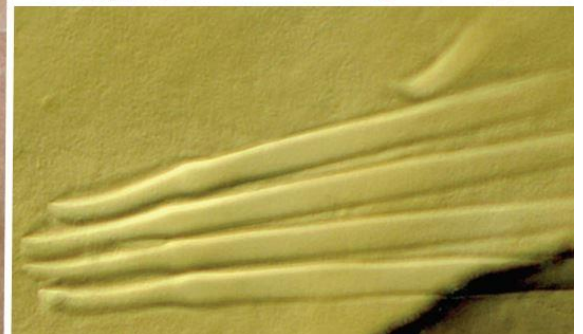
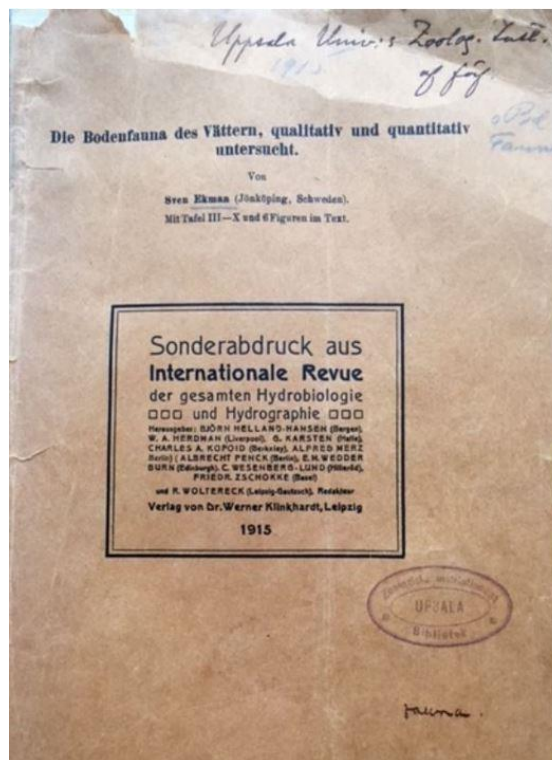


Nr 4: 2018

Oligochaeter som miljöindikatorer i Vättern i ett 100-årigt perspektiv

Göran Milbrink



Vätternvårdsförbundet

VÄTTERNFAKTA utgörs av en digital publikationsserie innehållande fakta som berör Vättern

Vättern-FAKTA från Vätternvårdsförbundet

Nr 4:2018

Fakta-serien från Vätternvårdsförbundet instiftades 2012 och utgörs av dokument med beröring till sjön som förtjänat att tillgängliggöras för en bredare krets. Ofta berör innehållet begränsad fråga. Faktaserien kompletterar därmed Rapportserien och ges endast ut digitalt.

Nr	4:2018
Framsida	Omslag till Sven Ekmans monografi (1915), könsborst av <i>Rhyacodrilus coccineus</i> , <i>Tasserkidrilus sp.</i>
Foto:	Göran Milbrink
Utgivare	Måns Lindell (red), mars 2018.
Kontaktperson	Ann-Sofie Weimarsson, Länsstyrelsen i Jönköpings län. Telefon 010-2236000
e-post:	ann-sofie.weimarsson@lansstyrelsen.se
Webbplats	www.vattern.org
Författare	Göran Milbrink

Innehållsförteckning

Allmän bakgrund.....	4
Material och Metoder.....	9
Äldre prover från de stora sjöarna i Sydsverige.....	9
Sven Ekmans prover från Vättern 1911 och 1912	9
Hela oligochaetmaterialet som finns att tillgå från Vättern.....	12
Sammanfattning av Sven Ekmans erfarenheter av varje oligochaetarts ekologi (s.k. autekologi) i Vättern – tubificider och lumbriculider – med några kompletterande kommentarer	15
Resultat.....	16
Diskussion	19
Mälaren.....	19
Vänern	20
Hjälmaren	20
Vättern.....	21
Tack.....	25
Referenser	25
Appendix.....	26

Oligochaeter som miljöindikatorer i Vättern i ett hundraårigt perspektiv

Göran Milbrink

Allmän bakgrund

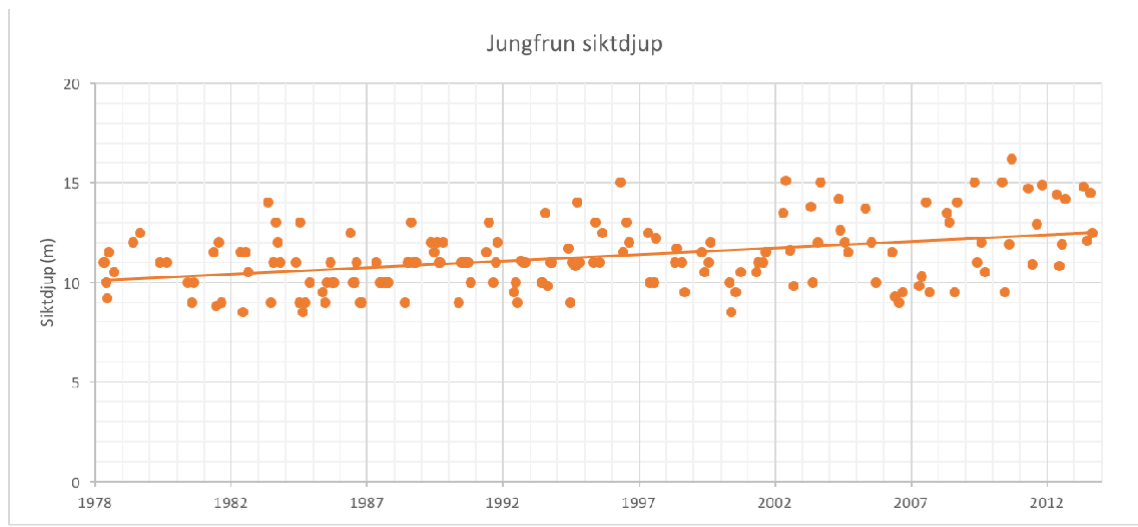
Vättern är en av de stora sjöarna i Sydsverige, och med sitt klara, rena vatten är den en utmärkt representant för större djupa oligotrofa sjöar i norra Europa. Sjön är viktig som dricksvattentäkt för ett stort omland, och överledningar av dricksvatten till mera avlägsna geografiska mål har länge diskuterats. Samtidigt är sjön mycket viktig ur fiskesynpunkt med det största sydliga beståndet av storröding i landet. Under senare år har Vättern gjort sig känd som stor och viktig producent av signalkräfter och olika laxstammar, bl.a. Gullspångslax från Väneren och Nordsjöslax, de senare dock utan möjlighet att föröka sig i Vättern. Att införa "främmande" arter i ett annars väl fungerande akvatiskt ekosystem kan för många synas äventyrligt. Det är annars väl känt sedan länge att all fisk tycks tillväxa maximalt i Vättern.

Under 1960- och 1970-talen förändrades gradvis situationen i Vättern genom övergödning - eutrofiering. Örenat avloppsvatten från de större tätorterna kring sjön, t.ex. från Jönköping-Huskvarna-regionen, hade en starkt gödande effekt på Vätterns vattenkvalitet. Kontaminering av systemet av tungmetaller och organiska pesticider från industriella utsläpp hade samtidigt blivit ett växande hot mot sjön. Vätterns nederbördsområde är mycket begränsat till ytan, och vattnet har en mycket lång uppehållstid i sjön, cirka 50 år. Detta bidrar starkt till att gifter stannar kvar i sjöns näringskedjor mycket länge. Det kommer sannolikt att ta lång tid innan giftnivåerna i exempelvis röding kommer ned till helt godtagbara nivåer. Eutrofieringen av Vättern liksom av andra sjöar och vattendrag samt kustvatten är i sig en negativ företeelse som man under tidigt 60-tal fann bot mot, d.v.s. alltmer effektiv avloppsrening. Samtidigt är det ofrånkomligen så att mild gödning av oligotrofa vatten oftast leder till förbättrad fiskproduktion. I Vättern innebar detta att fisket på siklöja, sik och nors var mycket framgångsrikt samtidigt som eutrofieringen slog som mest under 70-talet. Yrkesfisket upplevde en relativ högkonjunktur medan miljövården samtidigt stod inför en stor utmaning.

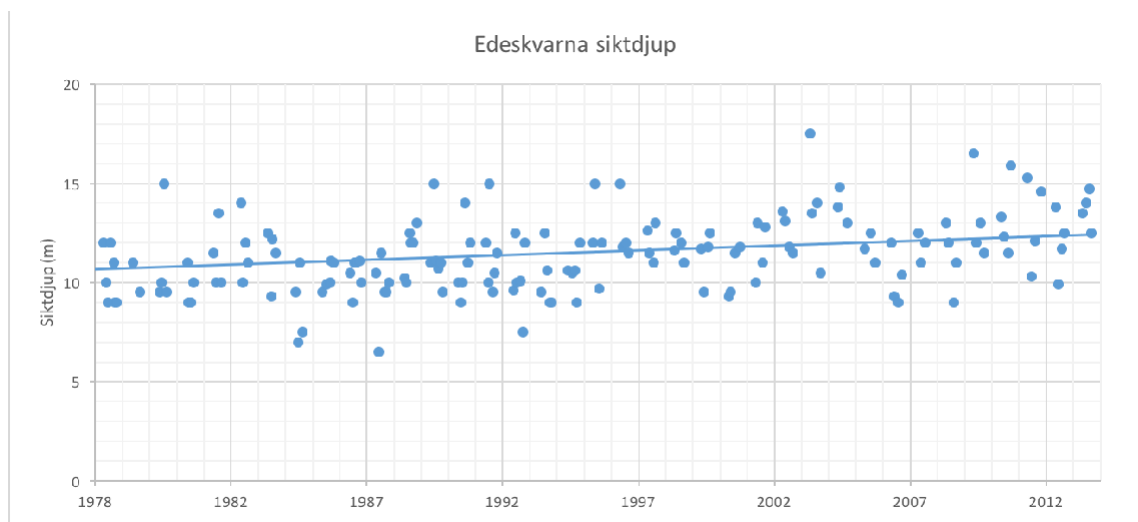
De mest synbara effekterna av eutrofiering av Vättern var ökad produktion av växtplankton och därmed starkt minskande siktdjup. Där man förr vant sig vid siktdjup på uppemot 16 m skedde gradvis en minskning till tidvis under 10 m och ibland betydligt lägre (Fig. 1 och Fig. 2). Ett annat synbart tecken på eutrofiering var ökad utbredning av mört- och annan karpfisk samt abborre - särskilt i sjöns sydligaste delar. Vi känner igen förloppen också från de andra stora sjöarna i Sydsverige.

Höggradig avloppsrening har medfört att siktdjupen idag återigen är stora. När-saltinnehållet i vattnet i termer av koncentrationer av totalfosfor har kraftigt gått ned (se nedan). Dessutom har populationerna av pelagisk fisk såsom siklöja, delvis sik, samt nors minskat drastiskt som en följd av vikande zooplanktontätheter (Uppgifter från Institutionen för vatten och miljö på SLU, samt Sötvattenlaboratoriet i Drottningholm, numera också SLU). Goda fångster av signalkräfta

och sportfiske på lax kan man säja på flera sätt uppväger förlorade fångster av sik och siklöja och delvis av röding.



Figur 1. Siktdjup (m) med Secchi-skiva uppmätta på Station "Jungfrun NV" norr om Omberg 1978 – 2014. Man ser tydligt hur siktdjupen successivt ökar med tiden.



Figur 2. Siktdjup (m) uppmätta på Station "Edeskvarnaån NV" i Södra Vättern 1978 – 2014. Likaså en successiv ökning av siktdjupen.

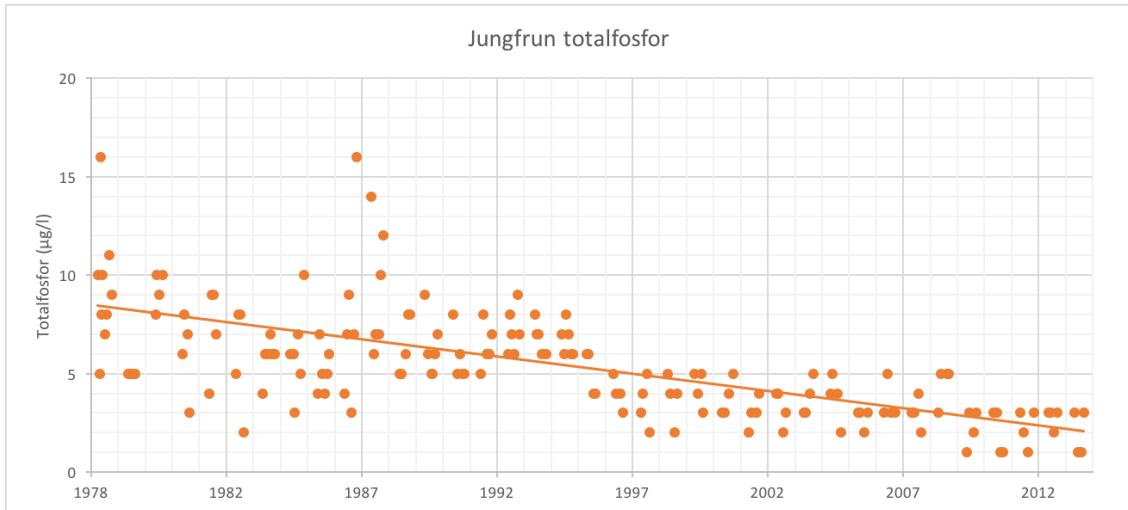
Eutrofieringen och något om Vätterns limnologi

Vättern har sedan 50-talet genomgått en påtaglig eutrofiering som kulminerade under 70-talet. Därefter har sjön tillfrisknat förvånansvärt snabbt fram till våra dagar.

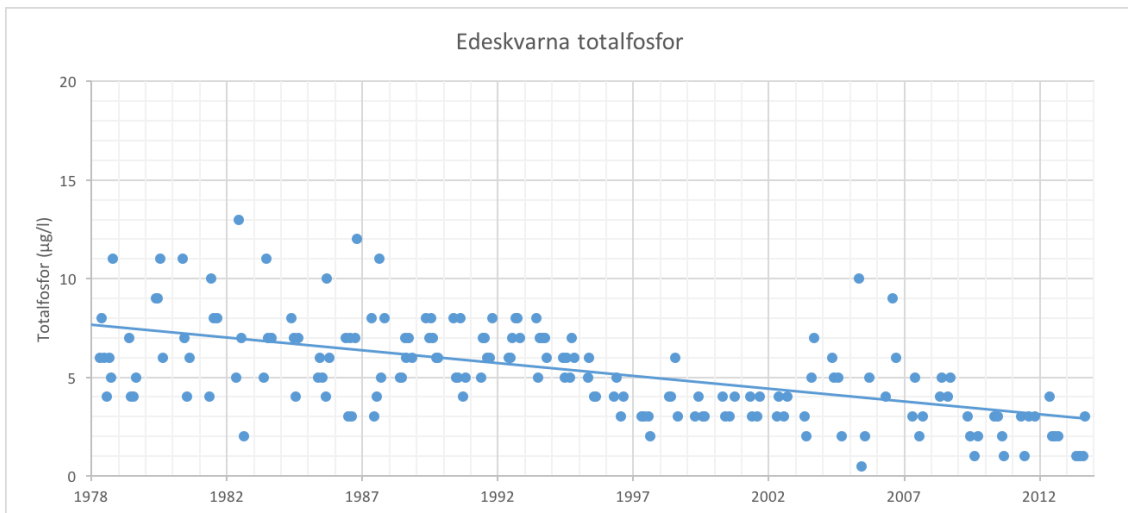
Siktdjupen i öppna Vättern har mellan 1978 och 2009 ökat med i genomsnitt 2,5 m (från c:a 10 m till c:a 12,5 m; jmf. Fig. 1 och Fig. 2), medan de legat kvar på omkring 10 m i sydligaste Vättern. Vi har i öppna Vättern idag åter maxima på

mellan 14 och 16 m (Fig. 1 och Fig. 2). Vättern mår idag till synes bra men var på väg att förändras till det sämre.

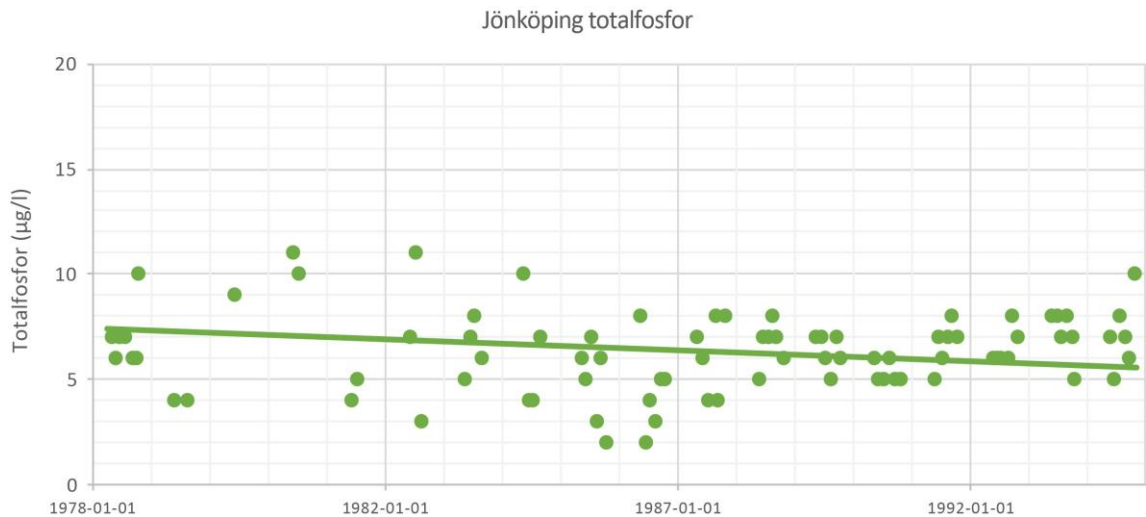
De mest dramatiska förändringarna kan vi se i innehållet av närsalter, särskilt av totalfosfor i ytvattnet. Totalfosforhalterna som uppmätts vid stationen "Jungfrun NV" norr om Omberg och "Edekvärna NV" söder om Visingsö har successivt minskat från dryga c:a 10 µg/l till idag c:a 3 µg/l (Fig. 3 och Fig. 4), faktiskt i paritet med totalfosforhalterna i fjällvatten. I sydligaste Vättern på Station 1 "Jönköping" har totalfosforhalterna dock legat kvar på mellan 5 och 10 µg/l under hela perioden. (Fig. 5).



Figur 3. Totalfosforhalter i µg/l i ytvattnet på Station "Jungfrun NV" 1978 – 2014. Halterna visar en dramatisk nedgång från c:a 10 µg/l till endast c:a 3 µg/l, en nivå som vi känner igen från fjällvatten.

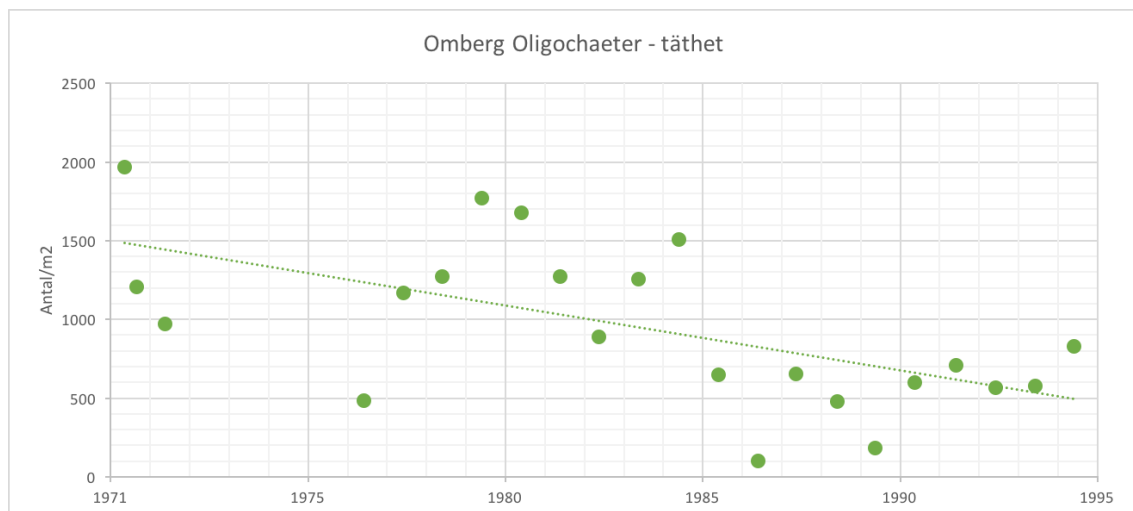


Figur 4. Totalfosforhalter i µg/l i ytvattnet på Station "Edekvärnaån NV" 1978 – 2014. Halterna visar samma dramatiska nedgång till endast c:a 3 µg/l.

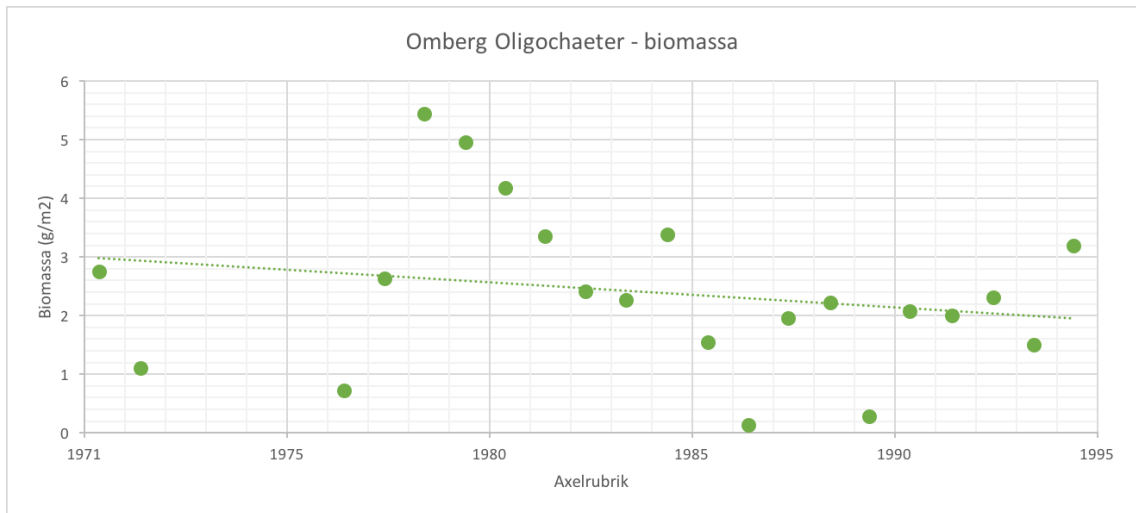


Figur 5. Totalfosforhalter i ug/l i ytvattnet på Station 1 ("Jönköping") 1978 – 1995. Vid jämförelse med Station "Jungfrun NV" och Station "Edekvarnaån" låg halterna mer eller mindre stilla på mellan 5 – 10 ug/l.

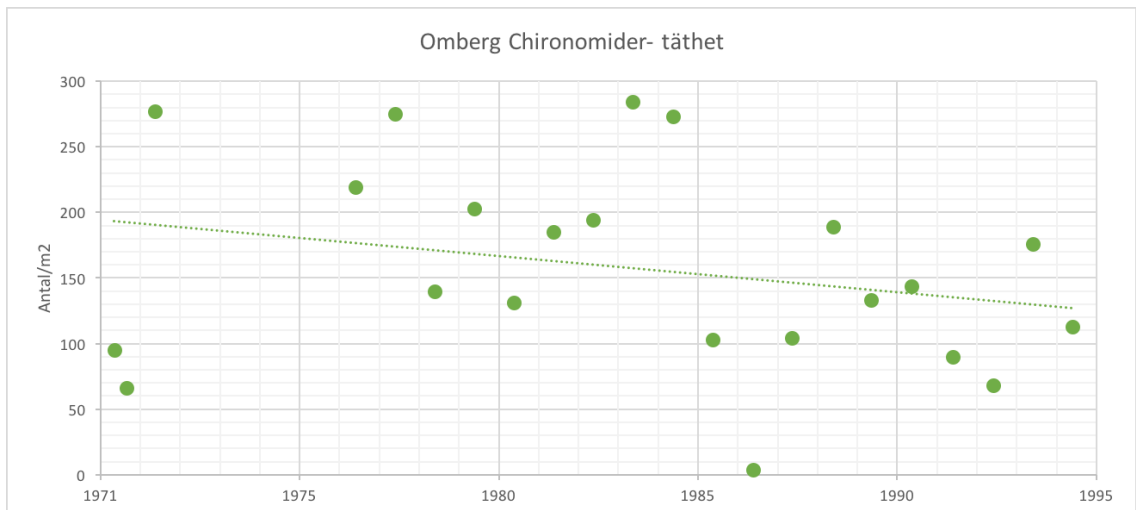
Under samma tidsperiod ser vi också förändringar i sjöns biologi, alltifrån växtplankton till fisk, något som är väl belagt. Hur har då bottenfaunan i de stora sjöarna i Sydsverige - och Vättern i synnerhet, påverkats av eutrofieringen? Finns det äldre objektiva uppgifter om detta att jämföra med dagens situation? I den mån prover finns bevarade till våra dagar är svaret obetingat ja! Tydliga kvantitativa förändringar i totalantal och total biomassa av bottenfaunans oligochaeter och chironomider ser vi på Station "Omberg" på 100 meters djup - en uppenbar puckel både vad gäller individantal och biomassa under 60- och 70-talen och sedan en successiv minskning fram till i dag (Figurerna 6 - 7 resp. Figurerna 8-9).



Figur 6. Individtätheter (antal/m² av oligochaeter på Station 9, "Omberg" i vårprover tagna med Ekman-huggare mellan åren 1971 och 1995. Som synes en tydlig successiv nedgång.

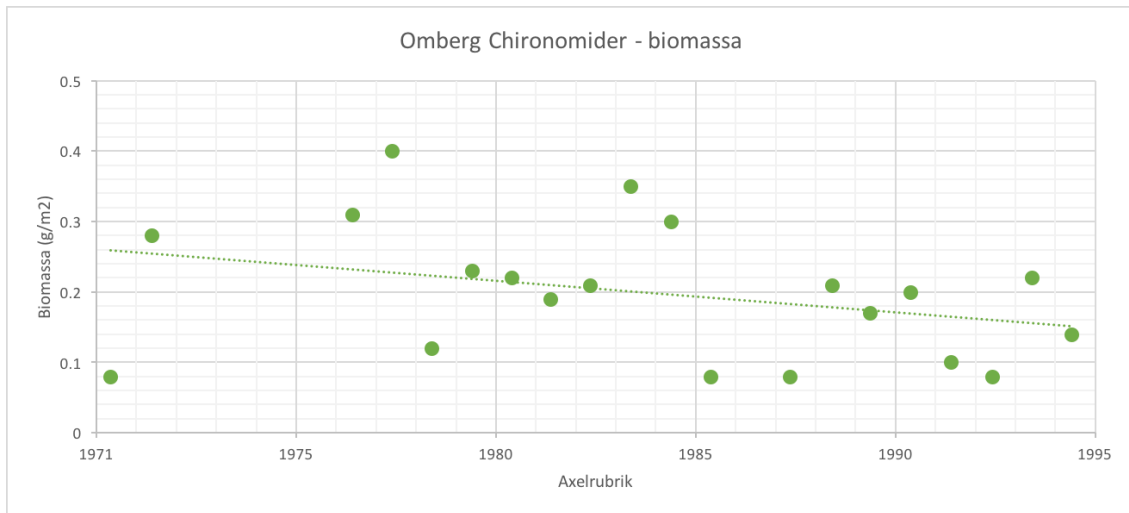


Figur 7. Biomassor (g/m^2) av oligochaeter på Station 9, "Omberg" mellan åren 1971 och 1995. Liknande nedgångsförlopp som i Figur 6.



Figur 8. Individtätheter (antal/m^2) av chironomider på Station 9, "Omberg" i vårprover tagna mellan åren 1971 och 1995. En liknande successiv nedgång med tiden som för oligochaeter (jfr. figur 6-7).

Minskningen av sedimenterat plankton sedan 1970-talet har inverkat signifikant negativt på utvecklingen av såväl oligochaeter som chironomidlarver i öppna Vättern. Oligochaeterna livnär sig generellt av mikroorganismer associerade med dött organiskt material, och filtrerarna bland chironomidlarverna tillgodogör sig mer eller mindre direkt sedimenterande växtplankton.



Figur 9. Biomassor (g/m^2) av chironomider på Station 9, "Omberg" i vårprover tagna mellan åren 1971 och 1995.

Huvudmålsättningen med denna forskning har varit att belysa kvalitativa och kvantitativa/"semikvantitativa" förändringar hos oligochaet.faunan i Vättern i ett hundraårigt perspektiv som kan härledas till den aktuella trofosituationen vid varje tillfälle och till invandring och utslagning av arter.

Material och Metoder

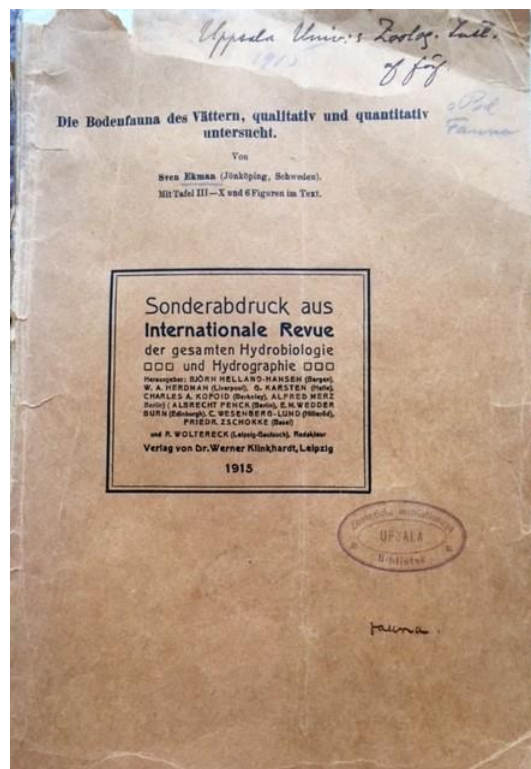
Äldre prover från de stora sjöarna i Sydsverige

Fiskeristyrelsen och gamla Vatteninspektionen visade tidigt intresse av att kunna bedöma bottenfaunans potentiella värde som fiskföda i våra inlandsvatten. Det ansågs ha stort värde ur folkhushållnings- och beredskapssynpunkt. De stora sjöarna i Sydsverige kom därför att stå i centrum för uppmärksamheten. Sålunda företogs bottenfaunaexpeditioner med Fiskeristyrelsens forskningsfartyg Eystrasalt till Mälaren 1915 – 1916 (Nordqvist och Alm) och 1933 – 35 (Nybelin) och till Vänern 1922 - 1923 (Söderström och Vallin). Lyckligtvis har bottenprover från dessa expeditioner bevarats i gott skick till våra dagar och därmed möjliggjort korrekta bedömningar av tillstånd och förändringar då och nu. I Vättern, Mälaren och Vänern sträcker sig jämförelserna över omkring 100 år tillbaka i tiden. Från centrala Hjälaren finns provserier från 70-talet och framåt, d.v.s. c:a 45 år.

Sven Ekmans prover från Vättern 1911 och 1912

För Vättern kan vi alltså anlägga ett c:a 100-årigt perspektiv. Under tidigt 1900-tal (1909 – 1927) verkade en Uppsalazoolog som lektor vid läroverket i Jönköping, Sven Ekman, och han kom att intressera sig för just bottenfaunan i Vättern. Han hade disputerat i Uppsala 1903 och publicerade sedan 1915 monografen "Die Bodenfauna des Vättern, qualitativ und quantitativ untersucht" (Fig. 10). Ekman började sin forskning i Skagerrak och konstruerade då den bottenhämtare som sedan fått hans namn (Ekman, 1911) - Ekmanhuggaren. Det var då en betydligt större huggare (provyta c:a $1\,600\text{ cm}^2$) för djupa havsbottnar än den som sedan blev standardutrustning vid alla profundala bottenprovtagningar i främst inlandsvatten (provyta c:a 225 cm^2). Ekmans huggare i Vättern hade enligt uppgift

en provyta på c:a 500 cm², d.v.s. den provtagna ytan var c:a 2 gånger större än den som nu är standard.



Figur 10. Omslag till Sven Ekmans monografi 1915: "Die Bodenfauna des Vättern, qualitativ und quantitativ untersucht".

Ekman lade upp ett provtagningsnät som täckte hela sjön. Bottenproverna togs med Ekmanhuggare 1911 och 1912 samt 1914, och materialet sållades genom ett nät med maskvidden 0,7 – 0,8 mm ("Seidengaze Nr. 6"). De djur som kvarhölls i sållet konserverades i 70% alkohol. Hans avsikt var att kunna identifiera alla makroskopiska arter som proverna innehöll. Det mesta kunde han bestämma och beskriva själv, men oligochaeterna skickade han till en schweizisk kollega och specialist vid universitetet i Neuchâtel, sedermera professorn Etienne Piguet. Efter identifiering bevarades flertalet prover på Riksmuséet i Stockholm. 1992 undersöktes proverna återigen av dr. Tarmo Timm, Tartu Universitet i Estland. Han fann då att Piguets bestämmningar varit helt korrekta men att etiketterna hade blandats om vid något tillfälle och härledning till specifika lokaler i Vättern tyvärr blivit omöjlig.

Sven Ekman har i sin avhandling detaljbeskrivit ett antal prover från hela Vättern med dess innehåll av olika djurarter (som exempel, Figurerna 11a-c). Tuschteckningarna av djuren har sannolikt gjorts av Sven Ekman själv.



Figur 11a. "Tafel VIII" (bilaga till Sven Ekmans monografi). Totala djurinnehållet i sällresterna av ett representativt Ekmanhugg taget på 82 meters djup utanför halvön Svedudden väster om Visingsö den 11:e augusti 1911. Provet ansåg Ekman vara representativt för tunt lagrade kitinsediment i Vättern (se nedan). Man kan bl.a. se vitmärla (*Monoporeia affinis*), sjösyrsa (*Gammaracanthus loricatus*) och taggmärla (*Pallasea quadrispinosa*) men få oligochaeter - alla av arten *Stylodrilus heringianus*.



Figur 11b. "Tafel XII". Dito från 53 meters djup 7,5 km söder om Visingsös sydspets den 11:e augusti 1911. Provet ansåg Ekman vara representativt för rika kitinsediment på större djup (se nedan). Man kan bl.a. se vitmärlor (*Monoporeia affinis*) och skorv (*Chiridothea entomon*) men få oligochaeter --- av arterna *Stylodrilus heringianus* och *Rhyacodrilus falciformis*.

Ett exempel på hans exceptionella noggrannhet är Fig. 12 som låg som en lös sida i Sven Ekmans eget exemplar av monografen och visar blyertsavbildningar av tre kräftdjursarter som är karakteristiska för Vättern - vitmärla (*Monoporeia affinis*), vanlig sötvattensmärla (*Gammarus pulex*) och taggmärla (*Pallasea quadrispinosa*). Stationernas positioner är tämligen noggrant angivna, och det har varit förhållan - devis enkelt att sedan uppsöka samma stationer vid upprepade tillfällen.

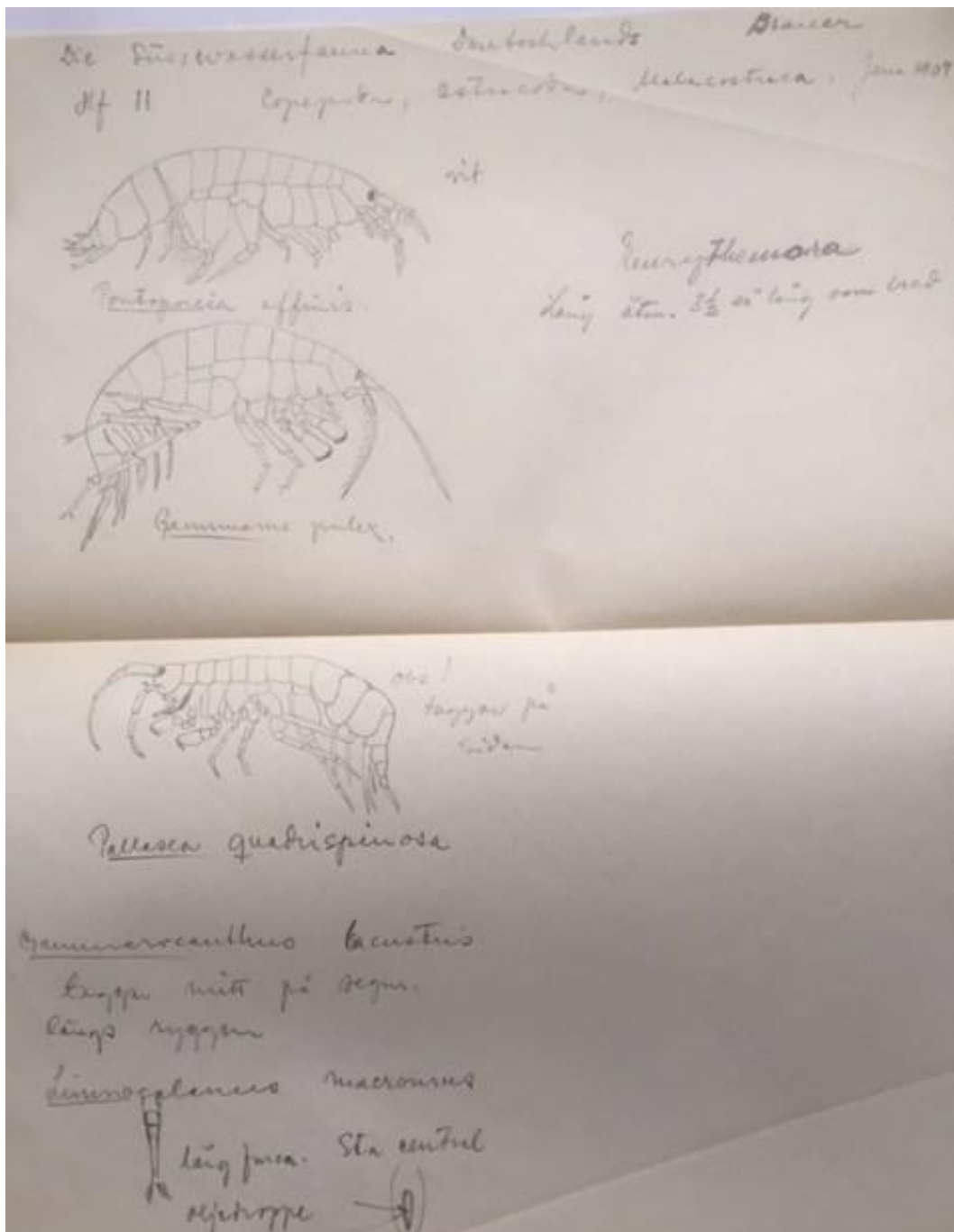


Figur 11c. "Tafel XIV". Dito från 112 meters djup, söder om Visingsö den 9:e augusti 1911. Ett typiskt prov från kitingyttjebotten med "Vollgyttja" skriver Ekman (se nedan). Man kan här se mängder av oligochaeter (av arterna *Spirosperma ferox*, *Tubifex tubifex*, *Psammoryctides barbatus*, *Limnodrilus profundicola* och *Stylodrilus heringianus*).

Hela oligochaetmaterialet som finns att tillgå från Vättern

Föreliggande studie grundar sig på Ekmans efterlämnade material från 1911 och 1912, på mina egna bottenprover tagna i Vättern åren 1966 – 1969 täckande i princip alla Ekmans stationer, på prover tagna av "Mälarundersökningen"/Naturvårdsverket/Inst. för vatten och miljö, SLU:s bottenprovsserier med tre års mellanrum – ibland tätare – från 1971 till 2003 samt på bottenprover tagna av Medins Havs- och Vattenkonsulter AB, Göteborg, 2014. Medins prover har för övrigt tagits med en större bottenhuggare – en van Veen-huggare (provtagningssyta 0,1 m²). Alla de senare proverna berör 3 av alla de stationer som valts ut av dåvarande "Mälarundersökningen" 1971 som särskilt representativa för Vättern, Station 5, "S. Visingsö", Station 9, "Omberg" och Station 14, "S. Stora Aspa" – samtliga från c:a 100 meters djup, och som också motsvarar några av Ekmans ursprungliga djupstationer (jmf. Tabellerna 1, 2 och 3).

Samtidigt togs också prover på Station 8 från 20 – 40 meters djup utanför Hjo (motvarande Ekmans Station 4). Tidsomfånget och periodiciteten är desamma som för de tre djupa stationerna ovan. De senare proverna har nu analyserats som ett komplement till de tidigare tre djupa stationerna (Tabell 6).



Figur 12. Blyerts-kiss troligtvis utförd av Sven Ekman själv. Skissen låg ihopvikt inne i hans eget exemplar av monografen. Man ser fina detaljer av vitmärsla (*Monoporeia affinis*), vanlig märklkräfta (*Gammarus pulex*) och taggmärsla (*Pallasea quadrispinosa*).

Undertecknads egna prover från 1966, 1967 och 1969 – täckande hela sjön, är analyserade i sin helhet. Ur materialet från 1971 och framåt har för denna undersökning vid varje tillfälle slumpvis valts ut tre paralleller av totalt tio för analyser. Proverna har alla varit tagna på samma sätt, låt vara att man i modern tid sållat proverna genom såll med 0,5 – 0,6 mm maskvidd. Jämförbarheten torde dock vara någorlunda tillfredsställande. Strikt kvantitativt kan det emellertid vara vanskligt att göra korrekta jämförelser. Undertecknad föredrar begreppet "semi-kvantitativt" i sammanhanget.

Undersökningen har följaktligen koncentrerats till de tre nämnda stationerna (med senare tillägg för den grunda Station 8). Under 1971 gjorde emellertid "Mälarundersökningen" en separat undersökning av samtliga stationer som Ekman använt sig av, därav många lokaler på mindre djup; totalt 15 stationer med som regel tre paralleller från vardera stationen (Tabell 4). Materialet monterades sedan som permanenta slides. För att kunna belysa effekter av pågående eutrofiering i Vättern ansåg undertecknad det vara angeläget att också analysera delar av det materialet. Vissa preparat monterade 1971 hade emellertid inte överlevt till idag utan torkat in, men i genomsnitt har två paralleller från varje station kunnat analyseras.

Underlaget till föreliggande analys av oligochaetsamhällena i Vättern återfinns i ett separat appendix som erhålls i digital form (excelfil) från Vätternvårdsförbundet. Tabellerna 1-3 i Appendix 1 visar artsammansättningen i alla de prover från de tre utvalda djupa stationerna från 1911 till och med 2014 som analyserats i en första omgång. Totalt hade 155 prover analyserats i sin helhet och detta inte mindre än tre gånger per prov. Från den kompletterande grundare Station 8 "Hjo" har avslutningsvis ytterligare totalt 61 prover analyserats (Tabell 6 i Appendix 1).

De upprepade analyserna beror på att tre av profundalens arter, *Limnodrilus profundicola*, *Tasserkidrilus acapillatus* och *Rhyacodrilus falciformis*, i Vättern är mycket lika som sexuellt omogna och har krävt upprepade analyser för säker bestämning. De könsmogna djuren som däremot är förhållandevis lättbestämda utgör som regel en mindre del av populationen vid varje enskilt tillfälle (se nedan). Eftersom *R. falciformis* sedan Ekmans dagar inte med säkerhet har kunnat hittas i sjön – inga könsmogna individer har identifierats – har det känts angeläget för undertecknad att låna in monterade exemplar av arten från dels Estland (dr. Tarmo Timm, Universitetet i Tartu) och dels Holland (dr. Ton van Haaren).

Tabell 4 i Appendix 1 visar, som nämnts, analysresultaten från den fristående undersökningen över hela sjön 1971. I Tabell 4 i Appendix 1 finns också med resultaten av en provtagning omfattande tre Ekmanhugg på fiberbankar i Munksjön (se nedan) som omedelbart gränsar till Vättern. Munksjön är den enda lokalen i Vättern och dess närhet där den omvittnat mycket toleranta och i sen tid invandrade oligochaetarten *Potamothrix heuscheri* hittats (se vidare nedan).

Arten *T. acapillatus* visade sig i proverna från Vättern först 1966 (markerades som avvikande). *T. acapillatus* hade då ännu inte beskrivits som art (se nedan). Som könsligt omogen påminner arten starkt om från Vättern redan kända *L. profundicola* och arterna är synnerligen svåra att skilja åt, som könsmogna däremot lätta att särskilja. För att i efterskott försöka avgöra proportionerna mellan de två arterna i proverna 1966-1969 vidtogs följande åtgärder. Tabell 5 i Appendix 1 visar i sammanfattning andelen könsmogna – och därmed lättbestämda – resp. icke könsmogna individ av *L. profundicola* i merparten av de bottenprover som tagits och som bevisligen innehållit könsmogna individ av arten.

Tabell 7 i Appendix 1 visar som kontrast artsammansättningen på Stationerna 1 ("Jönköping") och 2 ("Huskvarna") 1974, båda stationerna på c:a 20 meters djup.

Sammanfattning av Sven Ekmans erfarenheter av varje oligochaetarts ekologi (s.k. autekologi) i Vättern – tubificider och lumbriculider – med några kompletterande kommentarer

Vid förra seklets början var man mycket noga med att ange varje bottendjursarts ekologi i relation till den genomsnittliga sedimentkvaliteten. Man använde sig av begrepp som gyttja av flera slag, däribland kitingyttja och "chitinvollgyttja", sand, lera, "Sand auf Ton" etc. Ett märkligt begrepp synes "Seerz" (järn- och mineralhaltigt sediment) vara. Mindre vikt lades vid vattenkvaliteten och interaktioner med andra arter. Icke desto mindre hade man tämligen klart för sig arternas beroende av diverse omvärldsfaktorer.

Sven Ekmans uppfattningar om bottenfaunans i allmänhet egenskaper grundar sig i stor utsträckning på dansken Wesenberg-Lunds (1905) erfarenheter och särskilt beträffande oligochaeterna på prof. Piguets dito. Med kitingyttja menar Ekman organiska (delvis nedbrutna) -oorganiska blandade mjuka sediment på depositionsbottnar med rikt innehåll av kitinrester från zooplankton (skjöldar) och chironomider (huvudkapslar och hudar). En växtekologisk definition av ordet gyttja är "ett akvatiskt sediment som huvudsakligen består av dött plankton, detritus och bottenfauna. Det är grå-brunt till svartaktigt i färgen och har formats under syrerika förhållanden och är tillräckligt rikt på näringsämnen och mikroorganismer" (Paavilainen & Päivänen, 1995).

Av följande tubificida oligochaetarter fann Ekman *Spirosperma ferox* sålunda vara starkt beroende av kitingyttje- och "fullgyttje"-rika sediment på alla djup. Han fann inga regionala olikheter, vilket talar för att han menar att det rått mycket syrerika förhållanden i hela sjön. Arten är inte så vanligt förekommande på vegetationsrika, sandiga litorala och sublitorala bottnar eller på hårdbotten, menar Ekman. *Psammoryctides barbatus* har oftast en mer yttlig utbredning och undviker alltför mjuka sediment skriver Ekman men finns på alla djup. Undertecknads uppfattning är närmast att *P. barbatus* sällan påträffas på stora djup och är ofta associerad med sandbottnar. Arten är dessutom vanligt förekommande i syrerika miljöer i litoralen och sublitoralen samt i rinnande vatten.

Tubifex tubifex fann Ekman mest på "Vollgyttja", sällan på kitingyttjebottnar. Framför allt är *T. tubifex* karakteristisk för djupa bottnar, sällan grundare än 30-40 m, och sedimenten får inte vara för mjuka, menar Ekman, gärna dock hårdare botten med inslag av växtgyttja. Annars påträffas man arten i alla miljöer och med högst olika belastningsgrad, anser man vid den tiden.

P. hammoniensis fann Ekman i endast få exemplar i övre profundalen utanför Jönköping och Huskvarna. Han gör ingen tydlig reflexion angående samband med påverkan från utsläpp av något slag. *Limnodrilus hoffmeisteri* fann Ekman likaledes i få exemplar i övre profundalen utanför Jönköping och utanför Hjo utan att nämna någon koppling till eventuell föroreningssituation. Förekomsten på grunt vatten utanför Hjo associerar Ekman med gyttjebotten. *Limnodrilus profundicola* identifierades i flera av Ekmans prover, oftast i sådana som tagits i nedre

profundalen på mer än 100 meters djup mellan Jönköping och Visingsö. Substratet betecknade han som "Vollgyttja".

Rhyacodrilus falciformis var enligt Ekman/Piguët 1911 och 1912 en vanligt förekommande art i Vätterns södra del, särskilt på mellandjupa bottenar på c:a 50 meters djup med kitingyttja. *Rhyacodrilus palustris* rymmer såväl den art vi idag kallar *Rhyacodrilus coccineus* och den art som Ekman/Piguët benämnde *R. palustris*. Den senare arten menar Brinkhurst (1971) är en variant av den förra och tydligt skiljer sig i fråga om "könsborstens" utseende. En ytterligare variant i Ekmans material av *R. coccineus* med avvikande "könsborst" som sedermera fick namnet *R. Ekmani* återfanns utanför Jönköping (se nedan). *R. palustris* fann Ekman främst på grunda bottenar, vissa med "Vollgyttja" andra inte, bl.a. utanför Jönköping och Karlsborg, men även på större djup ned till maximala 120 m i gyttjerika sediment. Arten var sparsamt förekommande i Ekmans material.

Bland lumbriculida oligochaetarter var *Stygodrilus heringianus* mycket rikligt förekommande i Ekmans material och med stigande individtätheter mot djupet i "biogena Sedimente". Annars ansågs inte arten vara känslig för sedimentkvaliteten. *Rhynchelmis tetratheca* hittades i Vättern nästan enbart på stort djup, men var enligt Ekman/Piguët annars ingen "djupart" utan hittades på kontinenten oftast i bäckar, källor och småvatten. I de senare fallen kan det faktiskt vara fråga om en annan art – *Rhynchelmis limosella* med känd förekomst i bl.a. litoralen (exempelvis i Mälaren – Milbrink, opubl.). Förekomsterna av *R. tetratheca* associerades inte till någon speciell sedimenttyp.

"Fadenförmige Enchyträide" anar vi en huvudsakligen terrester art av familjen Enchytraeidae, *Cognettia sphagnetorum*, som förekommer sparsamt men vitt spridd på alla djupnivåer i Vättern i Ekmans liksom i senare material. Ekman anför inga synpunkter på artens ekologiska krav. *C. sphagnetorum* är för övrigt karaktärsart för podsoljordar i norra Europas barrskogar.

Resultat

Tabellerna 1 ("Omberg"), 2 ("Syd Visingsö"), 3 ("Stora Aspa") och 6 ("Hjo") är totala redovisningar av analysresultaten från de stationerna mellan åren 1974 och 1995. I vissa fall finns även analyserade prover från 2014 o. 2015.

Vad visar oligochaetanalyserna i stort om den sentida utvecklingen i sjön? Resultaten visar entydigt att Vättern i huvudsak är en klart oligotrof sjö och visar i det hänseendet likheter med Väneren. Med totalfosforhalter i ytvattnet på nuvarande 2–3 µg/l har Vättern en viss särställning och kan närmast jämföras med högalpina sjöar i norra Sverige och allra mest med de genom vattenreglering för elproduktion oligotrofierade (näringsutarmade) stora sjöarna i norr. Den totala arealen av sådana reglerade sjöar med i princip förstört fiske i norra Skandinavien är f.ö. enorm (Milbrink et al., 2011). Med avseende på oligochaeternas kvalitativa sammansättning avslöjar analyser av bottenfaunan i Vättern, särskilt sedan 1960-talet, att sjöns djupa bottenar inte påverkats kvalitativt särskilt mycket av "eutrofieringspuckeln" under 60- och 70-talen. Kvantitativt, i termer av individtäthet och biomassa, syns den tidigare nämnda puckeln tydligt på kurvan för

Station "Omberg" i sjöns mitt (Fig. 6 och Fig. 7). Samma sak men inte lika tydligt gäller chironomiderna i bottarna på samma station (Fig. 8 och Fig. 9).

En viss succession i tiden mellan oligochaetarter kan däremot urskiljas, en del kan ha rent naturliga orsaker som också setts i de andra stora sydsvenska sjöarna – t.ex. spegla en naturlig periodicitet, en del kan härledas till invandring av nya arter (t.ex. av *Tasserkidrilus acapillatus*, se nedan, sannolikt under 1960-talet) och därmed eventuella nya konkurrenssituationer. Litorala och sublitorala bottnar, fastän de inte nämnvärt undersökts här, visar däremot, särskilt i sydligaste Vättern, på förskjutning under 60- och 70-talen mot mera föroreningstoleranta arter. Detta framgår klart av de få serier från grundare bottnar som tagits under den tiden.

De mest pålitliga oligotrofiindikatorerna bland oligochaeterna såsom *S. ferox*, *S. heringianus* och *P. barbatus*, finns i princip överallt och dominerar i sjöns profundal. Vi har också djupvattensarten och oligotrofiindikatorn *L. profundicola* som var sparsamt förekommande i Vättern under tidigt 1900-tal. Den arten blev möjligen mera vanligt förekommande på djupa och medeldjupa bottnar i Vättern fram t.o.m. 60-talet för att därefter återigen minska i abundans. Arten är särskilt indikativ på oligotrofa förhållanden i de djupa schweiziska sjöarna såsom i Genevesjön (Lang & Reymond, 1996). I Tabell 4 kan man göra en jämförelse mellan provresultat från Ekman 1911 och senare provresultat (1967-1971) från ett antal stationer i Vättern på c:a 100 meters djup. Under sen tid har arten *T. acapillatus* kommit in i Vätterns profundal – sannolikt från öst – och har ökat i betydelse till synes på bekostnad av *L. profundicola* som blivit alltmer glest förekommande och möjligen också *S. heringianus* (se nedan). *T. acapillatus* är sedan 70-talet en dominerande art i profundalen och måste också betecknas som en pålitlig oligotrofiindikator. Beträffande den i trofisammanhang ambivalenta arten *T. tubifex* (till del en pålitlig oligotrofiindikator men till del också en dito eutrofiindikator!) diskuteras närmare senare.

Medan Tabellerna 1 t.o.m. 3 visar resultaten från de djupa stationerna i Vättern (omkring 100 m) ser man i Tabell 6 på samma sätt resultaten av en kompletterande uppföljning av den grundare Stationen 8 (Ekmans Station 4) utanför Hjo på 30 – 40 meters djup under samma tidsperiod. Proverna härifrån är individfattiga som delvis pekar på att bottarna på de här djupen inte är de depositionsbottnar som återfinns på större djup. Vi ser liknande artsammansättning som på 100 meters djup men med den skillnaden att det finns små inslag av den toleranta arten *P. hammoniensis*, vilket i sin tur indikerar närhet till tätorten Hjo. Ekman fann här därtill den likaledes mycket toleranta arten *L. hoffmeisteri* utanför tätorterna Hjo och Karlsborg. I princip har mycket litet förändrats sedan Ekmans dagar.

Vissa av de arter som angivits som karakteristiska för Vättern i Ekmans monografi har emellertid inte med säkerhet återfunnits såsom som nämnts *R. falciformis*. Vissa andra arter av släktet *Rhyacodrilus* har heller inte återfunnits eller bedömts vara varianter av "moderarten" *R. coccineus* som förekommer sparsamt i profundalen. Den senare har "könsborst" med relativt korta trubbiga ändar (Fig. 13). Varianten *R. Ekmani* med krökta, spetsiga "könsborst" (Fig. 14) har hittats i sydligaste delarna av sjön, medan varianten *R. palustris* med typiskt mera långsträckta "könsborst" (Brinkhurst & Jamieson, 1971) inte har återfunnits.

Analysresultaten antyder att *R. coccineus* numera är mera sällsynt förekommande än under 60-talet.

Bottenprover från måttliga djup strax utanför Jönköping och Huskvarna under 60-talet visar dels på förekomst av pålitliga eutrofieringståliga arter såsom *P. hammoniensis* och *L. hoffmeisteri* men dels också på ökade abundanser och biomassor hos oligochaetfaunan i stort. Det är också så att normalt oligotrofiindikerande arter som *S. ferox* och *S. heringianus* påverkas positivt av s.k. eutrofiering så länge bottenvattnet är starkt syrsatt. *P. hammoniensis* och *L. hoffmeisteri* fanns visserligen redan vid 1900-talets början på litorala och sublitorala bottnar utanför Jönköping-Huskvarna, liksom utanför Hjo och Karlsborg, men aldrig i större abundanser. Situationen är typisk för vad som i allmänhet händer i oligotrofa vattenområden vid pågående eutrofiering (Milbrink, 1980).

Tabell 7 med analysresultat från Stationerna 1 och 2 utanför Jönköping och Huskvarna från 1974 är ett bra exempel på detta.

Det kan vara särskilt intressant att jämföra prover från Stationerna 1 och 2 vid två tidpunkter inte så långt åtskilda i tiden nämligen från 1971 (Tabell 4) och från 1974 (Tabell 7). Möjligen representerar den tidigare tidpunkten eutrofieringens relativa maximum. Analyserna från 1971 visar sålunda på större artdiversitet med ett antal indikatorer på mild gödning såsom *Aulodrilus limnobius*, *Tubifex ignotus* och *Vejdovskyella intermedia*. De senare arterna sågs inte 1974, vilket naturligtvis kan vara en ren tillfällighet, men möjligen också återspegla reella förändringar i miljön. Det vore mycket önskvärt att nya prover från Stationerna 1 och 2 kunde tas för jämförande analyser. Har artdiversiteten minskat liksom inslagen av de toleranta arterna?

I och med det aktualiserade intresset för Vätterns oligochaetfauna – många prover har därmed blivit analyserade – är det närmast oundvikligt att för sjön nya arter "dyker upp". Sålunda har artlistan för Vättern utökats med *Tubifex smirnowi* i sjöns södra, djupa bottnar och *Peipsidrilus pusillus* i Vätterns strandmiljöer (Måns Lindell, pers.inf.). Man tror sig veta att båda arterna har ostligt ursprung. Ovannämnda arten *T. acapillatus* visade sig med säkerhet i Vättern redan 1966 (Milbrink, opubl.).

Tabellerna 1-3 liksom Tabell 6 i Appendix 1 ger en komprimerad bild av innehållet i alla de prover från Stationerna 5, 9, 14 och 8 som analyserats fram till och med år 2003 (Station 8 dock bara t.o.m. 1995) – tillkommer år 2014. Bortsett från rent kvantitativa skillnader delvis betingade av vald utrustning och vilken provtagningsmetodik som tillämpats kan man urskilja vissa trender i materialet.

I Vätterns profundal var sålunda *L. profundicola* en av de arter som förekom vid 1900-talets början, men ännu mer vanlig blev arten alltså under 60-talet. Om man försiktigtvis håller sig till enbart köns mogna exemplar (jmf. ovan och diskussionen nedan; Tabell 5 i Appendix 1) hade arten sin storhetstid under det decenniet. På 60-talet började *T. apicillatus* visa sig i proverna och blev sedan allt vanligare samtidigt som *L. profundicola* tycktes bli mera ovanlig. Sammanställningen visar även att abundanserna av *S. heringianus* minskade ganska avsevärt in på 70-talet, även vid jämförelse med situationen vid seklets början. Till detta finns ingen uppenbar förklaring. Det kan vara fråga om en naturlig cyklicitet.

Man ska vara försiktig med att strikt jämföra abundanser, särskilt i de tidigaste proverna enligt vad som sagts ovan, men det är ändå frestande att dra den slutsatsen att de relativt höga abundanserna hos samtliga oligotrofiindikatorer under 60-70-talen jämfört med 80-talet och senare är kopplade till eutrofieringen. Oligotrofiindikatorarterna *S. ferox*, *S. heringianus* och *P. barbatus* synes sålunda ha varit tämligen vanligt förekommande på de valda djupstationerna redan vid 1900-talets början, även vid jämförelse med 1980-talet och framåt, när deras abundanser minskat från 70-talets relativt höga nivåer. *T. tubifex* har visserligen visat en viss cyklicitet men har ändå legat tämligen konstant i abundans.

Tabell 4 i Appendix 1 ger alltså en komprimerad bild av innehållet i prover från ett antal stationer i Vättern tagna 1971– d.v.s. även från stationer på mindre djup. Sålunda är eutrofieringsindikatorerna *P. hammoniensis* och *L. hoffmeisteri* under 60-talet förekommande på Stationerna 1 och 2 (3), d.v.s. på måttliga djup, utanför Jönköping och Huskvarna. Redan på Ekmans tid hittades dessa arter där fastän i mindre utsträckning liksom, som nämnts, utanför Hjo och Karlsborg. Under 60-talet hade däremot de båda arterna uppenbart ökat i söder. På mera nordliga stationer, såsom Stationerna S. StoraAspön/Stora Röknen, Askersund och Hammar samt i Motalaviken fanns inte *P. hammoniensis* och *L. hoffmeisteri* över huvud taget registrerade. Vad *R. coccineus* beträffar hade arten sin tyngdpunkt 1911 på Station 1 utanför Jönköping (då benämnd *R. palustris*). I senare material från 60-talet har arten påträffats delvis rikligt i söder på Stationerna 1 och 2.

Diskussion

Vad visar oligochaeterna om den sentida utvecklingen i de fyra stora sjöarna i Sydsverige, och hur mycket kan oligochaetsammansättningen berätta specifikt om Vättern?

Mälaren

Mälaren består av ett flertal bassänger och är naturligt mesotrof – eutrof till sin karaktär. De centrala, av eutrofiering minst påverkade fjärdarna, Prästfjärden och Björkfjärdarna, är huvudsakligen mesotrofa medan perifera bassänger såsom Ekoln i norr och Galten och Västeråsfjärden i väster är klart eutrofa. Mälaren i likhet med de andra stora sjöarna i Sydsverige har sedan 50-talet genomgått en eutrofiering som kulminerade i slutet av 60-talet och i början av 70-talet. Därefter har vi sett en konstant förbättring av sjöns tillstånd. Oligochaetmaterial har insamlats och bevarats från hela sjön med början 1915-1916 (Alm, 1915). Därefter gjordes insamlingar 1933-1935 (Nybelin), 1966-1973 (Milbrink) och mellan 1971 och 2010 ("Mälarundersökningen"/Naturvårdsverket/Institutionen för vatten och miljö, SLU). Det rör sig om ett tidsspänn på nära 100 år.

De centrala mesotrofa bassängerna har under hela tidsperioden dominerats av de toleranta arterna *P. hammoniensis* och *L. hoffmeisteri* men med viktiga inslag av oligotrofiindikatorerna *S. ferox* och *P. barbatus*. I slutet av 60-talet var *P. hammoniensis* särskilt vanligt förekommande för att sedan alltmer minska i abundans samtidigt som oligotrofiindikatorerna, särskilt *P. barbatus*, relativt sett ökade. De perifera bassängerna i väster såsom Galten och i norr --- Ekoln (se ovan) har hela tiden behållit sin eutrofa karaktär med stark dominans av arterna *P.*

hammoniensis och *L. hoffmeisteri*. Öster om Galten i Västeråsfjärden och Blacken kan man sedan 80-talet se en påtaglig förbättring av miljöförhållandena med glädjande nog bredare återkomst av renvattensarterna *S. ferox* och *P. barbatus*.

I sen tid har s.k. Ponto-Kaspiska arter av släktet *Potamothrix*, invandrat till Mälaren från öst (*P. vej dovskyi*, *P. heuscheri*, *P. bedoti* och *P. moldaviensis*). Dessa arter har sannolikt invaderat Mälaren via fartyg kommande från Balticum (Milbrink, 1999; Milbrink & Timm, 2001; Milbrink, 2014). Några av dessa *Potamothrix* – arter såsom *P. moldaviensis* fanns redan närvarande i det Almska bottenfaunamaterialet från Mälaren 1915–1916, men de flesta övriga arterna blev vanliga och lokalt dominerande under 60-talet. Invasionen av Mälaren som skedde i flera steg inträdde betydligt tidigare än i Vättern. Alla de Ponto---Caspiska arterna fanns i stora abundanser i sjön under 60-talet. Där de nya arterna fått fotfäste var de totala abundanserna särskilt höga. I de flesta fallen kan man inte se att andra inhemska arter har fått ge vika i Mälarens profundal, snarare tvärtom, vilket faktiskt kan antyda symbiotiska förhållanden mellan arterna med avseende på bakteriell föda (Milbrink, 1993).

Vänern

Profundala bottenprover har tagits i Värmlandssjön sedan 1921-1922 ("Vallin-Söderströmska boniteringen"). På 1960-talet togs ett begränsat antal bottenprover av Naturvårdsverket i hela Vänern (Grimås), och 1969-71 gjorde Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning delvis heltäckande bottenprovtagningar i sjön. Nu var det miljösituationen som skulle belysas. Sedan 1975 har Naturvårdsverket/ Institutionen för vatten och miljö på SLU med tre års mellanrum följt upp situationen på några utvalda profundala stationer i Vänern. Undertecknad gavs möjligheterna att artbestämma allt oligochaetmaterial som samlats in t.o.m. 2003 samt även 2014 (Milbrink, 2013; Milbrink & Sonesten, 2014).

Vänern är en oligotrof sjö, vilket oligochaetfaunans sammansättning också bekräftar, d.v.s. en profundal dominans av *S. ferox*, *P. barbatus* och *S. heringianus* (även *T. tubifex*). Abundanserna är låga. Värmlandssjöns norra fjärdar, fjordar och skärgårdsområden har emellertid under 50-, 60- och 70-talen påverkats av betydande eutrofiering precis som i de andra stora sjöarna – och även av tungmetallutsläpp från många industriella komplex (t.ex. Skoghallsverken vid Kattfjorden med stora utsläpp i luft och vatten av kvicksilver). Under eutrofieringsmaximum gynnades här lokalt arterna *P. hammoniensis* och *L. hoffmeisteri* (även *T. tubifex*) samtidigt som totalantalet oligochaeter gick upp kraftigt. Sedan 80-talet har miljöförhållandena emellertid snabbt förändrats till det bättre i takt med förbättrad kommunal och industriell avloppsrening. Tungmetallsproblemet kvarstår dock i stor utsträckning (Milbrink & Sonesten, 2014). Även i Vänern har vi sålunda ett nära 100-årigt perspektiv.

Hjälmarens

Hjälmarens är en tämligen grund eutrof slättsjö med avsevärd påverkan från Svartån och Örebro stad. Hjälmarens har en totalcirkulerande vattenmassa. Den profundala oligochaetfaunan visar en blandning av toleranta och syrekrävande arter enligt ovan. Vi har sedan länge en gödningssituation men utan profundal syrebrist, därav artblandningen. Sedan 1975 fram till och med 1995 har en serie stationer i sjön följts upp vart annat år av Naturvårdsverket /Institutionen för vatten och miljö, SLU. Prover från vissa stationer i sjön finns dessutom från

2011. De tidigaste proverna från hela Hjälmaran 1967 resp. 1975 har artbestämts av undertecknad, och den efterföljande provserien från 70-talet fram till våra dagar är under pågående analys också av undertecknad. Även den ostligaste pendangen till egentliga Hjälmaran – Lill-Hjälmaran – med närmast mesotrof vattenkvalitet är under uppföljning.

Vättern

Arten *T. acapillatus* fanns inte i Ekmans material från Vättern 1911 och 1912. Dr. Timm från Tartu Universitet kan, som nämnts, bekräfta att det inte fanns ett spår av arten i det på Riksmuseet deponerade materialet. *T. acapillatus*, fastän då okänd, fanns med som flera reservationer i undertecknads material från Mälaren på 60-talet. *L. profundicola* var i det materialet i alla händelser den klart dominerande arten av de två med en tidvis stor andel köns mogna individer (Se Tabell 5 i Appendix 1). Det är alltså troligt att *T. acapillatus* invandrat till Vättern under sedan 50-talet pågående eutrofieringsfas. Vektorer kan absolut ha varit fartyg som kommit från exempelvis Balticum via Göta kanal och med ballastvatten som tömts utanför Jönköping eller andra tätorter vid sjön (Milbrink & Timm, 2001). *T. acapillatus* som är en ostlig art har åtminstone varit vanlig i sjöarna Peipsi och Vörtjärvi i Estland och med all sannolikhet i mynningarna till floder som leder till Östersjön (dr T. Timm, muntl. inf.), och det är i sådana miljöer som ballastvatten har fyllts på i samband med om- och pålastningar.

En av arterna av släktet *Potamothenix* som invaderat Mälaren i sen tid – *P. heuscheri* – har faktiskt hittats av undertecknad 1972 i Munksjön inne i Jönköpings stad, men med direkt fartygsförbindelse med Vättern (se Tabell 4 i Appendix 1). Det är troligt att arten åtminstone periodvis har dominerat på fiberbankar från träförädlingsindustrier vid sjön. Bottenmiljön har tidvis varit syrefri med svavelväteförekomst (Milbrink, 1999), en miljö som *P. heuscheri* är känd för att uthärda och under sådana förhållanden föröka sig vegetativt. Proverna från Munksjön från september 1972 innehöll emellertid också köns mogna djur precis som i Mälaren. Det talar för att *P. heuscheri* kunnat nå Munksjön via ballastvatten i skeppstransporter från Balticum precis så som fallet sannolikt varit i Mälaren (Milbrink & Timm, 2001; Milbrink, 2014). Munksjöproverna innehöll förutom *P. heuscheri* också mindre inslag av *T. tubifex* och *L. hoffmeisteri*. Därutöver fanns större mängder av en okänd småvuxen Naidid-art inom släktena *Nais* och *Dero*. Sannolikt är det fråga om en *Nais*-art i (Tabell 4 i Appendix 1). Vissa *Nais*-arter är kända för att kunna uppträda i större mängder i närmast syrefri miljö genom ett delvis frisimmande levnadssätt – och därmed undvikande gifteffekterna från reducerade sediment.

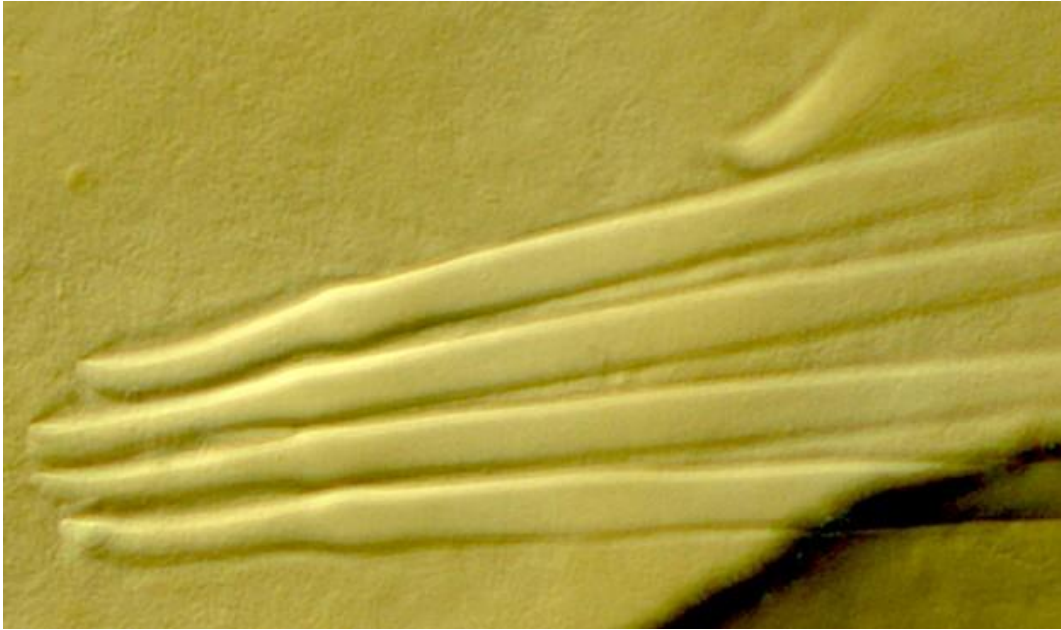
Oligochaetmaterialet från Vättern visar oligochaetsamhällets dynamiska förändringar dels under eutrofieringsfasen och dels under påföljande oligotrofiering. Denna dynamik hos oligochaetfaunan har beskrivits på liknande sätt för Genevesjön, som också under senare decennier genomgått oligotrofiering tack vare massiv utbyggnad av avloppsrening runt sjön (Lang & Reymond, 1996). Parallellerna är högst påtagliga.

Ekologin hos arten *T. tubifex* kan tyckas märklig i och med att arten är mycket karaktäristiskt förekommande – även dominerande – i trofiskalans ändpunkter. Det är sannolikt inte fråga om bara en art utan kanske omkring tio olika arter med delvis skilda ekologiska krav (Anlauf & Neuman, 1997). *T. tubifex* är t.o.m. en art

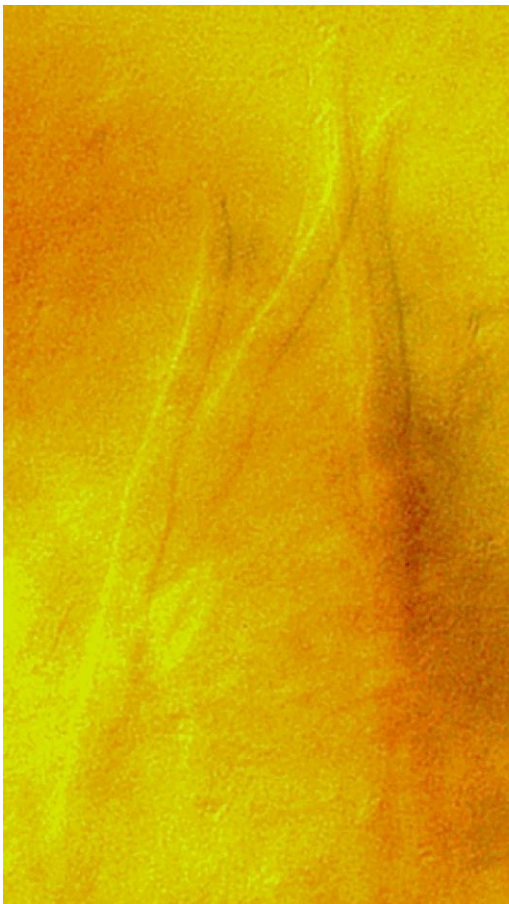
som kan vara karakteristisk för kraftigt belastade miljöer likaväl som mycket oligotrofa dito – som i Vätterns profundal. Ibland är det den enda arten som återstår i en starkt syretärande situation (Milbrink, 1980). I exempelvis Mälaren är arten karakteristisk för de djupaste bottenarna och avlöses som regel på mindre djup av *P. hammoniensis* även i Vättern och Vänern, där arten tidigt vunnit insteg. *S. ferox* förekommer allmänt i alla oligotrofa inlandsvatten i vårt land och annorstädes i Europa. Om bara syrgasmättnaden är tillräcklig i litoralen hittar man också arten delvis under tämligen eutrofierade förhållanden. Undertecknad fann att i de prover som tagits 1975 och 1976 i den djupa, och i grunden oligotrofa, sjön Mjösa var exempelvis *S. ferox* tillsammans med *S. heringianus* klart dominerande arter ända ned till maxdjupet på c:a 450 m (Milbrink, 1994).

Av arter som inte sågs i Ekmans material från tidigt 1900-tal men som kunde identifieras i senare material kan förutom arterna *A. limnobius* och *T. ignotus* nämnas *Bothrioneurum vej dovskyanum*, och möjligen också *Ilyodrilus templetoni*. Naturligtvis bör nämnas de arter som vi på goda grunder tänker oss ha invandrat i närtid såsom *T. acapillatus*, *P. pusillus* och *T. smirnowi*. Vi känner ekologin hos *T. ignotus*, *B. vej dovskyanum* och *A. limnobius* väl, exempelvis från situationen i Mälarens olika delbassänger, Dessa arter är normalt förekommande i måttligt eutrofa sammanhang men kan uppenbarligen även uppträda som i Vättern under oligotrofa förhållanden.

De prover som undertecknad tagit över hela Vättern 1966-1969 artbestämdes strax efter insamlandet, men proverna har tyvärr inte bevarats till eftervärlden. Det är idag därför svårt att kontrollera hur säker artbestämningen av *L. profundicola* verkligen varit. De köns mogna individerna med tydliga könsattribut i form av s.k. penisfodral (Fig. 15) är däremot noggrant angivna i analysprotokollen, och där föreligger inga tvivel om arttillhörighet. Vissa individ med starkt avvikande penisfodral avritades emellertid för eventuell senare revision. I efterskott har alltså kunnat verifieras att de avvikande individerna i själva verket var den "nya" arten *T. acapillatus* (Fig. 16). Arten beskrevs först 1972 från nuvarande Ryssland av Dr. Nona Finogenova.



Figur 13. Så kallade könsborst ("spermathecal chaetae") hos arten *Rhyacodrilus coccineus*. Borstens ändrar relativt korta och trubbiga – ofta med en dorsal hake.



Figur 14. Könsborst hos artvarianten *Rhyacodrilus Ekmani* (huvudart *R. coccineus*) Borstens ändrar är utdragna, spetsiga och halvmånformigt krökta.



Figur 15. Ett s.k. penisfodral hos en könsmogen individ av arten *Limnodrilus profundicola*.

L. profundicola var under 60-talet verkligen allmänt förekommande i Vättern. Tabell 5 i Appendix 1 innehåller de analysresultat av prover från olika djup tagna 1966-1969 som antagits innehålla *L. profundicola*. Sålunda har 15 av 34 av dessa prover med absolut säkerhet innehållit köns mogna djur av *L. profundicola*. I 33 av proverna har det funnits ett varierande antal omogna djur som antingen kunnat vara *L. profundicola* eller *T. acapillatus*. Sannolikt var flertalet djur *L. profundicola*. I tabellen ser vi exempelvis att på Stationen 9 i augusti 1966 och i maj 1967 fanns många köns mogna individ av *L. profundicola* – och därmed lättbestämda djur, medan det i augusti 1969 fanns få eller inga köns mogna djur på samma lokaler och djup.

Sven Ekman ansåg sig kunna fastslå att i de prover han tagit i Vättern 1911 och 1912 var andelen köns mogna individ av varje art mer eller mindre konstant oavsett årstid, att det fanns en proportionalitet. Detta var antagligen en helt felaktig slutsats, och efter vad vi vet idag föreligger det aldrig något konstant förhållande mellan köns mogna och icke köns mogna individer. En extrapolering av totalantalet av en art med utgångspunkt enbart från identiteten hos köns mogna djur låter sig sällan göras. Det är ett faktum att vid varje enskilt tillfälle är det som regel ett fåtal djur av varje art som är köns mogna och därmed lättidentifierade. Säkra artbestämningar av icke-köns mogna djur måste i så fall basera sig på andra pålitliga strukturella karaktärer.



Figur 16. Ett s.k. penisfodral hos en köns mogen individ av arten *Tasserkidrilus acapillatus*.

Proverna från litoralen och sub-litoralen i sydligaste Vättern under den s.k. eutrofieringspuckeln visade en tydlig påverkan på oligochaetfaunan. Arterna *P. hammoniensis* och *L. hoffmeisteri* hade, som nämnts, ökat i abundanser tillsammans med välkända pålitliga oligotrofiindikatorer samtidigt som totalantalet oligochaeter ökat.

Oligotrofieringsprocessen i Vätterns botten kan tydligt följas i oligochaetsammansättningen på samma lokal från tid till tid. Det skulle onekligen kännas mycket stimulerande och lockande att göra en total jämförelse mellan situationen i det stationssystem som provtogs i Vättern 1971 – och sedan analyserades av undertecknad – med dagens situation på samma stationer. Det känns viktigt att kunna belägga hur Vätterns vattenkvalitet successivt har förbättrats tack vare de avloppsreningsåtgärder som kunnat sättas in från 1960-talets slut.

Tack

Undertecknad vill rikta ett varmt tack till Lars Sonesten, Lars Eriksson, och Isabel Quintana, Institutionen för vatten och miljö, SLU, för hjälp i olika skeden av detta forskningsuppdrag. Ett stort tack riktas också till Medins havs- och vattenkonsulter AB för tillgång till 2014 och delvis 2016 års provmaterial från Vättern, samt till kollegor i Estland, dr. Tarmo Timm, och i Holland, dr. Ton van Haaren.

Referenser

Alm, G. 1915. Redogörelse för boniteringsundersökningar i Mälaren och Boren. Meddel. K. Lantbrst. N:r 304, 37 sid.

Anlauf, A. & Neumann, S. 1997. The genetic variability of *Tubifex tubifex* (Müller) in 20 populations and its relation to habitat type. Arch. Hydrobiol. 139:145---162.

Brinkhurst, R.O. & Jamieson, B.G.M. 1971. Aquatic oligochaeta of the world. Oliver & Boyd, Edinburgh, 860 pp.

Ekman, S. 1911. Neue Apparate zur qualitativen und quantitativen Erforschung der Bodenfauna der Seen. Intern. Revue d. Ges. Hydrogr. U. Hydrogr.ö BD. 3.

Ekman, S. 1915. Die Bodenfauna des Vättern, qualitativ und quantitativ untersucht. Intern. Revue d. Ges. Hydrogr. U. Hydrogr., Verlag von Dr. Werner Klinkhardt, Leipzig, 425 pp.

Lang, C. & Reymond, L. 1996. Reversal of eutrophication in four Swiss lakes: evidence from oligochaete communities. Hydrobiologia 334: 157---161.

Milbrink, G. 1980. Oligochaete communities in pollution biology. The European situation with special reference to lakes in Scandinavia. In R.O. Brinkhurst & D.G. Cook (eds.), Aquatic Oligochaete Biology. Plenum Press: 433---455.

Milbrink, G. 1993. Evidence for mutualistic interactions structuring oligochaete communities. *Oikos* 68: 317---322.

Milbrink, G. 1994. Oligochaetes and water pollution in two deep Norwegian lakes. *Hydrobiologia* 278:213---222.

Milbrink, G. 1999. Distribution and dispersal capacity of the Ponto---Caspian tubificid oligochaete *Potamothrix heuscheri* (Bretscher, 1900) in Scandinavia. *Hydrobiologia* 406:133---142.

Milbrink, G. & Timm, T. 2001. Distribution and dispersal capacity of the Ponto---Caspian tubificid oligochaete *Potamothrix moldaviensis* Vejdovsky & Mrázek 1903 in the Baltic Sea Region. *Hydrobiologia*, 403:93---102.

Milbrink G. 2013. Oligochaetsammansättningen och miljöövervakning i Vänern i ett längre perspektiv. Rapport till Vänerns vattenvårdsförbund, 5 sid.

Milbrink, G. 2014. Where have all the "vejdovskies" gone (*Potamothrix vejdoskyi* Hrabe)? Ponto---Caspian tubificid oligochaete species in Lake Mälaren, south---central Sweden, in a 100 year perspective. *Zoosymposia* 9:95---102.

Milbrink, G & Sonesten, L. 2014 Deformiteter hos oligochaeter i Vänern. SLU, Institutionen för vatten och miljö, rapport 2014:19.

Milbrink, G., Vrede, T., Tranvik, L.J. & Rydin, E. 2011. Large---scale and long---term decrease in fish growth following the construction of hydroelectric reservoirs. *Can.J.Fish.Aquat.Sciences* 68:2167---2173.

Paavilainen, E. & Päivänen, J. 1995. Peatland forestry, ecological principles. *Ecological Studies* 111, Springer Verlag Berlin, 205 pp.

Wesenberg-Lund, C. 1905. A comparative study of the lakes of Scotland and Denmark. *Proc. Roy. Soc. Edinburgh* 1904---1905, Vol. 25.

Uppsala, den 23.2.2016 och den 18.11.2017 (komplettering).

Göran Milbrink, professor

Appendix

Tabeller med underlagsmaterialet till föreliggande studie. Appendixet finns endast tillgängligt i digital form (excel-fil) för nedladdning via Vätternvårdsförbundets hemsida (<http://www.vattern.org>).