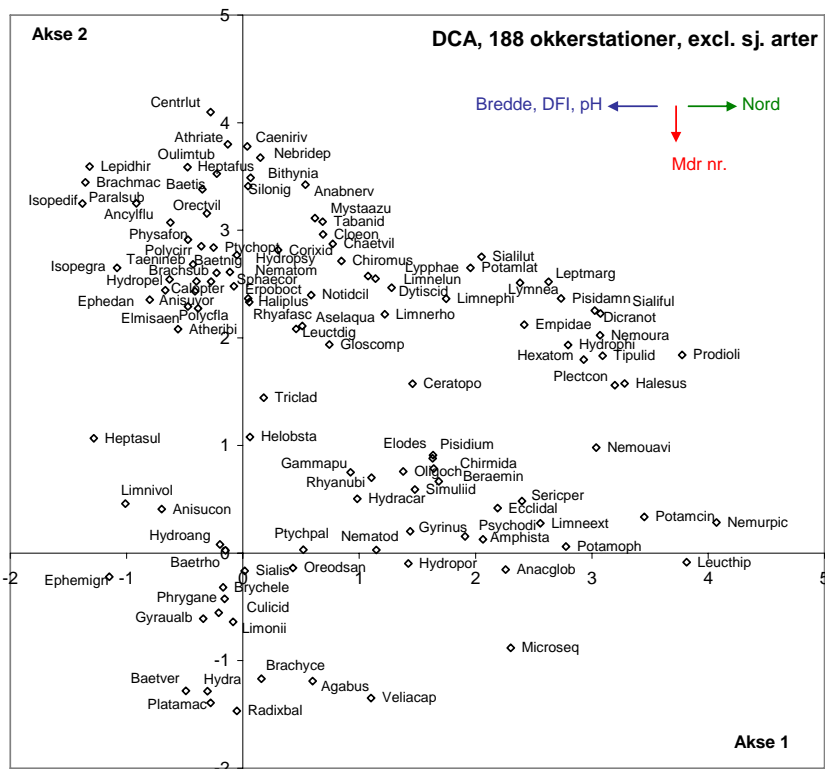
Tabel 7. Eigenvalues og forklaret varians ved CCA på de 2 sæt af makroinvertebratdata og miljøvariable.

Datasæt 1 (188 stationer) CCA akser:	1	2	3
Eigenvalues	0,253	0,170	0,112
Arts-miljø korrelationer	0,926	0,879	0,784
Kumulativ % varians på artsdata	5,6	9,4	11,8
Kumulativ % varians på arts-miljø relationer	20,4	34,1	43,2
Datasæt 2 (106 stationer) CCA akser:	1	2	3
Eigenvalues	0,258	0,147	0,096
Arts-miljø korrelationer	0,889	0,837	0,880
Kumulativ % varians på artsdata	5,9	9,2	11,9
Kumulativ % varians på arts-miljø relationer	16,0	25,0	38,4

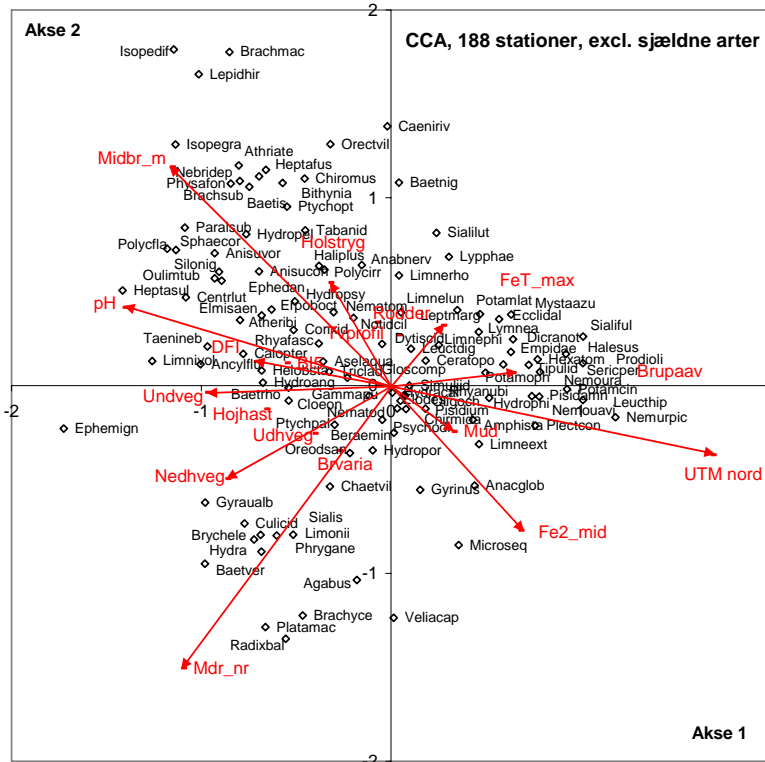
Tabel 8. "Forward selection" af miljøvariable og deres λ -scorer ved CCA på de 2 sæt af makroinvertebratdata og miljøvariable. Jo højere λ , des bedre forklares variationen i taxondata. "Top 5" af bedst forklarende variable er markeret med fed skrift., $P < 0,01^{**}$, $P < 0,05^*$, $P \geq 0,05$ (# - ikke signifikant).

Miljøvariable	Datasæt (1)	Datasæt (2)
UTM nord	0,19**	0,13**
Måneds nr.	0,16**	0,06*
Middel bredde	0,06**	0,17**
Dansk Fysisk Indeks (DFI)	0,07**	#
Fe ²⁺ middel	0,04**	0,05*
Fe total maksimum	0,04*	#
Nedhængende vegetation	0,04**	#
BI ₅	0,03*	#
UTM øst	0,03**	0,05**
Emergent vegetation	0,04**	#
Bredde variation	0,03*	0,10**
Rødder	0,03*	#
Bredde af upåvirket bræmme	0,03*	0,05**
Høller&stryg	0,03*	0,08**
Anden fysisk variation	0,03*	#
Tværsnitprofil	0,03*	0,05*
pH	0,03*	#
Udhængende vegetation	0,03*	#
Undervandsvegetation	0,02*	#
Mudder dækning	0,03*	#
Okkerbelastning (synlig okker)	#	0,07**
Sand dækning	#	0,06**

Der var derimod betydelig forskel på hvilke miljøvariable, som var mest betydende i de to datasæt (Tabel 8). I datasæt 1 var de mest betydende variable (med høje λ værdier) en nord-syd gående geografisk gradient, tidspunktet for indsamling af faunaprøverne, de fysiske forhold, vandløbsstørrelsen og indholdet af Fe²⁺. Både vandløbsstørrelse, nord-syd gående geografisk



Figur 2. DCA for 188 vandløbsstationer i Syd- og Vestjylland. Resultater af analysen er vist for akserne 1-3. De mest betydende miljøvariable langs akserne er angivet øverst i højre hjørne. Arter, som har været sjældent forekommende (fundet på færre end 4 stationer), er udtaget af analysen. Data er transformerede ($\log(x+1)$) for at sikre, at arter med lavt individantal får en vis vægt i ordinationen

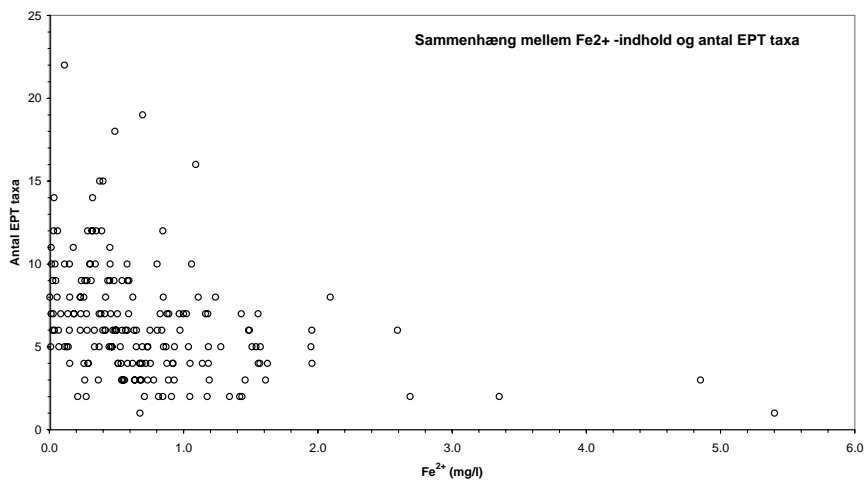
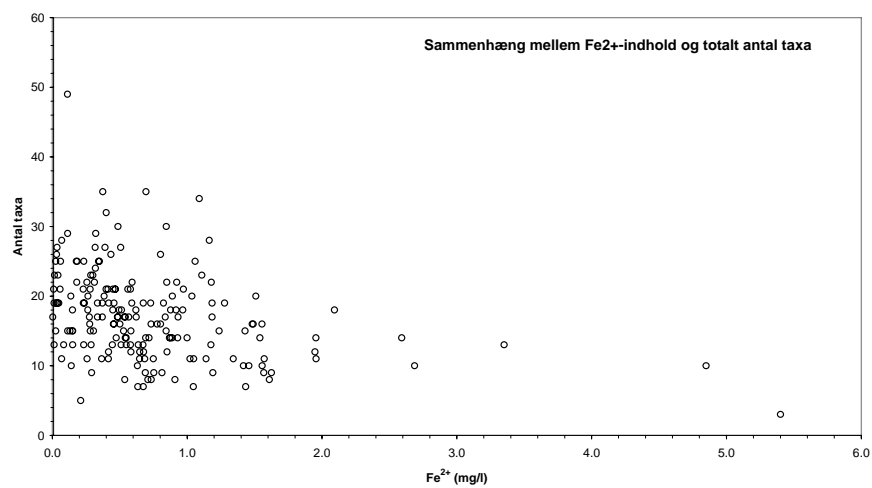
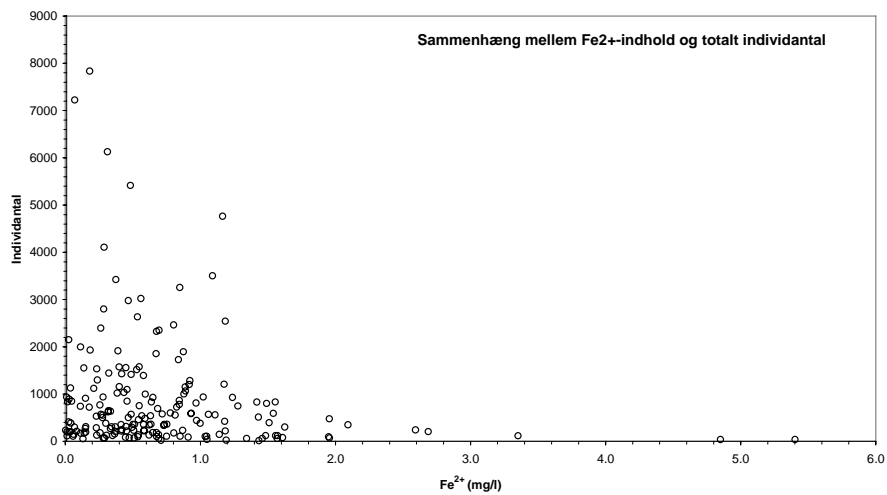


Figur 3. CCA for 188 vandløbsstationer i Syd- og Vestjylland. Resultater af analysen er vist for akserne 1-2. De mest betydende miljøvariable er angivet ved pile, hvor pilenes længde angiver den relative betydning (signifikans-niveau 0,05 %). Enkelte pile er dog for overskuelighedens skyld udeladt. Arter, som har været sjældent forekommende (fundet på færre end 4 stationer), er udtaget af analysen. Data er transformerede ($\log(x+1)$) for at sikre, at arter med lavt individantal får en vis vægt i ordinationen

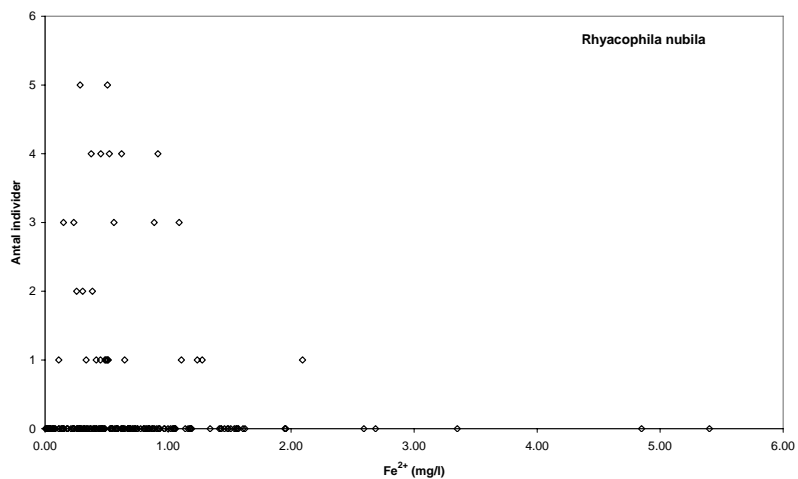
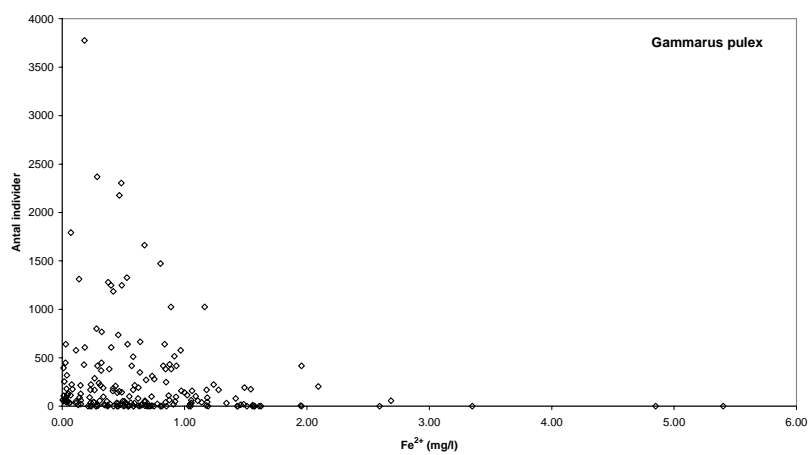
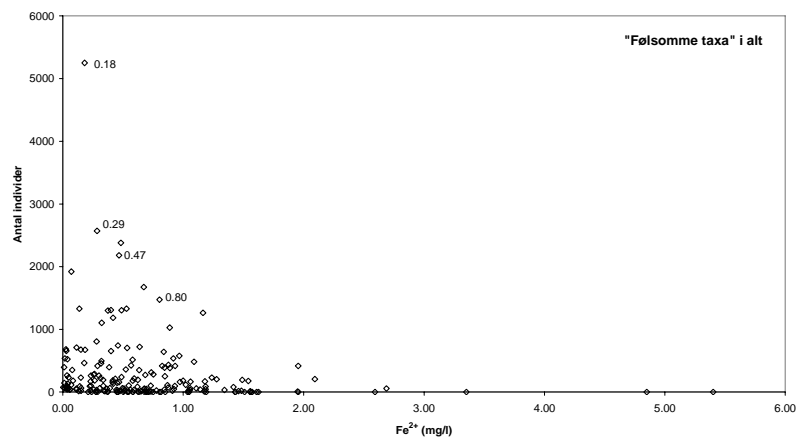
gradient og fysiske forhold (inkl. synlig okkerbelastning) var også vigtige i datasæt 2, medens tidspunktet for indsamling af faunaprøverne og Fe^{2+} tilsyneladende spillede en mindre rolle.

Stationernes rumlige fordeling ved ordinationerne i både DCA og CCA er ikke vist grafisk i denne rapport, fordi denne information er vurderet som mindre betydningsfuld. Derimod er vist, hvorledes de enkelte taxa fordeler sig i de pågældende ordinationer, der viser hvilke relationer disse taxa har med de forskellige miljøvariable (Figur 2-3).

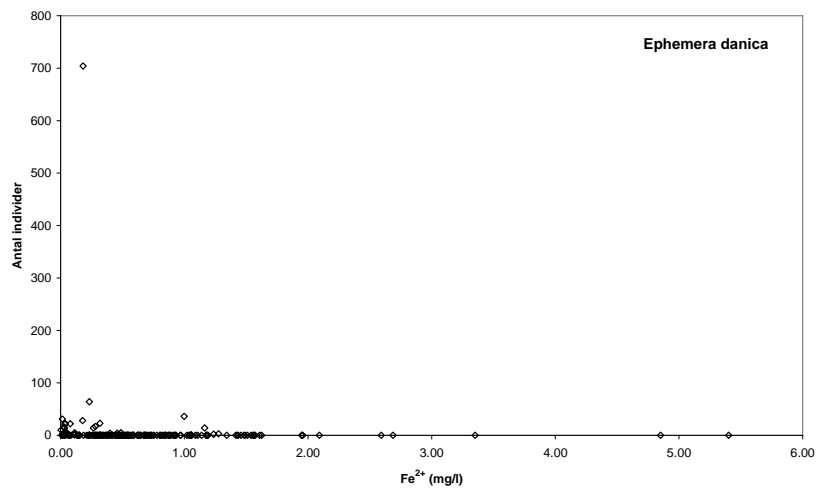
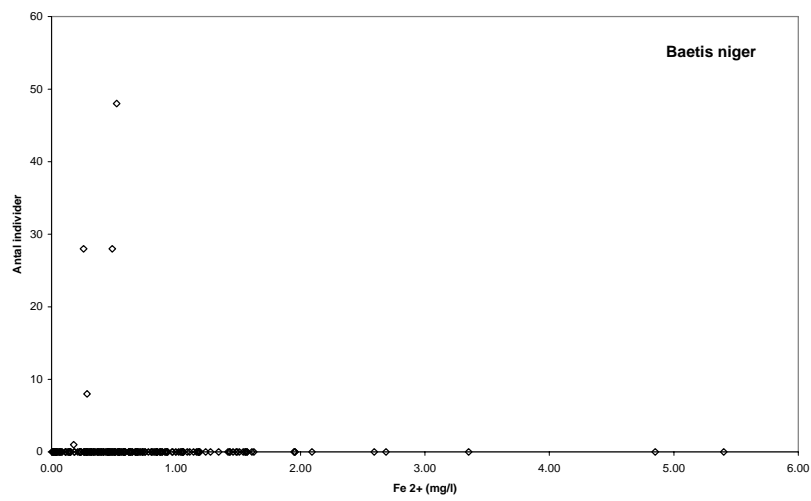
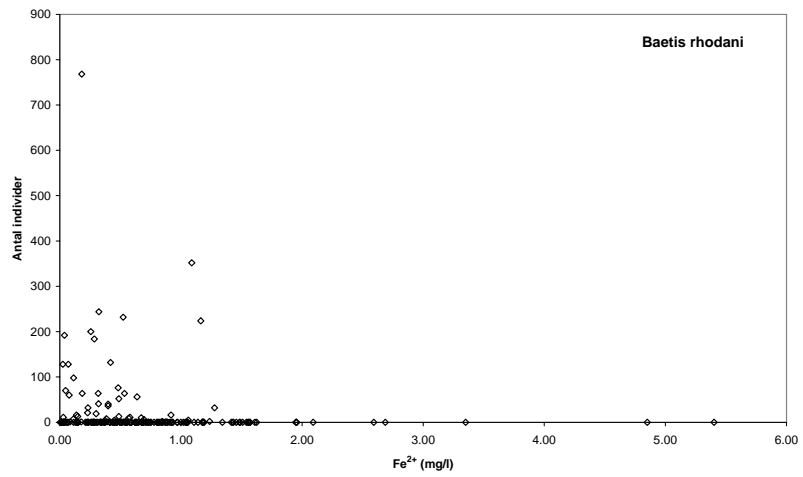
Både DCA og CCA viste samlet set, at en række taxa forekom i større vandløb, som havde relativt høj pH, og som samtidig overvejende var beliggende i den sydlige del af undersøgelsesområdet (Figur 2-3). Blandt disse kan bl.a. fremhæves slørvingerne *Isoperla difformis*, *I. grammatica* og *Taeniopteryx nebulosa*, døgnfluerne *Baetis niger*, *Ephemera danica*, *Heptagenia sulphurea*, *H. (Kageronia) fuscogrisea*, og *Paraleptophlebia submarginata*, vårfluerne *Polycentropus flavomaculatus*, *Brachycentrus maculatus*, *B. subnubilus*, *Lepidostoma hirtum* og *Silo nigricornis*, samt billerne *Oulimnius tuberculatus* og *Nebrioporus depressus*. Modsat var bl.a. slørvingerne *Nemurella picteti* og *Leuctra hippopus*, dovenfluen *Sialis fuliginosa*, vårfluerne *Plectrocnemia conspersa*, *Potamophylax cingulatus* og *Sericostoma personatum*, samt dansemyggen *Prodiamesa olivacea* især knyttet til små, relativt sure vandløb, der primært var beliggende i den nordlige del af undersøgelsesområdet. Begge analyser viste desuden, at en række arter forekom i prøver udtaget i sensommer-tidligt efterår: Polyptyret *Hydra*, døgnfluen *Baetis vernus*, billerne *Brychius elevatus*, *Agabus* og *Platambus maculatus*, samt sneglen *Radix baltica*. De to analyser identificerede også mulige Fe^{2+} følsomme taxa (i DCA langs akse 3): Slørvingerne *Isoperla difformis*, *I. grammatica*,



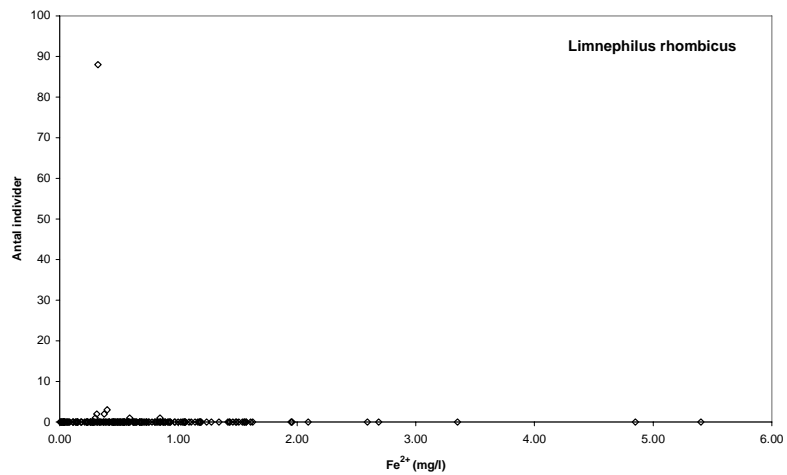
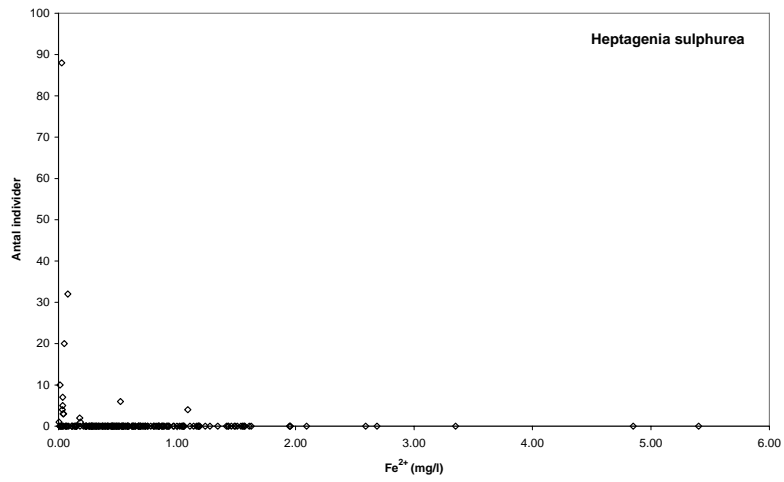
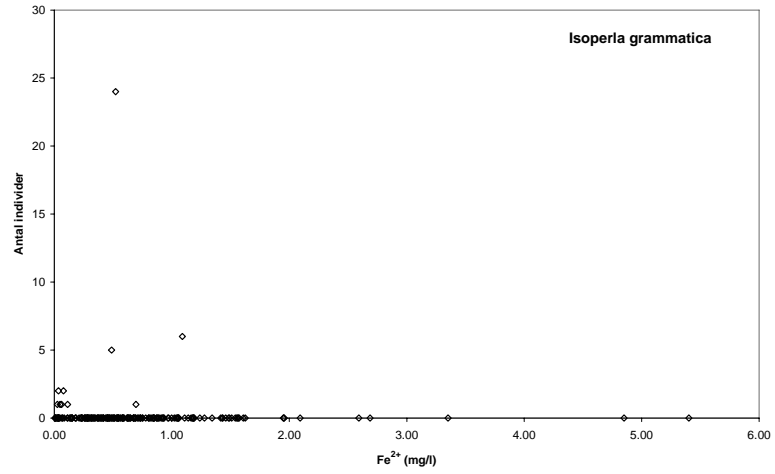
Figur 4. Sammenhæng mellem indholdet af ferrojern i vandløbsvandet og antallet af henholdsvis individer, taxa og EPT-taxa af smådyr på 188 vandløbsstationer i Syd- og Vestjylland. Ved EPT forstås døgnfluer, slørvinger og vårfluer.



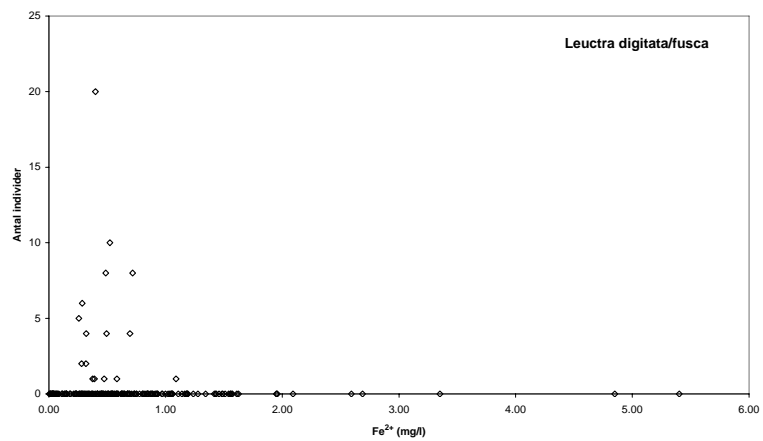
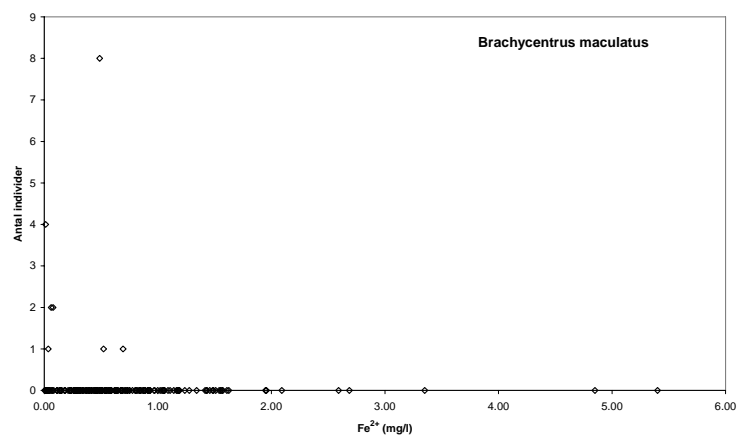
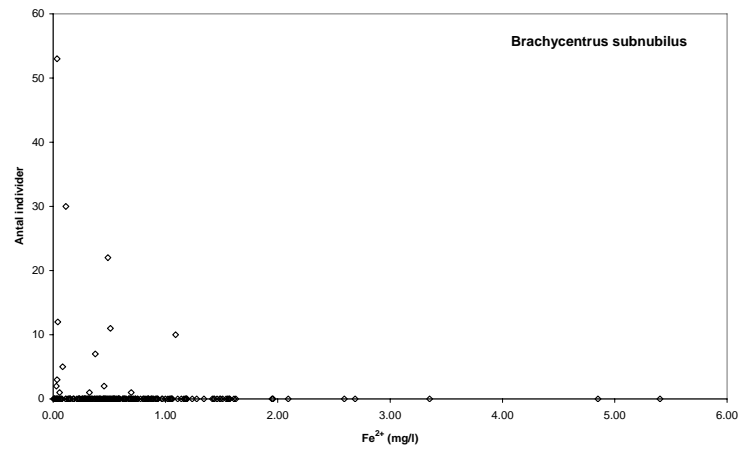
Figur 5.1. Antal individer (pr. prøve) af udvalgte taxa af smådyr på 188 vandløbsstationer i Syd- og Vestjylland. De såkaldt "følsomme taxa" er defineret nærmere i teksten.



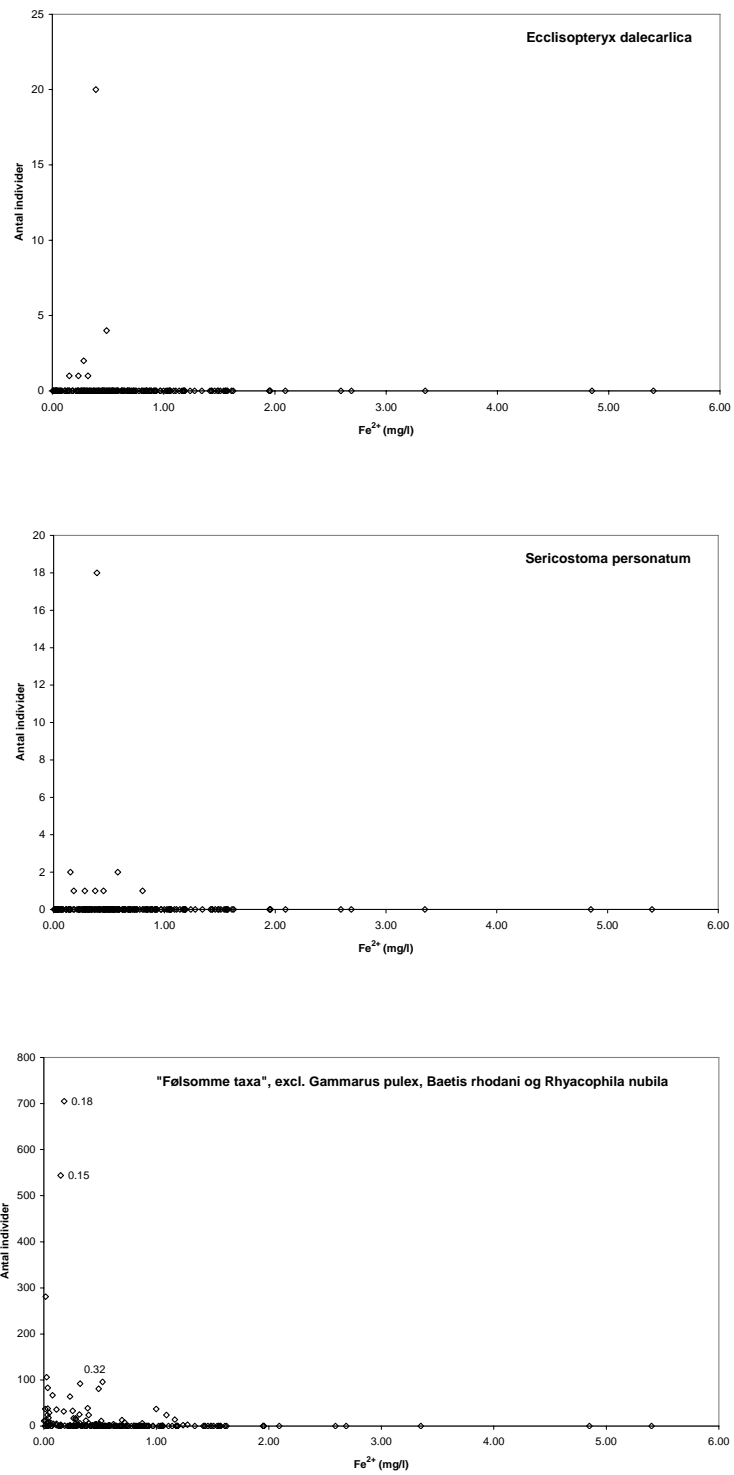
Figur 5.2. Antal individer (pr. prøve) af udvalgte taxa af smådyr på 188 vandløbsstationer i Syd- og Vestjylland. De såkaldt "følsomme taxa" er defineret nærmere i teksten.



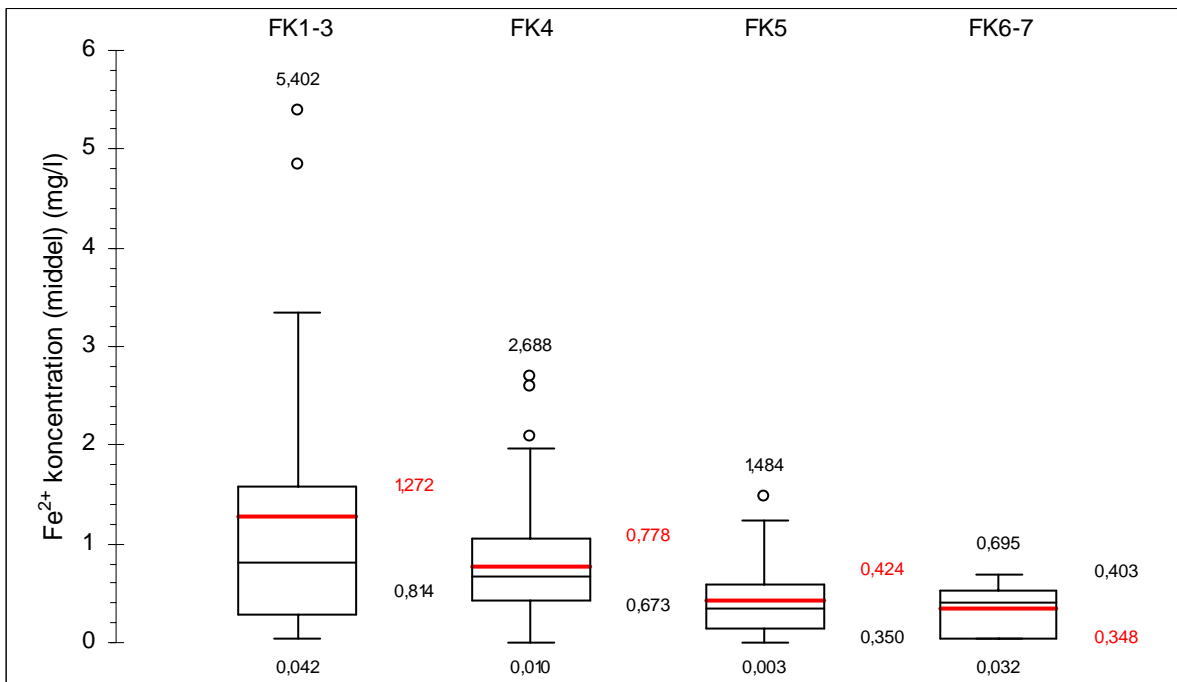
Figur 5.3. Antal individer (pr. prøve) af udvalgte taxa af smådyr på 188 vandløbsstationer i Syd- og Vestjylland. De såkaldt "følsomme taxa" er defineret nærmere i teksten.



Figur 5.4. Antal individer (pr. prøve) af udvalgte taxa af smådyr på 188 vandløbsstationer i Syd- og Vestjylland. De såkaldt "følsomme taxa" er defineret nærmere i teksten.



Figur 5.5. Antal individer (pr. prøve) af udvalgte taxa af smådyr på 188 vandløbsstationer i Syd- og Vestjylland. De såkaldt "følsomme taxa" er defineret nærmere i teksten.



Figur 6. Box plot af sammenhæng mellem Fe^{2+} - koncentration (middel) i vandløbsvand og faunaklassen for 197 stationer. Angivet middelværdi (rød linje), medianværdi (sort linje), og 25 % og 75 % kvartil (boxgrænser), standardafvigelse, og ekstreme værdier. Desuden er angivet eksakte værdier for ovennævnte.

Leuctra digitata/fusca, døgnfluerne *Baetis niger*, *B. rhodani*, *Ephemera danica*, *Heptagenia sulphurea*, *Caenis rivulorum*, og vårfluerne *Rhyacophila nubila*, *Brachycentrus maculatus* og *B. subnubilus*.

Eftersom jern-fraktionerne i forhold til miljøvariable som geografisk beliggenhed, vandløbsstørrelse og fysisk kvalitet tilsyneladende havde en mindre betydende rolle, og det derfor var vanskelig entydigt at udpege taxa, som enten var følsomme eller tolerante over for jern, blev der foretaget en såkaldt partiel CCA på datasæt 1 (ekskl. sjældne arter). Ikke overraskende forklarede denne analyse en relativt mindre del af variationen i taxon data (kun ca. 1 % af variationen på taxon data langs akse 1) end de oven for omtalte gradientanalyser. Det var dog muligt ud fra denne analyse at udpege taxa, som forekom ved hhv. høje og lave koncentrationer af Fe^{2+} (middel). Tolerante var tægen *Velia caprai*, billerne *Agabus* og *Dytiscidae* indet., vårfluerne *Plectrocnemia conspersa* og *Phryganea*, og sneglen *Anisus contortus*. Fe^{2+} følsomme taxa var bl.a. døgnfluen *Baetis niger*, slørvingerne *Leuctra digitata/fusca* og *Taeniopteryx nebulosa*, billen *Brychius elevatus*, vårfluerne *Lype phaeopa*, *Ecclisopteryx dalecarlica*, *Notidobia ciliaris*, *Sericostoma personatum*, *Limnephilus rhombicus*.

Ud fra gradient analyserne blev der identificeret 19 potentielt Fe^{2+} -følsomme taxa. Disse blev suppleret med tangloppen *Gammarus pulex* til i alt 20 taxa. Antallet af individer for hver af disse taxa, samt antallet af individer af alle disse ”følsomme” taxa tilsammen, blev afbildet mod indholdet af Fe^{2+} (Figur 5.1-5.5), ligesom sammenhængen mellem det totale individantal (alle taxa), totalt antal taxa og antallet af EPT taxa blev afbildet mod indholdet af Fe^{2+} (Figur 4).

Antallet af individer i alt, antal taxa og antal EPT taxa var alle negativt korreleret med Fe^{2+} (r-værdier: -0,17, -0,35, -0,34; $P < 0,05$). Høje individ- og taxon antal forekom kun ved koncentrationer på under ca. 1,0-1,2 mg/l (Figur 4). Ligeledes var antallet af ”følsomme” taxa, *Gammarus pulex*,

Isoperla grammatica, *Baetis rhodani*, *Rhyacophila nubila* kun højt ved Fe^{2+} koncentrationer under ca. 1 mg/l (Figur 5.1, 5.2, 5.3). Derimod var en lang række taxa tilsyneladende væsentlig mere følsomme med ”grænseværdier” for hyppig forekomst under 0,50-0,75 mg/l (*Baetis niger*, *Brachycentrus maculatus*, *B. subnubilus*, *Leuctra digitata/fusca*, *Ecclisopteryx dalecarlica*) (Fig. 5.2, 5.4, 5.5). Mest følsomme var taxa som *Ephemera danica* og *Heptagenia sulphurea*, som kun optrådte talrigt ved Fe^{2+} koncentrationer under 0,2 mg/l (Fig. 5.2, 5.3), ligesom antallet af ”følsomme” taxa (ekskl. *G. pulex*, *B. rhodani* og *R. nubila*) kun var højt under denne grænse (Fig. 5.2, 5.3, 5.5).

Endelig blev sammenhængen mellem faunaklassen og indholdet af Fe^{2+} undersøgt ved samtlige 197 stationer (Figur 6). Figuren (og en bagved liggende statistisk analyse af data) viser, at forskellen i koncentrationer fundet ved hhv. faunaklasse 4 og faunaklasse 5 eller højere er markant (t-test, $P < 0,0001$). Desuden viser data, at faunaklasse 5 eller højere primært er fundet i vandløb, hvor Fe^{2+} koncentrationen (middel) er mindre end ca. 0,5 mg/l.

Resultatet af de supplerende gradientanalyser for 108 stationer i mindre vandløb (bredde ≤ 3 m), og hvor faunaprøverne alle var udtaget vinter/forår, fremgår desuden af bilag 2. Selvom forklaringsgraden med hensyn til Fe^{2+} var lidt større ved den udførte CCA end for det store datasæt (datasæt 1, 188 stationer), er de mest betydende miljøvariable de samme som i dette. Også en sammenligning mellem indholdet af Fe^{2+} og faunaklassen (se bilag 2) viser resultater, der svarer godt til dem, der er fundet for det samlede datasæt (197 stationer).

Diskussion

De anvendte datasæt er behæftet med mangler, som må forventes at have haft indflydelse på resultatet af analyserne, herunder specielt vurderingen af okkerbelastningens betydning for smådyrsfaunaens sammensætning og tæthed.

Først og fremmest er det en usikkerhedsfaktor – og kan være en væsentlig fejlkilde – at målinger af jernindhold og faunaprøver for 85 % af stationerne ikke er fra samme år, og endda ofte er foretaget med en betydelig tidsforskydning. Således kan jernindholdet på en del stationer udmærket tænkes at have været anderledes på tidspunktet for indsamling af faunaprøverne end på tidspunktet for indsamling af vandkemiprøverne. At ferrojern-indholdet i vandløbsvandet på 15 okkerbelastede stationer i det tidligere Ribe Amt i vintrene 1997-2008 ikke har ændret sig signifikant - eller i enkelte tilfælde er steget - (se bilag 2), viser, at det ofte tager lang tid, før en okkerbelastning aftager. Men det fremgår samtidig, at ferrojern-indholdet på disse stationer varierer meget, og at niveauerne i visse vintre har været meget lave, i andre meget høje.

En anden mulig fejlkilde er, at en stor del af faunaprøverne er taget sensommer-efterår, mens jernmålingerne er foretaget om vinteren. Således må makroinvertebratfaunaen igennem vinterperioden formodes at være direkte påvirket af høje jernkoncentrationer, mens den i sensommer-tidligt efterår er opbygget i en periode, hvor jernindholdet forventeligt er mindre.

Dette betyder alt i alt, at sammenhængen mellem jernforbindelser og makroinvertebrater i de foreliggende datasæt 1 og 2 ikke kan forventes at blive særlig stærk, hvilket da også var tilfældet.

En supplerende dataanalyse af en delmængde af datasæt 1, dvs. data fra stationer i mindre vandløb (med en bredde ≤ 3 m), hvor smådyrsprøverne blev indsamlet i vinter-/forårsmånederne, viste ligeledes, at ferrojern-indholdet kun forklarede en meget lille del af variationen i smådyrsfaunaens sammensætning.

Det skal desuden fremhæves, at der blandt de analyserede stationer ikke forekommer sådanne, som fra miljøcentrenes side er vurderet som helt upåvirkede af jern. Sådanne referencestationer ville muligvis have bidraget til et tydeligere respons på jern hos smådyrsfaunaen.

Derimod var makroinvertebratfaunaen i alle datasæt i høj grad afhængig af forhold som vandløbets størrelse, dets fysiske kvalitet og dets geografiske placering inden for undersøgelsesområdet.

Det kan umiddelbart forekomme bemærkelsesværdigt, at der er en så tydelig afhængighed af vandløbsstørrelsen, når gradienten i størrelse alene omfattede vandløb med en bredde på 0,5 til 10 m (for delmængden af datasæt 1 endda kun 0,5 til 3 m). Talrige undersøgelser i vandløb har dog tidligere påvist en markant sammenhæng mellem artsantal/artssammensætning og vandløbenes størrelse. Det gælder også under danske forhold og selv for relativt små gradienter af størrelse (Brönmark et al. 1984; Jacobsen & Friberg 1997; Wiberg-Larsen et al. 2000; Pedersen 2003; Wiberg-Larsen & Larsen 2007). Dette er en væsentlig sammenhæng, som ikke mindst har haft indflydelse på valget af den danske vandløbstypologi i forbindelse med Vandrammedirektivet. Det skal her fremhæves, at vandspejlsfaldet (dvs. vandløbets hældning), som også er en vigtig fordelende faktor, er nært negativt relateret til vandløbsbredden og dermed vandløbsstørrelsen. Vandløbets hældning aftager således som hovedregel, efterhånden som vandløb tiltager i størrelse. Det betyder, at artsantallet som hovedregel øges, og artssammensætningen ændres med aftagende fald ned gennem et vandløbssystem (se fx Wiberg-Larsen et al. 2000; Pedersen 2003). En væsentlig forklaring på, at artsrigdommen øges med vandløbsstørrelsen er, at vandløb – i hvert fald op til en

vis grænse, som formodentlig ikke nås under danske forhold – bliver fysisk mere diverse med øget størrelse; kort sagt: jo flere habitater, des større artsrigdom.

Det er også velkendt og forventet, at sammensætningen af taxa er afhængig af vandløbets fysiske forhold. I den forbindelse er det fysiske indeks velegnet til at afspejle graden af fysisk variation og dermed omfanget af potentielle habitater for de forskellige makroinvertebrater.

Selvom undersøgelsen omfattede et relativt velafgrænset geografisk område, nemlig området af Jylland vest for israndslinien, er det bemærkelsesværdigt, at der var en markant forskel i artssammensætningen fra nord til syd. Tilsvarende nord-syd gradient i artssammensætningen er dog påvist for hele landet og kan bl.a. skyldes indvandringshistoriske forhold, samt at nogle arter har deres geografiske (og formodentlig klimatisk betingede) nordgrænse i Danmark. Forholdet er diskuteret i Wiberg-Larsen & Larsen (2007), men gradienten ved denne undersøgelse skyldes formodentlig andre forhold. Således var vandløbene i den nordlige del af området mere sure end dem sydpå, men der kan også være tale om måske mere tilfældige eller ikke umiddelbart forklarlige forskelle i visse arters udbredelse. Nogle af de karakteristiske arter i de nordlige og især små vandløb er imidlertid kendt for at kunne tolerere levevilkårene i sure vandløb (*Nemurella picteti*, *Sialis fuliginosa*, *Plectrocnemia conspersa*, *Prodiamesa olivacea*).

Forskellene i de tidspunkter, hvor faunaprøverne blev indsamlet, havde en væsentlig indflydelse på sammensætningen af taxa. Således forekom fx *Baetis vernus* i sensommer prøverne, hvilket passer fint med, at dens nymfævækst finder sted fra omkring juni til hen på sommeren. *Hydra* og *Radix baltica* kan også være hyppigere om sommeren, fordi bestandene opbygges fra forår til efterår. Modsat mangler en betydelig del af arterne i sensommeren, hvor de enten forekommer i ægstadiet eller som meget små nymfer/larver, mens de er til stede som store individer om foråret (fx *Isoperla difformis*, *Caenis rivulorum*, *Heptagenia (Kageronia) fuscogrisea*, *Lepidostoma hirtum*).

Selvom jernindholdet i vandløbsvandet ikke var den mest betydende miljøvariabel i datasættet (jf. ovennævnte forbehold), søges der dog i det følgende foretaget en sammenligning mellem resultaterne i nærværende rapport og andre tilsvarende undersøgelser.

Når dræninger og udgrøftninger foretages i områder, hvor jordbunden er rig på pyrit (FeS_2) eller siderit (FeCO_3), tilføres der ferrojern-holdigt og evt. surt drænvand til vandløbene. Her hvor pH sjældent når under 4,5, vil jernet udfældes som ferrihydroxid (Fe(OH)_3) kaldet okker. I de tidlige stadier af okkerdannelsen vil ferrijernet findes på kolloidform (vandholdige i reglen positivt ladede ferrihydroxider med en størrelse under $0,45 \mu\text{m}$). Efterhånden vil okkeren imidlertid udfældes fra vandfasen i partikulær form (ferrihydroxider med en størrelse over $0,45 \mu\text{m}$). De ændrede vandkemiske forhold i forbindelse med tilførslen af jernforbindelser (i opløst, kolloidal og partikulær form) og dannelsen af okkerbelægninger på alle neddykkede overflader påvirker i væsentlig grad mange forskellige livsprocesser i vandløbene og har dermed negativ indflydelse på hele vandløbsøkosystemet. Det er således ved såvel udenlandske som danske undersøgelser påvist, at arts- og individtæthed af vandløbsorganismer reduceres væsentligt i okkerbelastede vandområder (se fx Wiberg-Larsen 1978, Nielsen 1981, Rasmussen 1982; Sode, 1982, 1983a, 1983b, 1986; Dannisøe et al. 1984; Skriver 1984; Geertz-Hansen et al. 1984, 1986). Årsagen til den ændrede struktur i de biologiske samfund er dog ofte vanskelig at fastslå med sikkerhed, idet der samtidig med forhøjede jernkoncentrationer kan forekomme relativt lave pH-værdier, lave koncentrationer af uorganisk kulstof, samt høje koncentrationer af sulfat og metaller, herunder aluminium (se fx Herrmann & Andersson 1986; Malte, 1986). Generelt har dog kun ganske få stationer i datasættet haft virkelig lave pH-værdier (kun én station under 4,5, og kun fire i alt under 6), hvorfor der i det følgende kun sættes fokus på jerns betydning for smådyrsfaunaen.

Nielsen (1981) foretog på baggrund af data fra 11 vandløbsstationer i Hvirlå (i Vidå-systemet) en klassificering af de enkelte taxa af smådyr i relation til okkerbelastning i neutrale vandløb (se Tabel 9). Der er her et betydeligt sammenfald med resultaterne for de taxa, som blev fundet i nærværende datasæt. Dette gælder også for undersøgelser udført af Nissen & Dannissøe (1985), der forsøgte sig med en klassifikation af smådyr-taxa efter Fe^{2+} -tolerance i Karup Å-systemet (Rabis Bæk, Åresvad Å og Gindeskov Bæk). Blandt intolerante arter, der kun forekom ved Fe^{2+} -koncentrationer under 0,3 mg/l, fandtes her *Baetis vernus*, *Rheocricotopus fuscipes* og *Tvetenia verralli*. Som semitolerante taxa, der forekom ved Fe^{2+} -koncentrationer under 0,8 mg/l, fandtes desuden *Gammarus pulex*, *Baetis rhodani*, *Chaetopteryx villosa*, *Stenophylax permistus*, *Odagmia ornata*, *Eusimulium latipes*, *Diamesa insignipes*, *Eukiefferiella brevicar/claripennis* og *Micropsectra* sp.

Rasmussen & Lindegaard (1988), der undersøgte 28 vandløbsstationer i Vidå-systemet med pH 6,7-8,8, konstaterede, at arter af døgnfluer (*Baetis vernus* undtaget) og slørvinger (*Nemoura cinerea* undtaget) ikke fandtes ved koncentrationer af Fe^{2+} større end 0,2 mg/l, mens netspindende vårfluer og muslinger af slægten *Sphaerium* ikke fandtes ved koncentrationer over 0,3 mg/l. De fandt desuden, at der skete et brat fald i antallet af taxa, når Fe^{2+} -koncentrationen steg fra 0,20 til 0,25 mg/l (14 taxa forsvandt) og igen, når koncentrationen steg fra 0,25 til 0,50 mg/l (yderligere 15 taxa forsvandt).

I nærværende datasæt for 188 vandløbsstationer i Syd- og Vestjylland blev der tilsvarende fundet et fald i antallet af særligt følsomme taxa (*Ephemera danica* og *Heptagenia sulphurea*, samt ”følsomme” taxa ekskl. *G. pulex*, *B. rhodani* og *R. nubila*), når Fe^{2+} -indholdet var højere end 0,20 mg/l. Derimod var nogle taxa tilsyneladende lidt mindre følsomme med ”grænseværdier” for hyppig forekomst under 0,50-0,75 mg/l (*Baetis niger*, *Brachycentrus maculatus*, *B. subnubilus*, *Leuctra digitata/fusca*, *Ecclisopteryx dalecarlica*).

Tabel 9. Klassifikation af smådyrtaxa efter tolerance over for okkerpåvirkninger. Data er baseret på smådyrsfaunaens sammensætning i Hvirlå (Nielsen 1981).

Intolerante taxa	Semitolerante taxa	Tolerante taxa
<i>Ephemera danica</i>	<i>Nemoura cinerea</i>	<i>Sialis lutaria</i>
<i>Baetis vernus</i>	Visse eruciforme Trichoptera	<i>Macropelopia</i>
<i>Baetis rhodani</i>	Visse Tanytarsini	<i>Chironomus thummi</i> -gr.
<i>Caenis pseudorivulorum</i> (syn. <i>macrura</i>)	Visse Chironomini	<i>Prodiamesa olivacea</i>
<i>Taeniopteryx nebulosa</i>		Visse Orthocladinae
<i>Simulium ornatum</i> -gr.		Tipulidae
<i>Gammarus pulex</i>		Visse Oligochaeta

Rasmussen & Lindegaard (1988) indeholder en tabel med detaljerede makroinvertebratdata fra de omtalte stationer i Vidå-systemet, som - forudsat at deres prøvetagning er sammenlignelig med metoden til bestemmelse af DVFI (Miljøstyrelsen 1998) – kan anvendes til at beregne faunaklassen. Sammenhængen mellem faunaklasse og Fe^{2+} -middel i dette datasæt var meget tydelig. Det var således muligt at fastlægge grænser for Fe^{2+} for de faunaklasser, som i Vandrammedirektiv sammenhæng repræsenterer hhv. god tilstand (FK 5-6), moderat tilstand (FK 4), ringe tilstand (FK 3) og dårlig tilstand (FK 1-2). Sammenhængen er vist i Tabel 10. Det fremgår, at disse grænser er lavere end fundet for nærværende datasæt, hvor skiftet fra god til moderat tilstand (vurderet ud fra FK) fremtræder, når vandløbsvandets indhold af Fe^{2+} når op over 0,5 mg/l. En mulig forklaring kunne være, at indholdet af Fe^{2+} i nærværende undersøgelse repræsenterer vintergennemsnit, mens

Tabel 10. Sammenhæng mellem faunaklasse og Fe^{2+} - middel i vandløbsvand fra 28 stationer i Vidå systemet, baseret på data fra Rasmussen & Lindegaard (1988). Vandkemidata er baseret på resultater af 22 prøvetagninger på de 19 stationer, samt henholdsvis 4 prøvetagninger på 8 af de resterende stationer og 1 prøvetagning på den sidste station.

Faunaklasse	Fe^{2+} - middel (mg/l)
5-6	< 0,20
4	0,21 - 2,6
3	2,7 - 4,4
1-2	> 4,5

de hos Rasmussen & Lindegaard repræsenterer årsgennemsnit, hvor sidstnævnte må formodes at være lavere end vintergennemsnit. På den anden side kan ”grænseværdierne” ved nærværende undersøgelse tænkes at være noget underestimerede, fordi datamaterialet ikke indeholdt reelle referencestationer uden jernbelastning.

Konklusioner

Den foreliggende undersøgelse af en række miljøvariables indflydelse på makroinvertebratfaunaen ved knapt 200 vandløbsstationer i området af Jylland vest for israndslinien, hvor okkerbelastede vandløb er almindeligt forekommende, har bidraget med følgende konklusioner:

- Geografisk placering, vandløbsstørrelse og fysisk kvalitet havde større indflydelse på sammensætningen af makroinvertebratfaunaen end ferrojern (vintermiddelværdi) og totaljern. Desuden havde tidspunktet for indsamlingen af faunaprøverne væsentlig indflydelse.
- Der kunne imidlertid påvises en effekt af specielt ferrojern på makroinvertebratfaunaen. Denne effekt gav sig udtryk ved en væsentlig reduktion i antallet af individer, antallet af taxa, antallet af EPT taxa, og individantallet af ”følsomme” taxa. Disse effekter forekom ved forskellige niveauer af koncentrationer af ferrojern, hhv. $> 0,20$, $> 0,50-0,75$ og $> 1,0-1,2$ mg/l, afhængige af de enkelte taxa's og ”metrics” følsomhed.
- Ved vintermiddelkoncentrationer af ferrojern over ca. 0,5 mg/l er der betydelig risiko for, at der ikke kan opnås en faunaklasse på 5-6, hvilket i forhold til Vandrammedirektivet karakteriserer ”god økologisk tilstand”.
- Der må dog samtidig tages væsentligt forbehold for de i denne undersøgelse fundne ”grænseværdier” for ferrojern – bl.a. henset til tidligere undersøgelser i Vidå-systemet – som har vist markante ændringer i makroinvertebratfaunaen allerede ved koncentrationer $> 0,2$ mg ferrojern/l. Denne ”grænseværdi” adskilte således også faunaklasse 5-6 fra faunaklasse 4.
- Manglende samtidighed i indsamlingen af vandprøver til analyse for jern og indsamlingen af faunaprøver – samt muligvis manglen på referencestationer uden jernbelastning - har således med stor sandsynlighed bidraget til den relativt dårlige sammenhæng mellem jernindhold og faunasammensætning, og det kan derved ikke udelukkes, at jernets effekt undervurderes.

Referencer

- Brönmark, C., Herrmann, J., Malmqvist, B., Otto, C. & Sjöström, P. (1984). Animal community structure as a function of stream size. *Hydrobiologia* **112**: 73-79.
- Dannisøe, J., Frederiksen, N., Jensen, E.R., Lindegaard, C. & Nissen, E. (1984). Fødegrundlagets betydning for produktionen af ørred (*Salmo trutta* L.) i okkerbelastede vandløb. Ferskvandsbiologisk Laboratorium, Københavns Universitet. Bilag nr. 17 til Miljøstyrelsens okkeredegørelse.
- Geertz-Hansen, P., Nielsen, G. & Rasmussen, G. (1984). Fiskeribiologiske okkerundersøgelser. Danmarks Fiskeri- og Havundersøgelser, Ferskvandsfiskerilaboratoriet. Bilag nr. 6 til Miljøstyrelsens okkeredegørelse.
- Geertz-Hansen, P., Rasmussen, G. & Skriver, J. (1986). Okkers indflydelse på vandløbenes fiske- og smådyrsfauna. *Vand & Miljø* **3**: 155-159.
- Herrmann, J. & Andersson, K. (1986). Aluminium impact on respiration of lotic mayflies at low pH. *Water, Air and Soil Pollution* **30**: 703-709.
- Jacobsen, D. & Friberg, N. (1997). Macroinvertebrate communities in Danish streams: the effect of riparian forest cover. I: Sand-Jensen, K. & Pedersen, O. (eds.), *Freshwater Biology. Priorities and development in Danish research*, pp. 208-222. G.E.C. Gad, Copenhagen.
- Kaarup, P. (1999). Indeks for fysisk variation i vandløb. *Vand & Jord* **6**: 136-139.
- Rasmussen, K. & Lindegaard, C. (1988). Effects of iron compounds on macroinvertebrate communities in a Danish lowland river system. *Water Research* **22**: 1101-1108.
- Malte, H. (1986). Effects of aluminium in hard, acid water on metabolic rate, blood gas tensions and ionic status in the rainbow trout. *Journal of Fish Biology* **29**: 187-198.
- Miljøstyrelsen (1998). Biologisk bedømmelse af vandløbskvalitet. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1998, 39 pp.
- Nielsen, K.S. (1981). Makroinvertebratfaunaen i okkerbelastede vandløb. Specialeopgave, Aarhus Universitet.
- Nissen, E. & Dannisøe, J. (1985). Livscyklus, antal og biomasse hos udvalgte invertebrater i tre jyske okkerbelastede vandløb. Specialrapport, Københavns Universitets Ferskvandsbiologiske Laboratorium.
- Pedersen, M.L. (2003). Physical habitat structure in lowland streams and effects of disturbance. PhD thesis. National Environmental Research Institute. 108 pp.
- Pedersen, M.L., Baattrup-Pedersen, A. & Wiberg-Larsen, P. (2007). Økologisk overvågning i vandløb og på vandløbsnære arealer under NOVANA 2004-2009. Teknisk anvisning fra DMU nr. 21, 4. udgave, 146 pp.
- Rasmussen, K. (1982). Undersøgelse af okkerindholdets indflydelse på invertebratfaunaen i Vidåsystemet 1979-1980. Sønderjyllands amtskommune.

Skriver, J. (1984). Okkers indvirkning på invertebratfaunaens forekomst og mængde i midt- og vestjyske hedeslettevandløb. Bilag nr. 9 til Miljøstyrelsens okkerreddegørelse.

Sode, A. (1982). Biologiske og kemiske forhold i Haunstrup Brunkulsleje og dele af Skjern Å-systemet. Miljøministeriet & Ringkøbing amtsråd (TFRF dok. 42.7).

Sode, A. (1983a). Flora og fauna i Haunstrup og Tanderupkær brunkulslejerne- Miljøministeriet & Ringkøbing amtsråd.

Sode, A. (1983b). Effect of ferric hydroxide on algae and oxygen consumption by sediment in a Danish stream. *Archiv für Hydrobiologie/suppl.* **65**: 134-162.

Sode, A. (1986). Okker – effect på vandige økosystemer. *Vand & Miljø* **3**: 113-115.

Ter Braak, C.J.F. & Smilauer, P. (1998). CANOCO reference manual and user's guide to CANOCO for windows: Software for Canonical community ordination (version 4). Microcomputer Power, Ithaca, New York, 352 pp.

Wiberg-Larsen, P. (1978). Flora og fauna i Skjern Å-systemet og Sydlige Parallelkanal. Analysegruppens delprojekt nr. 6 og 9, Ringkøbing Amtsråd.

Wiberg-Larsen, P., Brodersen, K., Birkholm, S., Grøn, P.N. & Skriver, J. (2000). Species richness and assemblage structure of Trichoptera in Danish streams. *Freshwater Biology* **43**: 633-647.

Wiberg-Larsen, P. & Larsen, S.E. (2007). Chironomiders og andre smådyrs betydning som ”miljøindikatorer”. I: Bøgestrand, J. (red.), Vandløb 2006 - NOVANA. Faglig Rapport fra DMU nr. 642, 93 pp.

Bilag 1. Oversigt over taxa, som indgår i de udførte multivariate dataanalyser – med angivelse af taxon kode og ”navnekode” benyttet på DCA- og CCA plottene (Figur 2-3).

Navnekode	Taxonkode	Taxonnavn
Hydra	2101099	Hydra sp.
Triclad	6000001	Tricladida indet.
Nematom	12000001	Nematomorpha indet.
Acantho	17000001	Acanthocephala indet.
Nematod	18000001	Nematoda indet.
Oligoch	20000001	Oligochaeta indet.
Gloscomp	22010101	Glossiphonia complanata
Helobsta	22010201	Helobdella stagnalis
Erpoboct	22040101	Erpobdella octoculata
Hydracar	24000001	Hydracarina indet.
Aselaqua	41501010	Asellus aquaticus
Gammapu	42020103	Gammarus pulex
Baetnig	44030106	Baetis (Nigrobaetis) niger
Baetrho	44030107	Baetis rhodani
Baetver	44030108	Baetis vernus
Baetis	44030199	Baetis sp.
Centrlut	44030201	Centroptilum luteolum
Cloeon		Cloeon spp.
Heptafus	44040202	Heptagenia (Kageronia) fuscogrisea
Heptasul	44040205	Heptagenia sulphurea
Ephemign	44050101	Ephemerella ignita
Caenihor	44060101	Caenis horaria
Caeniriv	44060105	Caenis rivulorum
Leptmarg	44070101	Leptophlebia marginata
Leptvesp	44070102	Leptophlebia vespertina
Leptophl	44070199	Leptophlebia sp.
Paralcin	44070201	Paraleptophlebia cincta
Paralsub	44070202	Paraleptophlebia submarginata
Paralept	44070299	Paraleptophlebia sp.
Ephedan	44080101	Ephemera danica
Taenineb	45010201	Taeniopteryx nebulosa
Amphistan	45020101	Amphinemura standfussi
Amphisul	45020102	Amphinemura sulcicollis
Nemouavi	45020201	Nemoura avicularis
Nemoura		Nemoura spp.
Nemurpic	45020301	Nemurella picteti
Leucthip	45030103	Leuctra hippopus
Leuctnig	45030104	Leuctra nigra
Leuctdig	45030105	Leuctra digitata/fusca
Isopedif	45050201	Isoperla difformis
Isopegra	45050202	Isoperla grammatica
Perlomic	45050302	Perlodes microcephala
Calopter		Calopteryx spp.
Pyrrhnym	46040101	Pyrrhosoma nymphula
Coenagri	46040399	Coenagrion sp.
Ophiocec	46060201	Ophiogomphus cecilia
Cordubol	46070101	Cordulegaster boltoni
Corixid	47010001	Corixidae indet.
Gerris	47060199	Gerris sp.

Navnekode	Taxonkode	Taxonnavn
Veliacap	47090301	Velia caprai
Brychele	49020201	Brychius elevatus
Haliplus	49020399	Haliplus sp.
Dytiscid	49040001	Dytiscidae indet.
Laccohya	49050101	Laccophilus hyalinus
Hydropor		Hydroporus spp.
Scarohal	49060901	Scarodytes halensis
Oreodsan	49070101	Oreodytes sanmarkii
Nebridep	49070502	Nebrioporus depressus
Agabus		Agabus spp.
Dytissem	49090407	Dytiscus semisulcatus
Gyrinus		Gyrinus spp.
Orectvil	50010201	Orectochilus villosus
Hydraena	50020199	Hydraena sp.
Hydrophi	50030001	Hydrophilidae indet.
Anacglob	50080401	Anacaena globulus
Cyphon	51010199	Cyphon sp.
Elodes		Elodes spp.
Elmisaen	51030101	Elmis aenea
Limnivol	51030202	Limnius volckmari
Oulimtub	51030302	Oulimnius tuberculatus
Dryops		Dryops spp.
Sialiful	52010101	Sialis fuliginosa
Sialilut	52010102	Sialis lutaria
Sialis	52010199	Sialis sp.
Hydropti	53010699	Hydroptila sp.
Rhyafasc	53020101	Rhyacophila fasciata
Rhyanubi	53020102	Rhyacophila nubila
Plectcon	53050201	Plectrocnemia conspersa
Polycfla	53050301	Polycentropus flavomaculatus
Polycirr	53050302	Polycentropus irroratus
Lypphae	53070101	Lype phaeopa
Tinodpal	53070201	Tinodes pallidulus
Hydroang	53080101	Hydropsyche angustipennis
Hydropel	53080104	Hydropsyche pellucidula
Hydrosil	53080107	Hydropsyche siltalai
Hydropsy	53080199	Hydropsyche sp.
Athrialb	54020101	Athripsodes albifrons
Athriater	54020102	Athripsodes aterrimus
Athricin	54020103	Athripsodes cinereus
Athrisod	54020199	Athripsodes sp.
Mystaazu	54020301	Mystacides azurea
Triaebic	54020401	Triaenodes bicolor
Adicered	54020701	Adicella reducta
Beraepul	54030102	Beraea pullata
Beraemin	54030201	Beraeodes minutus
Brachsub	54040101	Brachycentrus subnubilus
Brachmac	54040102	Brachycentrus maculatus
Lepidhir	54050101	Lepidostoma hirtum
Sericper	54060101	Sericostoma personatum
Notidcil	54060201	Notidobia ciliaris
Silopal	54070201	Silo pallipes
Silonig	54070202	Silo nigricornis

Navnekode	Taxonkode	Taxonnavn
Limnephi	54080001	Limnephilidae indet.
Ecclidal	55020101	Ecclisopteryx dalearlica
Limneext	55040110	Limnephilus extricatus
Limnefus	55040112	Limnephilus fuscicornis
Limnelun	55040118	Limnephilus lunatus
Limnerho	55040123	Limnephilus rhombicus
Anabnerv	55040702	Anabolia nervosa
Potamcin	55050101	Potamophylax cingulatus
Potamlat	55050102	Potamophylax latipennis
Potamoph	55050199	Potamophylax sp.
Microlat	55050301	Micropterna lateralis
Microseq	55050302	Micropterna sequax
Halesus		Halesus spp.
Chaetvil	55050701	Chaetopteryx villosa
Tipulid	57010001	Tipulidae indet.
Limonii	57030001	Limoniidae indet.
Pedicriv	57030601	Pedicia rivosa
Dicranot	57030899	Dicranota sp.
Hexatom	57040001	Hexatominæ indet.
Psychodi	57080001	Psychodidae indet.
Ptychpal	58010107	Ptychoptera paludosa
Ptychopt	58010199	Ptychoptera sp.
Dixamac	58030150	Dixa maculata gr.
Culicid	58040001	Culicidae indet.
Simuliid	58050001	Simuliidae indet.
Eusimang	58050202	Eusimulium angustitarse
Eusimcos	58050204	Eusimulium costatum
Eusimcry	58050205	Eusimulium cryophilum
Eusimver	58050208	Eusimulium venum
Wilheequ	58050301	Wilhelmia equina
Wilhelin	58050302	Wilhelmia lineata
Odagmorn	58050502	Odagmia ornata
Simulnoe	58050601	Simulium noelleri
Ceratopo	58070001	Ceratopogonidae indet.
Chirmidae	59000001	Chironomidae indet.
Tanypodi	59020002	Tanypodinae indet.
Ablabmya	59020199	Ablabesmyia sp.
Apsectri	59020301	Apsectrotanypus trifascipennis
Conchmel	59020601	Conchapelopia melanops
Conchape	59020699	Conchapelopia sp.
Macropad	59030101	Macropelopia adaucta
Macropne	59030102	Macropelopia nebulosa
Macropel	59030199	Macropelopia sp.
Natarpun	59030302	Natarsia punctata
Procladi	59030699	Procladius sp.
Psectvar	59030701	Psectrotanypus varius
Trissfla	59040401	Trissopelopia flavida
Trisslon	59040402	Trissopelopia longimana
Zavremyi	59040699	Zavreliomyia sp.
Diamesin	59060001	Diamesinae indet.
Diaminsi	59060101	Diamesa insignipes
Diamperm	59060104	Diamesa permacra
Odontful	59060301	Odontomesa fulva

Navnekode	Taxonkode	Taxonnavn
Potthgae	59060401	Potthastia gaedii
Potthlon	59060402	Potthastia longimana
Prodioli	59060501	Prodiamesa olivacea
Orthoclii	60010001	Orthocladiinae indet.
Brilllon	60010202	Brillia longifurca
Brillmod	60010203	Brillia modesta
Chaetcla	60010699	Chaetocladius sp.
Corynon	60010899	Corynoneura sp.
Cricosyl	60010921	Cricotopus sylvestris
Cricotop	60010999	Cricotopus sp.
Diplocul	60020101	Diplocladius cultriger
Epoicfla	60020201	Epoicocladius flavens
Eukiebre	60020302	Eukiefferiella brevicar
Eukiecla	60020303	Eukiefferiella claripennis
Eukieffe	60020399	Eukiefferiella sp.
Heterapi	60020801	Heterotanytarsus apicalis
Hetermar	60020903	Heterotrissocladius marcidus
Limnophy	60030199	Limnophyes sp.
Nanocbic	60030401	Nanocladius bicolor
Nanoclad	60030499	Nanocladius sp.
Orthothi	60030513	Orthocladius thienemanni
Orthofri	60030517	Orthocladius frigidus
Orthocla	60030699	Orthocladius sp.
Paramsty	60040302	Parametriocnemus stylatus
Paratruf	60040601	Paratrichocladius rufiventris
Pseudcur	60050350	Pseudorthocladius curtistylis gr.
Rheocfus	60050504	Rheocricotopus fuscipes
Synorsem	60050701	Synorthocladius semivirens
Thienem	60060199	Thienemanniella sp.
Tvetedis	60061006	Tvetenia discoloripes
Tvetecal	60061020	Tvetenia calvescens
Chirmini	61010001	Chironomini indet.
Chiromus	61010399	Chironomus sp.
Dicroten	61010999	Dicrotendipes sp.
Microchl	61030401	Microtendipes chloris gr.
Microten	61030499	Microtendipes sp.
Paraclam	61030703	Paracladopelma laminata gr.
Paracnig	61030712	Paracladopelma nigrifula
Paratalb	61030901	Paratendipes albianus gr.
Phaenops	61040299	Phaenopsectra sp.
Polypbre	61040302	Polypedilum breviantennatum gr.
Polypagg	61040304	Polypedilum laetum-agg.
Polyplae	61040319	Polypedilum laetum
Polypsca	61040324	Polypedilum scalaenum
Robacdem	61040510	Robackia demeijerei
Tanysini	61070001	Tanytarsini indet.
Cladotan	61070199	Cladotanytarsus sp.
Microatr	61070611	Micropsectra atrofasciata
Micronot	61070625	Micropsectra notescens
Micropse	61070699	Micropsectra sp.
Paratany	61070899	Paratanytarsus sp.
Rheotany	61080199	Rheotanytarsus sp.
Stempell	61080399	Stempellinella sp.

Navnekode	Taxonkode	Taxonnavn
Tanytars	61080499	Tanytarsus sp.
Brachyce	62000001	Brachycera indet.
Empidae	62020001	Empididae indet.
Tabanid	62070001	Tabanidae indet.
Atheribi	62080101	Atherix ibis
Radixbal	64066020	Radix balthica
Valvata		Valvata spp.
Potaanti	65040101	Potamopyrgus antipodarum
Bithynia		Bithynia spp.
Physafon	65060201	Physa fontinalis
Lymnea		Lymnea spp.
Anisucon	65080101	Anisus contortus
Gyraualb	65080202	Gyraulus albus
Planopla	65080502	Planorbis planorbis
Ancylflu	65090101	Ancylus fluviatilis
Pisidamn	66030101	Pisidium amnicum
Pisidium	66030199	Pisidium sp.

Bilag 2. Oversigt over resultaterne af de supplerende dataanalyser

Tabel B2.1. Parametre, der medvirker til at beskrive, hvor stor en del af variationen, der forklares i den udførte DCA på taxon-data for et datasæt, som er en delmængde af datasæt 1 med reduceret bestemmelsesniveau for Chironomidae, Simuliidae og Hydracarina (108 stationer). Delmængden omfatter udelukkende data fra mindre vandløb (vandløbsbredde ≤ 3), og hvor smådyrsfaunaen udelukkende er indsamlet i vinter-/forårsmånederne. DCA analysen er kørt med udeladelse af sjældne arter (arter som højest forekom på 3 stationer).

Datasæt:	"Eigenvalues"			Gradientlængde af akse 1	Total varians forklaret (%)
	Akse 1	Akse 2	Akse 3		
(delmængde af 1) 108 stationer	0,271	0,200	0,128	2,484	17,6

Tabel B2.2. Pearson korrelation koefficienter (r) mellem DCA akse scorer og udvalgte (betydende) miljøvariable for et datasæt, som er en delmængde af datasæt 1 (108 stationer). Delmængden omfatter udelukkende data fra mindre vandløb (vandløbsbredde ≤ 3 m), hvor smådyrsfaunaen er indsamlet i vinter-/forårsmånederne. Der er kun angivet signifikante værdier ($P < 0,05$). Moderat stærke korrelationer ($0,3 < r < 0,4$) er markeret med fed, mens stærke korrelationer ($r > 0,4$) er markeret med fed+kursiv.

Dataanalysen viser, at de mest betydende miljøvariable langs akse 1 er den nord-sydgående gradient, vandløbsstørrelsen, de fysiske forhold, dækning af emergente (delvist neddykkede) planter, forekomst af synlige okkerbelægninger, BI_5 og pH. Først langs akse 3 er indholdet af Fe^{2+} og total-jern de meste betydende miljøvariable.

Miljøvariabel	Datasæt (delmængde af 1, 108 stationer)		
	Akse 1	Akse 2	Akse 3
UTM nord	0,61		
Middel bredde	-0,51		
DFI	-0,43		0,21
Nedhængende vegetation	-0,27	-0,27	
Emergent vegetation	-0,46	0,31	
Udhængende vegetation	-0,20		-0,30
Undervands vegetation	-0,27		
Okkerbelastning (synlig)	0,52		
Mudder dækning	0,27		0,23
Høller & stryg	-0,27		0,19
Breddevariation	-0,30		-0,20
Højenergi hastighed	-0,33		
Tværsprofil		-0,20	
Sten dækning	-0,22		
Anden fysisk variation	-0,29		
BI_5	-0,42		
pH	-0,55		
Fe^{2+} , middel	0,27		0,36
Fe-total, middel			0,32

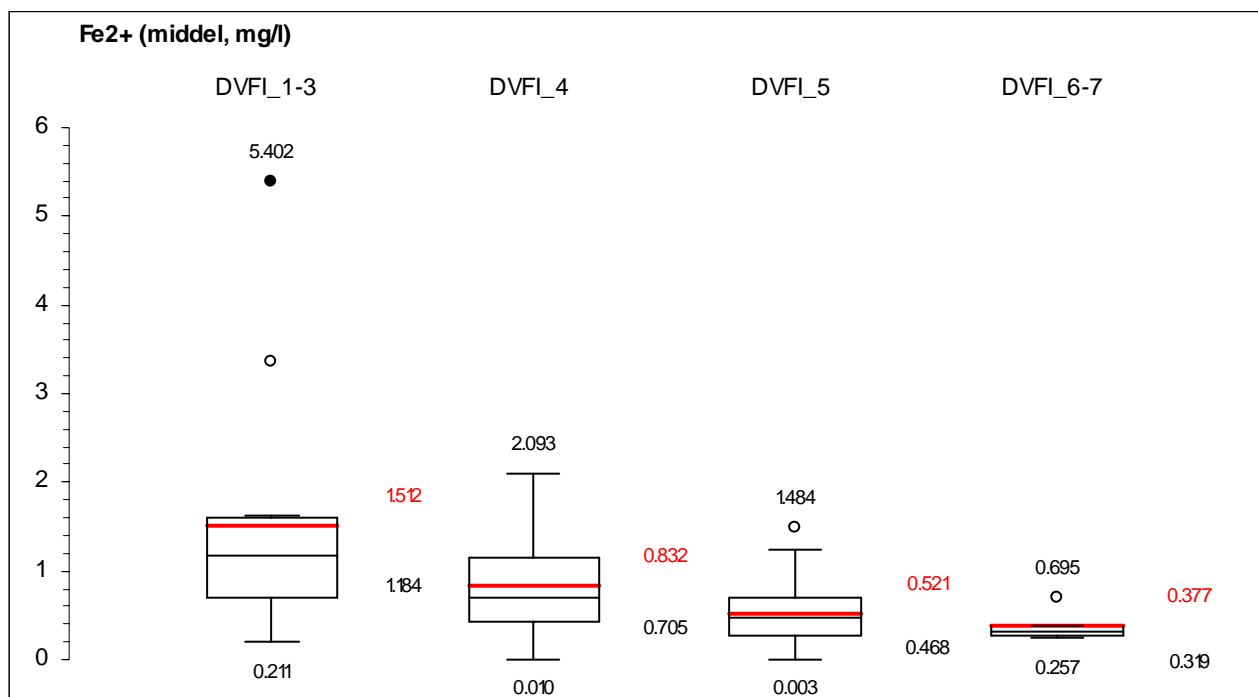
Tabel B2.3. Eigenvalues og forklaret varians ved CCA foretaget på en delmængde af datasæt 1 for makroinvertebrater og miljøvariable. Delmængden omfatter udelukkende data fra mindre vandløb (vandløbsbredde ≤ 3 m), hvor smådyrsfaunaen er indsamlet i vinter-/forårsmånederne.

Del af datasæt 1 (108 stationer) CCA akser:	1	2	3
Eigenvalues	0,207	0,135	0,103
Arts-miljø korrelationer	0,903	0,830	0,794
Kumulativ % varians på artsdata	5,2	8,6	11,2
Kumulativ % varians på arts-miljø relationer	16,0	26,4	34,4

Tabel B2.4. "Forward selection" af miljøvariable og deres λ -scorer ved CCA på en delmængde af datasæt 1. Delmængden omfatter udelukkende data fra mindre vandløb (vandløbsbredde ≤ 3 m), hvor smådyrsfaunaen er indsamlet i vinter-/forårsmånederne. Jo højere λ , des bedre forklares variationen i taxondata. "Top 5" af bedst forklarende variable er markeret med fed skrift., $P < 0,01^{**}$, $P < 0,05^*$, $P \geq 0,05$ (# - ikke signifikant).

Analysen viser, at de mest betydende miljøvariable var den nord-sydgående gradient, de fysiske forhold, tidspunktet for prøvetagningen, ferrojern-indholdet og forekomst af planter (her især de emergente, dvs. de delvist neddykkede, der ofte har stor betydning i mindre vandløb). En såkaldt partiel CCA på dette datasæt (ekskl. sjældne arter) viste desuden, at en relativt mindre del af variationen i taxon data kunne forklares ud fra indholdet af Fe^{2+} (kun ca. 2 % af variationen på taxon data langs akse 1).

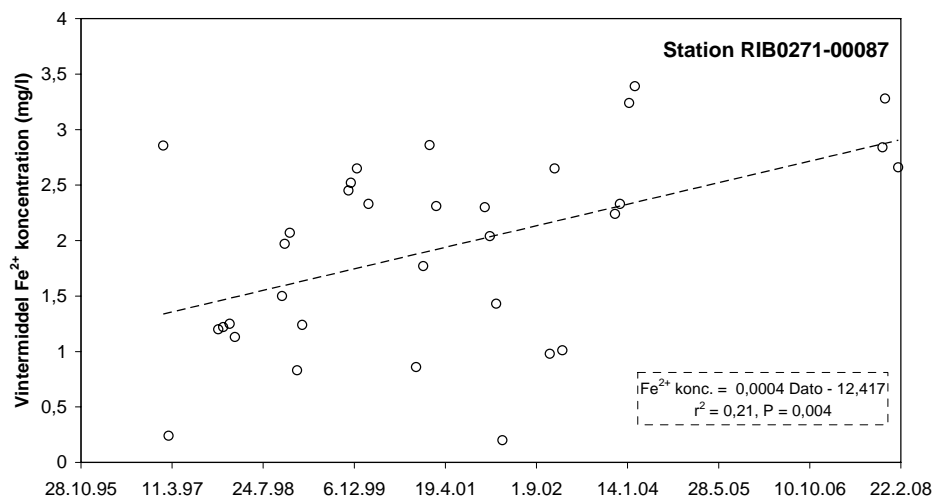
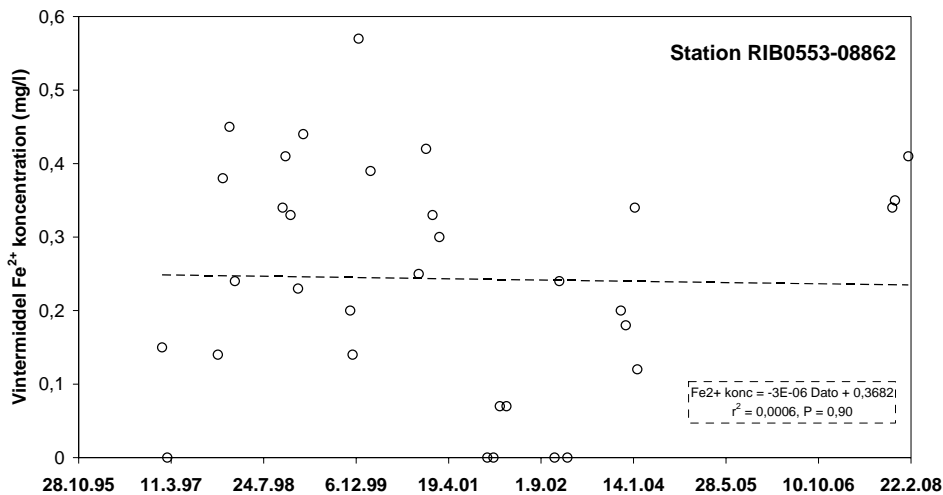
Miljøvariable	Datasæt (1)
UTM nord	0,13^{**}
Dansk Fysisk Indeks (DFI)	0,09^{**}
Måneds nr.	0,07^{**}
Fe^{2+} middel	0,07^{**}
Emergent vegetation	0,06[*]
Anden fysisk variation	0,06 [*]
Højenergi hastighed	0,06 [*]
Bredde variation	0,05 [*]
Middel bredde	0,05 [*]
Sand dækning	0,05 [*]
Sten dækning	0,04 [*]
Bredde af upåvirket bræmme	0,04 [*]
BI ₅	#
Nedhængende vegetation	#
Undervandsvegetation	#
Fe total maksimum	#
pH	#
Høller & stryg	#
Okkerbelastning (synlig okker)	#
Mudder dækning	#



Figur B2.1. Box plot af sammenhæng mellem Fe^{2+} - koncentration (middel) i vandløbsvand og faunaklassen for 108 stationer med vandløbsbredde ≤ 3 m. Angivet middelværdi (rød linje), medianværdi (sort linje), og 25 % og 75 % kvartil (boxgrænser), standardafvigelse, og ekstreme værdier. Desuden er angivet eksakte værdier for ovennævnte.

Tabel B2.5. Resultatet af en lineær regressionsanalyse for vinterniveaet af ferrojern-indhold i vandløbsvandet på 15 stationer i Linding Å og Outrup Bæk vandsystemer i det tidligere Ribe Amt. I tabellen er signifikante udviklings-tendenser angivet med fed skrift ($P < 0,05$). Kun for tre af de 15 vandløbsstationer er der fundet en signifikant (positiv) udvikling i ferrojern-koncentrationen med tiden. De angivne stationer indgår ikke i de øvrige dataanalyser i denne rapport, idet der ikke findes data for smådyrsfaunaen på stationerne.

Station	Hældning	R^2	P	N (antal data)
RIB0248-01046	-0,00006	-0,01	0,418	33
RIB0249-00245	-0,00009	-0,01	0,438	33
RIB0265-00078	-0,00006	-0,01	0,383	33
RIB0265-02528	0,00005	-0,02	0,508	33
RIB0265-03633	0,00020	0,08	0,065	32
RIB0270-00062	0,00000	-0,03	0,988	33
RIB0270-02825	0,00030	0,11	0,037	32
RIB0271-00087	0,00040	0,21	0,004	33
RIB0553-00769	-0,00001	0,02	0,217	33
RIB0553-08862	0,00000	-0,03	0,897	33
RIB0562-02925	0,00007	0,02	0,211	33
RIB0562-05061	0,00020	0,14	0,017	33
RIB0575-00791	-0,00003	-0,02	0,498	33
RIB0579-01044	-0,00007	0,02	0,200	34
RIB0603-00834	0,00001	-0,04	0,976	26
Alle stationer	0,00003	-0,0008	0,642	954



Figur B2.2-3. Ferrojern-indhold i vandløbsvand i vintermånederne på to vandløbsstationer i det tidligere Ribe Amt. Figurerne viser relevante eksempler på de eksisterende 15 dataserier. Det fremgår, at der er stor variation i ferrojern-indholdet – både inden for samme år og mellem årene.