

Bestemmelse af vandkvalitet i en sø ved hjælp af makroindeks



Formål

Formålet er at undersøge hvilke smådyr, der lever i en sø, og herudfra bestemme søens forureningsgrad

Teoretisk baggrund

Forurening af søer

Vandløb og søer kan blive udsat for forurening flere forskellige steder fra. Tidligere har udledningen af organisk stof (primær forurening) fra husspildevand og fødevarerindustrien været en stor forureningskilde, men dette er forbedret med indførslen af rensningsanlæg. Organisk forurening kan også stamme fra landbrug, især via dræen, men derudover kan landbrug også bidrage med udledning af næringsstoffer (sekundær forurening) og egentlige giftstoffer, såsom tungmetaller og insektgifte.

Det meste organiske stof, der udledes fra husholdninger eller landbrug, er let nedbrydeligt. De vandlevende mikroorganismer, der omsætter det organiske stof, bruger ilten i vandet til deres respiration. Vandet bliver således iltfattigt, hvilket skader dyrelivet.

Iltniveauet i en sø afhænger ikke kun af tilførslen af organisk stof, men også af søens størrelse. Er søen dyb, vil der hen over sommeren kunne dannes et springlag, hvor temperaturen bevirker en opdeling af vandsøjlen i en øvre, varm og iltrig vandmasse og en nedre, kold og iltfattig vandmasse. Hvis søen er næringsrig (eutrofieret), kan bundvandet blive meget iltfattigt, hvilket skyldes at:

- Næringsstofferne forårsager algeopblomstring i overfladen.
 - o Algerne bortskygger bundvegetationen. Når bundplanterne dør, sker der ikke fotosyntese og dermed ingen iltproduktion ved bunden.
 - o Når algerne dør, synker de til bunds. Ved bunden nedbrydes de af mikroorganismer, der opbruger ilten i vandet ved deres respiration. Tilførsel af organisk stof til søen bidrager til denne respiration og dermed til at fremme iltfattige forhold i de nedre vandmasser.
 - o En massiv algeopblomstring gør vandet uklart
- Når bundplanterne bortskygges, er der ingen gemmesteder for rovfisk. Samtidig får fiskene svært ved at se deres bytte i det uklare vand. Resultatet bliver, at mængden af rovfisk falder, mens mængden af skidtfisk (som eksempelvis brasen og skalle) stiger
- Når mængden af skidtfisk stiger, øges prædationen på dyreplankton/zooplankton
- Den øgede prædation gør, at mængden af zooplankton falder
- Når mængden af zooplankton falder, så mindskes prædationen på algerne/planteplankton, og mængden af disse stiger. Hermed er den onde cirkel sluttet (se figur 1 næste side)

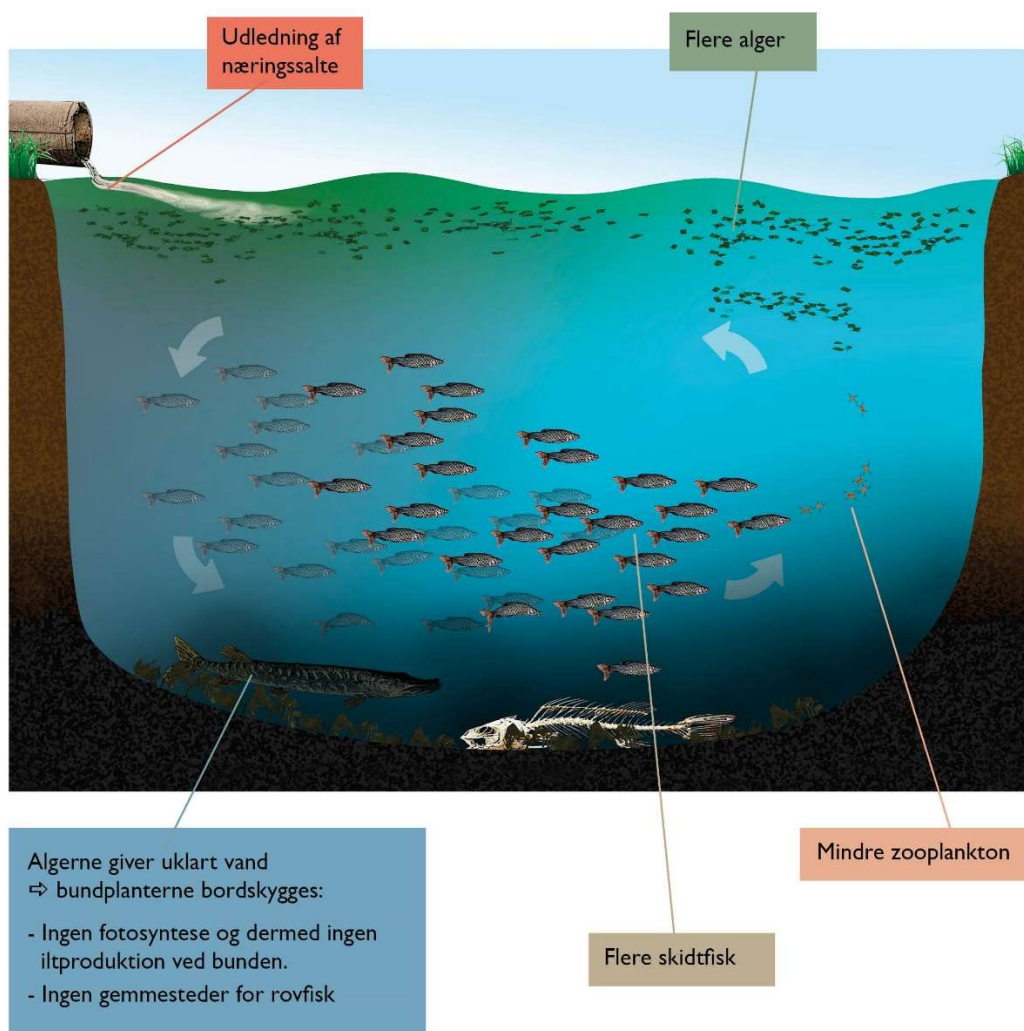
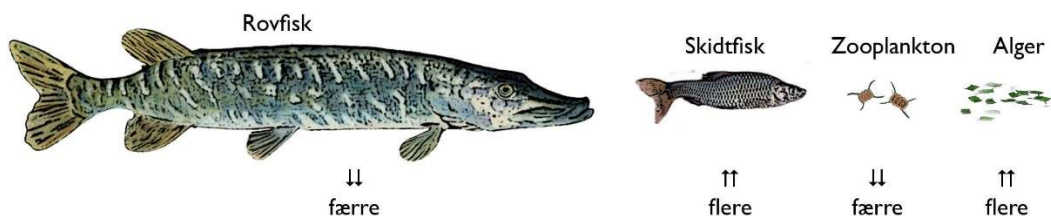
Springlaget ophører, når efterårets storme forårsager omrøring i vandmasserne. Herved iltes vandet i hele vandsøjlen, men samtidig kan omrøringen også forårsage yderligere algeopblomstring: Når bakterierne på søbunden nedbryder organisk materiale, frigives de næringsstoffer, der før var bundet i det organiske materiale. Og ved efterårs-omrøring af vandmasserne kommer disse næringsstoffer op i den fotiske zone¹, hvor de kan forårsage algeopblomstring.

¹ Den fotiske zone er del af vandsøjlen, hvor der er lys nok til plantevækst

Den onde cirkel

Den næringsrige sø

Fødekæden:



Figur 1: Den onde cirkel. I en næringsrig/eutrofieret sø forårsager udledningen af næringsstoffer en massiv algeopblomstring. De døde alger synker til bunds, hvor de nedbrydes af bakterier under stort iltforbrug. Samtidig bortskygger algerne bundplanterne, og den onde cirkel er sluttet. Illustration: Oliver Streich

Rene, næringsfattige søer

Vandet i næringsfattige (oligotrofe) søer er klart, da der ikke er ret mange alger. Det klare vand tillader lyset at trænge længere ned i vandsøjlen, så der er mulighed for bundvegetation, og dermed iltproduktion ved bunden. Samtidig gør det klare vand, at rovfisk har nemmere ved at se og fange deres bytte, hvorved mængden af skidtfisk holdes nede. Dette giver en lav prædation på zooplankton, hvilket igen medfører at algemængden holdes nede.

Denne gode cirkel er illustreret på figur 2 på næste side.

Sørestaurering

Det kan godt lade sig gøre at stoppe den onde cirkel i en eutrofiert sø, men det kræver en indsats. Det vigtigste er selvfølgelig at stoppe udledningen af næringsalte til søen, hvilket handler om søens opland; er afstanden fra dyrkede marker til søbredden (og til bredden af de vandløb, der leder til søen) stor nok? Og hvornår samt hvor meget gødskning finder sted på disse marker?

Mange års udledning af næringsalte til en sø kan dog forårsage et stort reservoir af næringsstoffer i søbunden, så selvom man stoppede udledningen af nye næringsalte fra den ene dag til den anden, ville søen stadig være næringsrig og domineret af den onde cirkel.

Men der er forskellige tiltag, der kan afhjælpe denne tilstand:

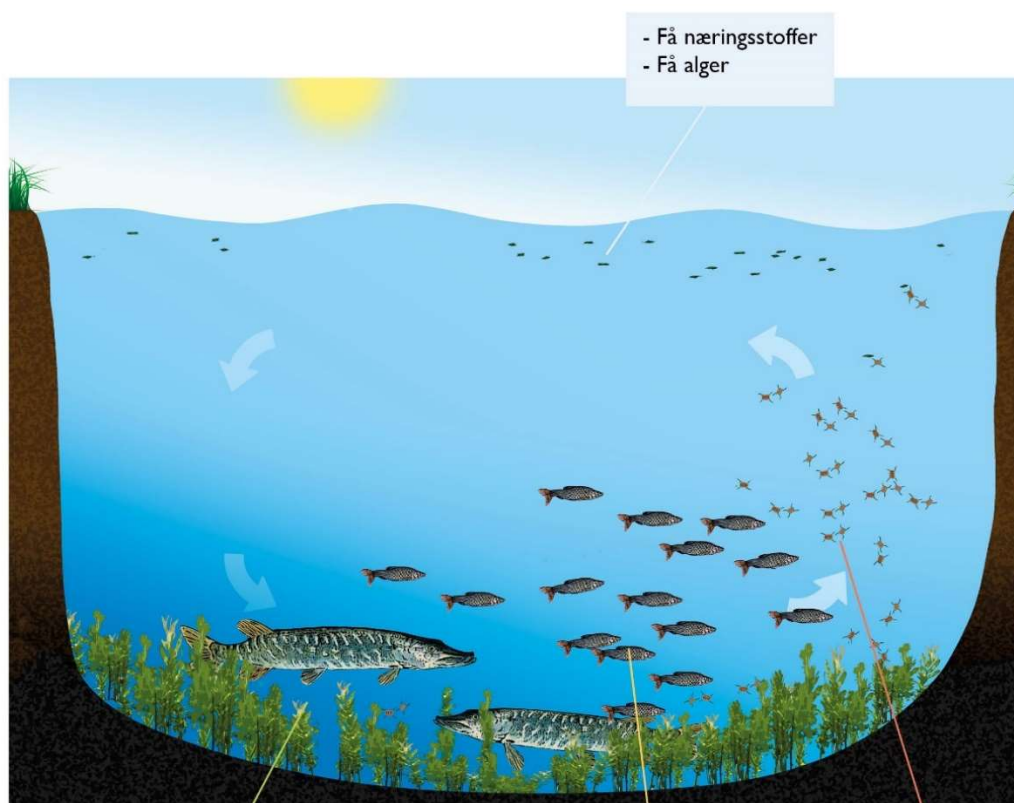
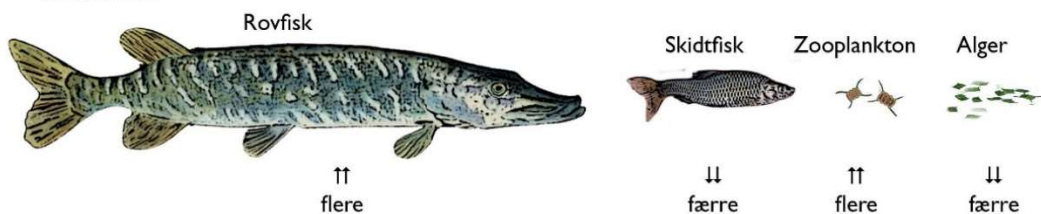
- Fjernelse/opgravning af det øverste lag af bunden. Det fjerner de ophobede næringsstoffer, der er blevet frigivet fra bakteriers nedbrydning af døde alger og dødt organisk materiale igennem årene.
- Udlægning af en luftslange på bunden af søen. Dette svarer til en kæmpe akvariepumpe
- Tilførsel af aluminium-ioner, Al^{3+} , der kan danne tungtopløselige ionforbindelser
- Udsættelse af rovfisk
- Bortfiskning af skidtfisk

De sidste to tiltag, hvor man konkret tilfører eller fjerner individer af bestemte arter fra økosystemet, kaldes *biomanipulation*.

Den gode cirkel

Den næringsfattige sø

Fødekæden:



Klart vand gør, at lyset når ned til bunden
⇒ der kan vokse bundplanter:

- Fotosyntese og dermed iltproduktion
- Optag af næringsstoffer
- Gemmesteder for rovfisk

Færre skidtfisk

Mere zooplankton

Figur 2: Den gode cirkel. I en næringsfattig /oligotrof sø er algevæksten sparsom, så vandet er klart, og både planter og rovfisk trives på søens bund, hvilket er med til at holde den gode cirkel ved lige

Ferskvandsfaunaen

Ferskvandsfaunaen er tilpasset livet i vand på forskellig vis, og især iltniveauet i vandet er en af de vigtigste parametre for, hvilke dyr der kan leve hvor. Dette skyldes, at det kan være udfordrende for dyrene at få ilt nok, idet vand indeholder ca. 25 gange mindre ilt end luft, og iltmolekyler diffunderer 10.000 gange langsommere gennem vand end luft. Dyrenes krav til iltindhold i vand afhænger af deres fysiologi og levevis. I det følgende gennemgås nogle eksempler, startende med dem, der kræver mest ilt²

Sløvvingenymfe

Sløvvingenymfen er et eksempel på et dyr, der ånder ved hudåndedræt, hvor ilten i vandet diffunderer gennem kropsvæggen ind i dyret.

Nymfen er således afhængig af, at vandet indeholder meget ilt, idet hudåndedræt ikke er særlig effektivt. Dyrene trives bedst i rindende vand med et højt iltindhold, hvor vandets bevægelse øger diffusionen



Fakta:

Insekter har et særligt system til at sikre ilttilførslen til alle kroppens celler. Ilten, der ofte optages over huden, diffunderer rundt inde i dyret i nogle små luftkanaler. Dette kaldes et traké-system. Hos landlevende dyr er traké-systemets ender åbent ud mod luften, men i vand er de lukkede, da der ellers ville flyde vand ind i de små kanaler/rør. Men selvom enderne er lukkede, kan ilten stadig diffundere ind fra vandet til traké-systemet



Døgnfluenymfe

Døgnfluenymfen har også hudåndedræt, men derudover har den en række simple gæller ned langs kroppen. Gællerne øger overfladen og dermed kontaktfladen med vandet, hvilket giver en øget iltoptagelse. Den tåler derved lidt lavere iltkoncentrationer i vandet end sløvvingenymfen, men kræver stadig rent, iltrigt vand

Vårfluelarve

Vårfluer er sommerfuglernes nærmeste slægtnings, men larverne lever og forpupper sig i ferskvand. Flertallet af larverne bygger transportable huse af plantestumper, småsten eller lignende. Huset fungerer som beskyttelse mod fjender, idet larven kan trække sig ind i det som en snegl i et sneglehus, med det er også god camouflasje. Vårfluelarver trives bedst i nogenlunde rent og iltrigt vand

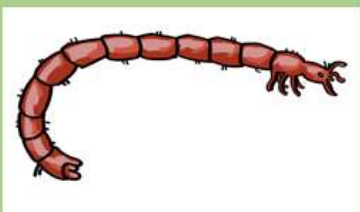


Ferskvandstangloppe

En ferskvandstangloppe er et krebsdyr, der med sin krumme og leddede krop lidt ligner en reje. Den kræver en del ilt og findes især i større søer og i rindende vand, hvor den lever under sten og grus eller mellem halvrådne blade. At tanglopper er krebsdyr og ikke insekter ses blandt andet på de manglende vinger samt antallet af ben: insekter har altid 6 ben, mens krebsdyr som regel har mindst 10 ben

Vandbænkebidere

Vandbænkebidere er ligeledes krebsdyr, men til forskel fra tanglopperne kan de trives i forurenede vand med et lavt iltindhold. Lemmerne på bagkroppen er omdannet til gæller. Dyrene kravler ofte rundt på bunden mellem sten og planter, og er langsomme, men vigtige nedbrydere.



Rød dansemyggelarve

Larvernes røde farve skyldes et højt indhold af hæmoglobin i kropsvæsken. Hæmoglobinet kan binde ilt, larverne er således i stand til at overleve i vand, hvor iltkoncentrationen er ret lav, idet de kan opfange og binde ilten ved selv ret lave koncentrationer

Vandtæger og vandbiller

Disse dyr har en luftboble, som de fastholder omkring deres krop ved hjælp af vandskyende hår eller under dækvingerne. Luftboblen kaldes en "fysisk gælle" og efterhånden som dyret bruger ilt i boblen, diffunderer der ny ilt ind fra vandet. Nogle dyr svømmer op til overfladen og tanker luftboblen op, og de er således fuldstændig uafhængige af iltindholdet i vandet. Princippet svarer til en dykkerflaske.



Rottehale



Rottehaler har et ånderør, der fungerer som en slags snorkel. Hvis iltindholdet i vandet er lavt, stikker rottehalen enden af ånderøret op over vandoverfladen, så luftens ilt kan diffundere ned til dyret. Rottehalen er derved fuldstændig uafhængig af iltkoncentrationen i vandet, og kan derfor overleve, hvor stort set ingen andre insekter kan. Dyregrupper med ånderør trives ikke i stærkt strømmende vand, da de jo er nødt til at befinde sig oppe ved overfladen og derfor vil blive revet med af strømmen. De ses derfor mest i langsomt, rindende vand, i stillestående vand eller i vegetationen ved bredderne er større søer.

Slørvingenymfer og døgnfluenymfer kaldes *rentvandsindikatorer*, idet de kun forekommer hvor vandet er rent og iltrigt. Røde dansemyggelarver og rottehaler er derimod *forureningsindikatorer*, idet de kan leve i forurenat vand med et meget lavt iltindhold

Artssammensætningen kan således bruges til at bestemme vandets forureningsgrad. Kemiske målinger giver et øjebliksbillede af situationen, hvorimod faunaen giver et billede af den gennemsnitlige forureningstilstand.

Når man benytter forureningsindeks som metode til at bestemme vandkvaliteten, går man ud fra to forudsætninger:

- 1) Organisk forurening er skyld i et fald i iltkoncentrationen og formindsker derved antallet af forskellige dyregrupper i vandet
- 2) Dyregrupperne forsvinder efter deres følsomhed over for forurening; de mest følsomme forsvinder først, de mest hårdføre til sidst

På baggrund af mange års studier af indsamlede smådyr fra vandløb, har Miljøstyrelsen udviklet en fremgangsmåde til standardiserede vandkvalitetsbestemmelser baseret på artssammensætningen. Metoden kaldes "Dansk Vandløbs Fauna Index" og bruges til at bestemme og overvåge vandkvaliteten i de danske vandløb og søer³⁴. Det er dog en lidt omstændelig metode, så i denne vejledning beskrives en noget forsimplet udgave, kaldet makroindeks.⁵



³ <https://www2.dmu.dk/Pub/FR731.pdf>

⁴ <https://mst.dk/media/121275/3-faunaindeks-dvfi-wiberg-larsen-og-baatrup-pedersen-2013.pdf>

⁵ Ofte bruges betegnelsen faunaindeks dog også om denne metode

Materialer

Der arbejdes i grupper på ca. 3 personer. Hver gruppe skal bruge

- Waders og gummistøvler
- Ketcher eller sigte
- Fotobakke
- Skeer
- Prøveglasser
- Vejledning med skemaer til at indsætte resultater og bestemme forureningsgrad
- (Lup og pincet)



Derudover er det en god ide at klassen fælles har

- Bestemmelsesdug
- Opslagsbøger
- Kits til bestemmelse af nitrat, ammonium, fosfat mv
- Iltmåler
- Termometer



Metode

Før indsamlingen af dyr

Det er en god ide at foretage de målinger, der kræver rent vand, inden søen betrædes. Det vil sige målinger af temperatur, ilt og næringsstoffer. Der kan også opsamles vandprøver, tages med tilbage til laboratoriet.

lagttag den uforstyrrede sø

- Bundforhold
- Lysforhold
- Plantevækst
- Størrelse (areal)
- Dybde
- Tilløb og fraløb

Planlæg hvor prøvetagningen skal foregå

Indsamling af dyr

Indsamlingen af vanddyr kan generelt foregå på tre måder;

- 1) Skrab med ketsjeren i bunden og mellem bladene
- 2) Sparkeprøve
- 3) Pilleprøve

Ved Miljøstyrelsens Faunaindeks er der en fuldstændig standardiseret metode for, hvordan sparkeprøve og pilleprøve udføres. Skrab af bunden benyttes ikke. I denne vejledning vil det dog være skrabprøve og pilleprøve, der beskrives, da sparkeprøve kun er relevant i rindende vand (vandløb):

1) Skrab

- Den hvide fotobakke fyldes halvt op med vand og sættes ved bredden af vandløbet
- Skrab med ketsjeren i den øverste del af bunden og mellem planterne. Der skal altid skrubes **mod** strømmen
- Det værste mudder skylles ud af ketsjeren ved at ryste den lidt frem og tilbage i vandoverfladen, og resten af materialet tømmes ud i fotobakken
- Brug en ske til at rode rundt i fotobakken og overfør de dyr, der bliver fundet, til prøveglas. Husk at give dem rigeligt vand med. Hver slags dyr skal have sit eget prøveglas
- Når alle dyr i bakken er fundet, tømmes resten af indholdet ud i vandløbet, og bakken fyldes igen med rent vand.
- Gentag indtil I ikke længere finder nye dyregrupper

















2) Pilleprøve

- Opsaml evt. sten og grene fra vandet, og pil alle de dyr af, der sidder på dem. Dette kræver lup og pincet, og kaldes for en pilleprøve










Resultater

- Bestem dyrene til gruppe-niveau og marker i tabel 1, hvilke dyregrupper, I har fundet

DYREGRUPPE		SÆT KRYDS
Slørvingenymfer		
Døgnfluenymfer		
Vårefluelarver		
Biller		
Vandtæger		
Tangloppe		
Vandbænkebider		
Store røde dansemyggelarve		
DYREGRUPPE		SÆT KRYDS
Andre dansemyggelarver		
Kvægmyggelarvera		
Muslinger		
Snegle		
Igler		
Børsteorme		
Fimreorme		
Ørred		

Tabel 1: Liste over fundne dyregrupper. Bemærk, at de ikke er angivet i samme størrelsesforhold. Illustration: Oliver Streich

- Noter hvor mange forskellige dyregrupper, I har fundet.

Tabel til bestemmelse af forureningsindeks		Samlet antal dyregrupper				
		0-1	2-5	6-10	11-15	Over 15
Dyregruppe						
Slørvingenymfer		-	7	8	9	10
Døgnfluelarver		-	6	7	8	9
Vårfluelarver		4	5	6	7	8
Ferskvandstanglopper		3	4	5	6	7
Vandbænkebidere		2	3	4	5	6
Røde dansemyggelarver og/eller røde børsteorme		1	2	3	4	5
Rottehaler		0	1	2	3	4

Tabel 2: Tabel til bestemmelse af forureningsindeks. Illustration: Oliver Streich

- I tabel 2 herover skal I starte oppefra og vælge den mest rentvands-krævende dyregruppe, I har fundet.
 - Hvis I har fundet slørvingenymfer, bliver I i første række.
 - Hvis I ikke har fundet slørvinger, men har fundet døgnfluenymfer, går I videre til anden række
 - Hvis I hverken har fundet slørvingenymfer eller døgnfluenymfer, men har fundet vårfluelarver, er I i tredje række osv.

- Når I har fundet den rigtige række, bruger I antallet af dyregrupper fra tabel 1 til at bestemme forureningsindekset. Eksempler:
 - Hvis I har fundet slørvingenymfer og 7 forskellige dyregrupper, er I i første række og det interval, der hedder 6-10. Det giver et forureningsindeks på 8
 - Hvis den mest rentvandskrævende art, I har fundet, er vårflyelarver, og I samlet har fundet 5 dyregrupper, så er I i tredje række og det interval, der hedder 2-5. Det giver et forureningsindeks på 5

- Til sidst bruges tabel 3 herunder til at omsætte forureningsindekset til forureningsgrad (miljøcentrenes skala) og den almindelige betegnelse for forureningstilstanden

Forureningsindeks	Forureningsgrad	Betegnelse
(9-10)	I	Praktisk taget uforurenet
(6-8)	II	Let forurenet
(3-5)	III	Ret stærkt forurenet
(0-2)	IV	Meget stærkt forurenet

Tabel 3: Sammenligning mellem forurenings-indeks (vores skala), forureningsgrad (miljøcentrenes skala) og den almindelige betegnelse for forureningstilstanden.

Diskussion ID c1202

1. Hvis I har målt eksempelvis temperatur, iltindhold og indholdet af næringsstoffer, hvordan passer disse resultater så sammen med resultaterne af makroindekset?
2. Hvilke fordele er der ved at anvende faunaprøver ved bestemmelse af vandkvaliteten?
3. Hvilke ulemper er der herved?
4. Sammenlign gruppernes resultater. Har alle fået det samme? Hvis ikke, hvad kan det da skyldes?
5. Se på kort over søens tilløb og opland og sammenlign med resultatet af forureningsbestemmelsen. Er der en sammenhæng mellem oplandet og forureningsgraden?
6. Gennemgå de forskellige tiltag, der kan gøres i forbindelse med sørestauration (side 4). Forklar for hvert tiltag, hvordan det påvirker søens sundhedstilstand?
7. Skemaerne/tabellerne er i Miljøstyrelsens metode langt mere komplekse, hvor arterne skal bestemmes meget mere præcist, og ikke kun til gruppeniveau. Nogle arter bidrager negativt, andre positivt i omregningen fra faunasammensætning til forureningsgrad. Diskuter fordele og ulemper ved at forsimpler en kompleks metode til en mere enkel?

Illustrationer og fotos

Alle fotos er taget af Pia Halkjær Gommesen

Alle illustrationer er lavet af Oliver Streich

Kilder

Anvendelse af en feltbaseret metode til bedømmelse af biologisk vandløbskvalitet i danske vandløb

<https://www2.dmu.dk/Pub/FR731.pdf>

(januar 2020)

Makroinvertebrater (smådyr) i vandløb, teknisk anvisning. Århus Universitet. DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi

<https://mst.dk/media/121275/3-faunaindeks-dvfi-wiberg-larsen-og-baatrup-pedersen-2013.pdf>

(januar 2020)

Entomologisk Fagudvalg. Hvad er insekter?

<https://www.entoweb.dk/def/insekter.php>

(januar 2020)

Gyldendal. Den Store Danske. Smådyrs tilpasninger til iltforhold i rindende vand

[http://denstoredanske.dk/Naturen i Danmark/De ferske vande/Naturen, mennesket og de strømmende vande/Smådyrenes tilpasninger til rindende vand/Tilpasninger til iltforholdene](http://denstoredanske.dk/Naturen_i_Danmark/De_ferske_vande/Naturen,_mennesket_og_de_strømmende_vande/Smådyrenes_tilpasninger_til_rindende_vand/Tilpasninger_til_iltforholdene)

(januar 2020)

