

Etablering av bibliotek av DNA-streckkoder från svenska gördelmaskar (Annelida)

Christer Erséus, Mårten Klinth och
Svante Martinsson



```
AACCCTTTACTTCATTTTAGGTATTTGAGCTGGGATGGTAGGAGCTGGAATAAGCTTACT  
AATTCGAATCGAATTAAGCCAACCTGGAGCCTTTTTAGGTAGTGACCAACTATAACAAC  
TATTGTCACAGCACACGCATTTCGTAATAATCTTTTCCTAGTAATACCAGTATTCATTGG  
TGGATTCGGAAACTGGTTATTACCTTTAATACTTGGTGCCAGATATAGCATTCCCG  
TTAAATAACATAAGATTTTGACTTTTACCTCCTTCTCTAATTCATTAGTATCTCCGC  
CGCCGTAGAAAAGGGTGCCGGGACAGGTTGAACTGTTTACCCACCCTTAGCAAGAACTT  
AGCTCATGCAGGACCATCCGTAGATCTAGCTATTTCTCCTTACATTTAGCGGGAGCTTC  
ATCTATTTTAGGGGCCATCACTTTATTACCACAGTCATTAATATACGATGAAGGGGCTT  
ACGATTAGAACGAATCCCCCTTTTCGTCTGAGCTGTGCTAATTACAGTGATTCTTCTACT  
ACTATCATTGCCCGTGCTTGCAGGAGCAATTACCATGTTATTAACAGCCGAAATCTCAA  
CACATCTTTTTTGATCCGGCTGGTGGTGGTGACCAATTCTATATCAACACCTCTTC
```



Etablering av bibliotek av DNA-streckkoder från svenska gördelmaskar (Annelida)

av Christer Erséus, Mårten Klinth och Svante Martinsson

Beställningar

Ordertel: 08-505 933 40

E-post: natur@cm.se

Postadress: Arkitektkopia AB, Box 110 93, 161 11 Bromma

Internet: www.naturvardsverket.se/publikationer

Naturvårdsverket

Tel: 010-698 10 00

E-post: registrator@naturvardsverket.se

Postadress: Naturvårdsverket, SE-106 48 Stockholm

Internet: www.naturvardsverket.se

ISBN 978-91-620-7097-7

ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket 2023

Tryck: Arkitektkopia AB, Bromma 2023

Omslagsfoto: Johan Wingborg



Förord

Här presenteras resultaten från forskningsprojektet ”Etablering av bibliotek av DNA-streckkoder från svenska gördelmaskar (Annelida)”. Projektet är ett av åtta projekt som genomförts inom ramen för forskningsansatsen DNA-metoder inom miljöövervakning. Med satsningen ville Naturvårdsverket och Havs- och vattenmyndigheten stödja forskning som kan bidra till en bättre och effektivare miljöövervakning genom införande av DNA-baserad analysteknologi.

Projektet har finansierats med medel från Naturvårdsverkets miljöforskningsanslag.

Rapporten har skrivits av Christer Erséus, Mårten Klinth och Svante Martinsson, Göteborgs universitet. Författarna svarar för rapportens innehåll.

Naturvårdsverket i januari 2023

Johan Bogren
tf avdelningschef, Hållbarhetsavdelningen

Innehåll

Sammanfattning	5
Summary	7
1. Inledning	9
1.1 Bakgrund och kontext	9
1.2 Gördelmaskar	11
1.3 Lite allmänt om DNA-streckkoder	15
2. Metodik	20
2.1 Insamling av material	20
2.2 Hantering av de fysiska individerna	25
2.3 Identifiering av individerna	26
2.4 Artavgränsning och artnomenklatur	28
2.5 DNA-extraktion	28
2.6 PCR och DNA-sekvensering	29
2.7 Urval av streckkoder och uppladdning	29
2.8 Bio-Blitz i Skåne	31
2.9 De skandinaviska gördelmaskarnas taxonomi, utbredning och ekologiska betydelse	31
3. Resultat	32
3.1 Artlistan (Bilaga 1)	32
3.2 Uppladdade streckkodssekvenser	33
3.3 Publicerade forskningsresultat	34
3.4 Artfakta, ArtDatabanken	35
3.5 Bio-Blitzen i Skåne	35
4. Diskussion	38
4.1 Den svenska gördelmaskfaunan	38
4.2 Något om den norska faunan	39
4.3 Artnamnen	40
4.4 Arternas biologi, ekologiska funktion och eventuella roll som miljöindikatorer	42
4.5 Inhemska, främmande eller invasiva arter?	43
4.6 Streckkodsbiblioteken och framtiden	46
4.7 Sammanfattning av förslag	49
5. Tack	50
6. Källhänvisning	52
Bilaga 1	58
Bilaga 2	88
Bilaga 3	97

Sammanfattning

Tillämpningen av molekylära (DNA-baserade) metoder blir allt vanligare inom miljöforskning och miljöövervakning. Sekvenser av särskilda DNA-markörer (s.k. streckkoder) kan användas för identifiering av arter, och t.o.m. organismernas DNA-spår i naturen (s.k. miljö-DNA) kan vara tillräckliga för att avslöja vilka arter som lever tillsammans i en viss miljö. För att detta ska fungera krävs dock referenssekvenser. Någon måste först ha analyserat den specifika DNA-profilen för varje art. Att få alla svenska arter bestämda på detta sätt kommer att ta lång tid, men i vårt projekt har vi fokuserat på gördelmaskar (Clitellata, en klass bland ringmaskarna), som vi har relevant kunskap för. I djurgruppen ingår de ikoniska daggmaskarna, men också hundratals mindre arter. Gördelmaskar har viktiga funktioner i framför allt nedbrytningen av organiskt material. Syftet med projektet har varit att sammanställa virtuella bibliotek av DNA-streckkoder (av fyra olika genmarkörer: COI, 16S, ITS2 och H3) för så många arter som möjligt inom vårt närområde, och de har vi nu laddat upp på den internationella databasen GenBank. Till grund för studien låg DNA-prov från ca 21 000, främst svenska och norska, individer, och eftersom streckkoderna varierar både inom (mindre variation) och mellan arter (större variation), kunde vi gruppera arterna ganska väl i olika kluster, som till slut visade sig motsvara vad vi tror är 602 skilda arter. Markörerna ITS och H3 varierar mindre än COI och 16S, men ger bättre information om genflöde inom arterna, och är därför ett bra komplement för att vi ska kunna göra mer korrekt avgränsning av arterna. Totalt 15 237 streckkoder (6 168 COI; 3 604 16S; 2 870 ITS; 2 595 H3) laddades upp på GenBank, från ett slutligt urval av 6 175 individer.

Taxonomi för våra gördelmaskar är dock långt ifrån fullt utredd, och även om vi nu med våra streckkoders hjälp kan identifiera 602 potentiella arter, kan vi inte idag med säkerhet säga att alla dessa är verkliga arter. Ett stort problem är att många morfologiskt definierade arter i själva verket är artkomplex; inom ett sådant komplex ser alla arterna i princip likadana ut, och de kan bara skiljas åt genetiskt, d.v.s. med hjälp av deras DNA. Många av arterna är också nya för vetenskapen, och några har vi inte ens kunna jämföra med tidigare beskrivna arter, eftersom de inte varit köns mogna och därför saknar viktiga morfologiska kännetecken. Vi har således ej vetenskapliga artnamn för en stor del av den skandinaviska faunan. Här återstår mycket att göra för taxonomerna. Men vi kan i alla fall nu med DNA-teknikens och vårt referensbiblioteks hjälp ändå mycket lätt placera in en förekomst av en gördelmask i rätt "provisorisk" art.

Projektet har lärt oss mycket om den taxonomiska och genetiska komplexiteten hos vår djurgrupp, och vår slutsats är att arbetet med denna referensdatabas, liksom liknande sådana för andra organismgrupper, måste fortsätta. På sikt kan det betyda mycket för övervakningen av artdiversiteten i en till synes allt mer föränderlig värld. Vi rekommendera därför Naturvårdsverket att:

1. ...fortsätta att stödja utvecklingen av referensdatabaser för arts specifika streckkoder, och att avsätta resurser för kontinuerlig uppdatering av de som redan etablerats

2. ... låta taxonomisk forskning, som tidigare ofta uppfattats som strikt nyfikenhetsbaserad grundforskning, också få ta plats inom de mer tillämpade delarna av biologin, som t.ex. miljöforskning och miljöövervakning.
3. ...verka för att initiativ som syftar till att koppla samman validerade streckkodsbibliotek över landgränserna i Europa får uppmuntran och stöd.

Summary

The application of molecular (DNA-based) methods is becoming increasingly common in environmental research and environmental monitoring. Sequences of particular DNA markers (barcodes) can be used for identification of species, and even DNA traces of organisms in nature (environmental DNA) may be sufficient to reveal which species live together in a particular habitat. For this to work, however, reference sequences are required. Someone must first have analysed the specific DNA profile of each species. Getting all Swedish species determined in this way will take a long time, but in our project, we have focused on clitellates (Clitellata, a class among the segmented worms, Annelida), for which we have relevant knowledge. The animal group includes the iconic earthworms, but also hundreds of smaller species. Clitellates have important functions in, above all, the breakdown of organic material. The aim of the project has been to establish virtual libraries of DNA barcodes (of four different gene markers: COI, 16S, ITS2 and H3) for as many species as possible in our part of northern Europe, and we have now uploaded them to the international database GenBank. The study was based on DNA samples from approx. 21,000, mainly Swedish and Norwegian, individuals, and since the barcodes vary both within (smaller variation) and between species (larger variation), we were able to group the species reasonably well into different clusters, which turned out to correspond to what we believe to be 602 distinct species. The markers ITS and H3 vary less than COI and 16S, but provide better information about gene flow within the species, and are therefore a good complement for us to be able to make a more accurate delimitation of the species. A total of 15,237 barcodes (6,168 COI; 3,604 16S; 2,870 ITS; 2,595 H3) were uploaded to GenBank, from a final (sub)sample of 6,175 individuals.

However, the taxonomy of our clitellates is far from fully understood, and although we can now identify 602 potential species with the help of our barcodes, we cannot yet say with certainty that all of these are real species. A major problem is that many morphologically defined species are in fact species complexes; within such a complex all the species basically look the same, and they can only be separated genetically, i.e. using their DNA. Many of the species are also new to science, and we have not even been able to compare some of them with previously described species, because they were not sexually mature and therefore lack important morphological features. We thus do not have proper species names for a large part of the Scandinavian fauna. Here, much remains to be done for the taxonomists. However, now we can at least, with the help of DNA technology and our reference library, easily place an occurrence of a clitellate worm in the correct “provisional” species.

The project has taught us a lot about the taxonomic and genetic complexity of our animal group, and our conclusion is that work on this reference database, as well as similar ones for other groups of organisms, must continue. In the long run, it could mean a lot for monitoring species diversity in a seemingly ever-changing world. We therefore recommend the Swedish Environmental Protection Agency to:

1. ...continue to support the development of reference databases for species-specific barcodes, and to allocate resources to continuous updates of those already established

2. ... allow taxonomic research, which in the past was often perceived as strictly curiosity-based basic research, to also take place within the more applied parts of biology, such as environmental research and environmental monitoring.
3. ...encourage and support initiatives aimed at linking validated barcode libraries across borders in Europe.

1. Inledning

1.1 Bakgrund och kontext

Naturvårdsverket, i samarbete med Havs- och vattenmyndigheten, startade 2018 en särskild satsning på forskningsprojekt som skulle bidra till att utveckla DNA-metoder inom miljöövervakningen. Åtta sådana projekt finansierades under 2019–2022. Fokus har legat på utveckling av metoder där prover av vatten och substrat (ex. bottensediment, jord) genom så kallad DNA-streckkodning (DNA barcoding) kan analyseras för att identifiera organismer, främst arter, i de olika naturmiljöerna. Koderna i sammanhanget är specifika genmarkörer, som var och en karakteriserar, och därmed identifierar, en viss art, men dessa eller andra särskilt utvalda markörer kan naturligtvis även användas för att identifiera en specifik grupp av organismer såväl under som över artnivån. Markören är en utvald DNA-sekvens med en begränsad längd, oftast mellan cirka 300 och 700 baspar, ibland kortare än så. DNA-streckkodning kan tillämpas på fysiska organismdelar (enstaka eller tillsammans i bulk), men i allt högre grad nu även på miljö-DNA (eDNA), som är DNA-spår från i princip alla organismer som varit i kontakt med den substans man provtar. Bitar av DNA finns i saliv, slem, sporer, fekalier med mera, men också som kvarvarande DNA-fragment efter nedbrytning av död vävnad.

En förutsättning för praktisk användning av DNA-streckkoder för identifiering av arter är naturligtvis att de arts specifika markörerna är kända och allmänt tillgängliga som referenser för matchning med de sekvenser utföraren finner i sitt prov. COI (cytokrom-oxidas subenhet I, även kallad COI-5P), i mitokondriernas arvs massa, är den oftast använda genmarkören för djurarter, men även 16S, d.v.s. gensekvensen för mitokondriellt 16S rRNA, fungerar också bra. Med avseende på svensk fauna, är idag representativa sekvenser av en eller båda av dessa markörer kända för minst tre fjärdedelar av våra drygt 650 inhemska arter av ryggradsdjur (Ericson et al. 2020). För de tiotusentals svenska arterna av ryggradslösa djur, de flesta insekter, är emellertid täckningsgraden av dessa gener högst varierande. Genom vårt projekt inom den nämnda forskningssatsningen fick vi möjlighet att genomföra en omfattande sammanställning av streckkoder för gördelmaskar (klass Clitellata), en allmänt förekommande grupp av ringmaskar (stam Annelida) i akvatiska och terrestra miljöer i Sverige. Streckkoderna ska användas som referenssekvenser vid identifikation av gördelmasksarter.

1.1.1 Mål och syfte

Det övergripande syftet med projektet ”Etablering av bibliotek av DNA-streckkoder från gördelmaskar (Annelida)” har varit att i den internationella databasen GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>) sammanställa virtuella bibliotek av DNA-streckkoder för fyra olika genmarkörer (COI, 16S, ITS2 och H3), för så många arter som möjligt av alla gördelmaskar som förekommer i Sverige.

Eftersom vår forskargrupp också inventerat och molekylärt analyserat faunan i Norge, och till viss del Danmark, utökades vår uppladdning på GenBank, så att projektets samlade resultat är relevant för i stort sett hela Skandinavien.

Redan vid projektstarten hade vi tillgång till främst COI-sekvenser från >16 000 individer (totalt i Skandinavien), och därför sattes som mål att skapa bibliotek av COI (658 baspar) och 16S ribosomalt DNA (16S, ca 480 baspar) för åtminstone 500 svenska arter av gördelmaskar. Vi visste också att dessa två markörers sekvenser varierar betydligt inom många arter, och för COI och 16S skulle streckkoder laddas upp på GenBank i ett urval med rimlig täckning av denna variation. För att erbjuda alternativ till de två mitokondriella streckkoderna, var syftet också att sekvensera och ladda upp två markörer i kärngenomet: ITS (Internal Transcribed Spacer Region; varierande längd) och H3 (Histone 3; ca 327 baspar), för alla arter.

Tidigt under projektets gång valde vi att begränsa ambitionen med ITS-regionen till att i första hand gälla bara ITS2, d.v.s. den andra av två subenheter inom markören. Det visade svårt att inom projektets resurser även sekvensera ITS1, och ITS2 innehåller ändå tillräckligt med information i de allra flesta fall.

I projektplanen ingick sex arbetspaket ("work packages" WP1-WP6), listade nedan.

- WP1 Begränsad kompletterande insamling och COI-sekvensering av mask-individer från dåligt studerade habitat i Sverige.
- WP2 Urval och uppladdning (på GenBank, via BOLD; se vidare nedan) av en delmängd från redan tillgängliga COI-streckkoder, inklusive de nya framtagna enligt WP1, på ett sätt som rimligt täcker in varje arts kända diversitet.
- WP3 Sekvensering av ca 4 000 nya, i tillägg till ca 1 000 redan tillgängliga, 16S-streckkoder. Därefter uppladdning av en delmängd ca dessa på GenBank (via BOLD). Urvalet baseras på individer vars DNA redan visat sig vara olika i COI-markören (se WP2), för att rimligt täcka upp variationen inom varje art.
- WP4 Liknande urval och uppladdning (se WP 3) av gamla och nya sekvenser av ITS (prognos: 3 500 tillgängliga totalt) och H3 (prognos: 3 000 totalt); en eller flera streckkoder per art och markör laddas upp (GenBank, via BOLD).
- WP5 Uppdatering och revidering av artlistan över Svenska Clitellata i Dyntaxa (<https://www.slu.se/dyntaxa/>) på ArtDatabanken vid projektets slut, i samarbete med datavärden. [Dyntaxa kommer framgent ingå i ArtDatabankens Artfakta.]
- WP6 Referensexemplar (vouchrar), d.v.s. fysiska individer för vilka streckkoder uppladdats, monterar antingen på objektglas (mikropreparat) eller fortsätter att bevaras i etanol, och vouchrarna deponeras därefter på museer i Sverige och Norge.

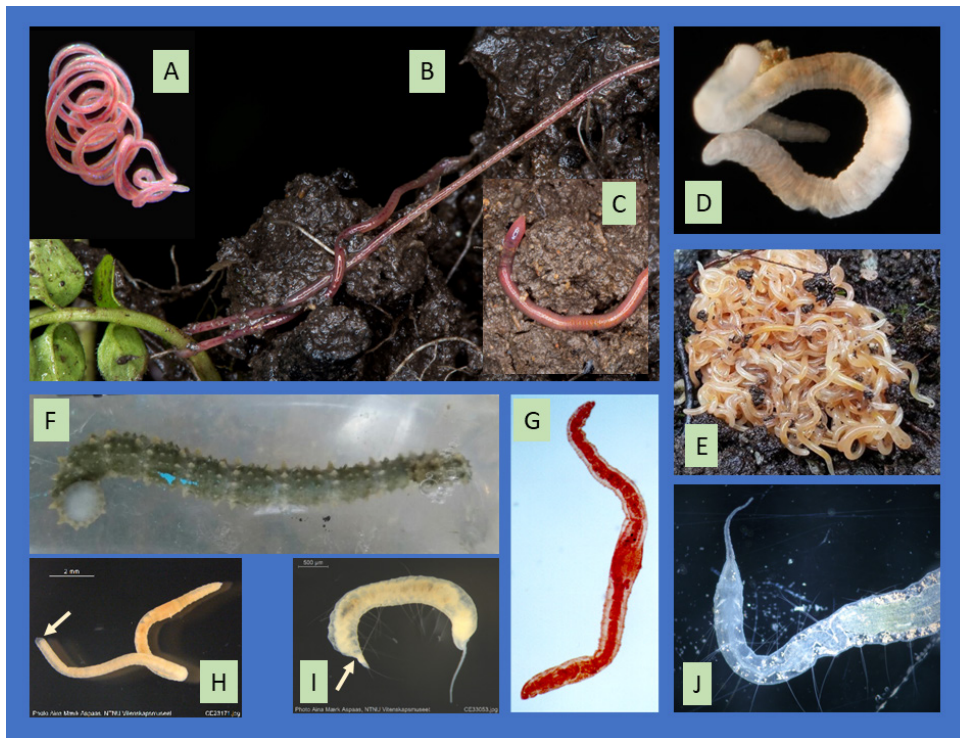
Så fort som möjligt efter projektens slut kommer en fullständig genomgång av alla arter som studerats i projektet (se **Bilaga 1**) presenteras i en separat forskningspublikation. Syftet är att den ska ge framtida brukare av streckkoderna hjälp i utvärderingen av en provtagen lokals naturvärden och ekologiska status. Publikationen kommer att (art för art) ge information om taxonomi och nomenklatur, geografisk utbredning, miljöpreferenser, ekologisk funktion, eventuellt raritetsstatus, samt – i den mån så är känt – vilket värde arten har som särskild miljöindikator.

1.2 Gördelmaskar

Varför fyra streckkodsbibliotek för just gördelmaskar, kanske någon undrar. Det finns två huvudsakliga skäl, ett relaterat till behov, det andra till tillgång på inhemsk expertis. Därefter följer lite mer detaljerad information om gruppen, som är relevant för projektet.

1. Gördelmaskarna, med de ikoniska daggmaskarna i spetsen, är allmänt förekommande i alla naturmiljöer i Sverige, och de har en viktig funktion i ekosystemen. Om miljöövervakningen breddar sitt spektrum av organismer att följa i tid och rum, som ju är möjligt med DNA-streckkodning, kommer gördelmaskar att påträffas i stor mängd och artdiversitet. Behovet av en komplett samling av referensstreckkoder för de ingående arterna blir då uppenbart.
2. Projektledaren (CE) har studerat gördelmaskarnas systematik på global basis sedan 1973, och forskargruppen har under de sista två decennierna främst kartlagt arterna i just Sverige och närliggande länder, och då särskilt tillämpat molekylära metoder som utvecklats kraftigt under samma tid. Fokus har legat på problematiken kring maskarternas svåra taxonomi, och vi har till exempel konstaterat att arternas avgränsningar bara kan utredas med hjälp av integrering av DNA-information från flera olika gensekvenser. Redan innan 2019 hade vi därmed kommit långt med datainsamling för det resultat vi nu redovisar i denna slutrapport.

Gördelmaskarna (klass Clitellata) utgör ungefär en tredjedel av alla ringmaskarter (stam Annelida) i världen (Erséus 2005). I Clitellata ingår globalt cirka 6 000 kända arter av daggmaskar (Anderson et al. 2017), men också tusentals arter av mer eller mindre mikroskopiska maskar i vatten eller på land, och omkring 1 000 iglar (Hirudinea). Några art-exempel visas i **Figur 1**. Fortfarande beskrivs ett stort antal nya gördelmaskarter varje år i världen, och även i Sverige finns många som fortfarande saknar vetenskapliga namn.



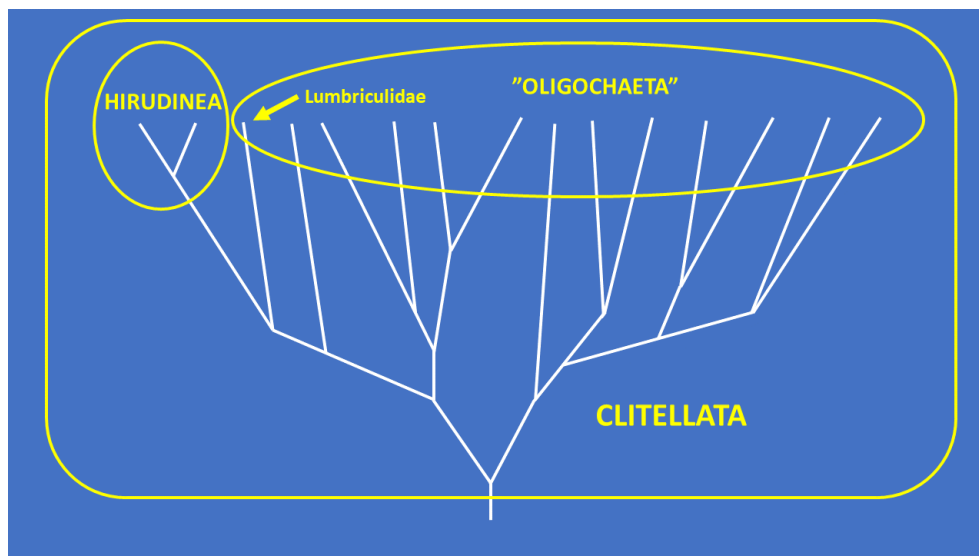
Figur 1. Exempel på gördelmaskar: **A-B.** Levande *Haplotaxis* sp. CEA (Haplotaxidae) från utsipprande grundvatten i jord; **(A)** en kort del av maskens framända lagd i vatten (Susanne Viker, foto), och **(B)** i sin naturliga miljö (Johan Wingborg, foto). **C.** *Helodrilus oculatus* (Lumbricidae), daggmask funnen ihop med *Haplotaxis* sp. CEA (Johan Wingborg, foto). **D.** Levande *Aktedrilus arcticus* (Naididae, Phallodrilinae) från sandig havsstrand (Arne Nygren, foto). **E.** Ansamling av levande *Fridericia magna* (Enchytraeidae) från dagvattenrör i trädgård (Kate Michelsen, foto). **F.** Levande Rockjigel, *Pontobdella muricata* (Hirudinida, Piscicolidae), från trålfångst av fisk (Charles Olsson, foto). **G.** Ett mikroskoppreparat av en fixerad och färgad *Marionina* sp. (Enchytraeidae), oidentifierad, från havsstrand, Hong Kong (Hong Zhou, foto). **H-I.** Två vouchrar fotograferade efter att bakändorna klipps av för DNA-extraktion (vid pilarna); bilder upplagda på BOLD (Aina Maerk Aspaas, foto); **(H)** *Clitellio arenarius* CEA (Naididae, Tubificinae) från havsstrand, och **(I)** *Stylaria lacustris* (Naididae, Naidinae) från grund insjöbotten. **J.** Levande *Pristina* sp. (Naididae, Pristininae), oidentifierad, från Stillahavsön Guam (Chris Lobban, foto).

På ArtDatabankens hemsida står det kort och koncist att ”maskar gör jorden bördig”, som ett av några exempel på olika organismers ekosystemtjänster (<https://www.artdatabanken.se/arter-och-natur/biologisk-mangfald/vad-ar-ekosystemtjanster/>). Gördelmaskar är välkända för sin viktiga funktion i naturen, men många av dem är svåra att bestämma till art på ett konventionellt morfologiskt sätt, även för specialister. Detta har bidragit till att deras diversitet och bredd i naturens olika rollspel inte till fullo har beaktats i t.ex. övervakning av den biologiska mångfalden i Sverige. Om, eller egentligen när, storskalig DNA-streckkodning blir rutin som identifieringsmetod, kommer dock dessa djur att kunna ingå i olika miljöstudier med en nära nog full artupplösning. Vårt arbete kan ses som ett pilotprojekt. Vi hoppas att det ska inspirera till kompilering av streckkods-bibliotek även för andra organismgrupper i vårt land.

De gördelmaskar som inte är iglar har förr förts till en egen taxonomisk grupp, Oligochaeta, men detta ifrågasätts idag. Se **Faktaruta 1** här intill för mer detaljerad information.

Faktaruta 1: Förhållandet mellan Hirudinea och Oligochaeta (Figur 2)

Klassen Clitellata har traditionellt delats upp i två underklasser, Oligochaeta och Hirudinea, och inom t.ex. miljöövervakningen har man tills idag rapporterat förekomst av gördelmaskar som oligochaeter (som också kallats fåborstmaskar; och ofta utan närmare artspecifikation) och sedan har iglarna (hirudineer) behandlas för sig. Idag kan vi med stöd av DNA hävda att Hirudinea är en relativt sen utvecklingslinje inom endast en av de många grupper som tidigare tillsammans kallades oligochaeter. Iglarna, med undantag av borstigel (en parasit på laxfiskar), har förlorat borsten (hårliknande strukturer i huden), och har istället utvecklat en sugskål i bakändan, och de äter eller parasiter på andra djur. I vår forskargrupp undviker vi idag att använda namnet Oligochaeta, som felaktigt framkallar en bild av en egen utvecklingslinje vid sidan av och jämställd med iglarnas gren i ringmaskarnas släktskapsträd. Den molekylära informationen idag ger stöd för att Clitellata uppstod som en mångformig grupp redan för i runda tal 400 miljoner år sedan, men att iglarna dök upp först cirka 150 miljoner år senare, som systergruppen till ("oligochaet-") familjen Lumbriculidae (Erséus et al. 2020). Oligochaeta kan egentligen betraktas som en synonym till Clitellata, om man samtidigt (och släktskapsmässigt korrekt) inkluderar Hirudinea som en del av den förstnämnda gruppen. Även om vi nu tror oss veta ganska mycket om gördelmaskarnas utvecklingshistoria, återstår fortfarande en mer formell revision av klassifikationen på högre taxonomisk nivå. Förslag till en ny indelning av dagens familjer i ordningar har dock nyligen lagts fram av en grupp specialister, där även vår forskargrupp är representerad (Schmelz et al. 2021).



Figur 2 (se Faktaruta 1). Ett delvis fiktivt släktskapsträd, som principiellt visar att (Hirudinea) inte är systergrupp till "Oligochaeta", utan endast systergrupp till familjen Lumbriculidae, och därmed endast en liten terminal del av Clitellata.

Gördelmaskarna tillhör de dominerande ryggradslösa djuren i mark och sötvatten. I marken överträffar de ofta med råge insekter, spindlar och snäckor/sniglar i biomassa, och deras artmångfald kan lokalt vara flera 10-tal, särskilt i näringsrika miljöer med ringa påverkan av jord- och skogsbruk. De finns så gott som överallt i sötvattensmiljöer, i sediment eller krypande på växter och hårda ytor. Marina arter förekommer ända ner i djuphaven (8 000 m) men är talrikast på grunt vatten och i stränder (tidvattenszonen), gärna där det finns sandiga bottenar (i tropikerna särskilt runt korallrev och mangroveskog). Iglar är predatorer eller parasiter och förekommer främst i vatten, de marina arterna endast som parasiter på fisk eller sköldpaddor, men det finns också några arter som är terrestra. Gördelmaskarnas taxonomi anses dock vara svår på grund av deras, i många anseenden, likformiga morfologi. Få biologer som arbetat med övervakning och bedömning av biologisk mångfald har haft kompetensen att identifiera gördelmaskar till en lägre nivå än till t.ex. 'Oligochaeta sp./spp.' (se **Faktaruta 1**). Här ska nu våra streckkoder kunna öka upplösningen genom att täcka upp så många som möjligt av de enskilda arterna, inklusive många som vi fortfarande inte ens har "riktiga" (binomiala) namn på.

Maskarna är avgörande aktörer i grundläggande naturliga processer, såsom sönderdelning och nedbrytning av organiskt material, inklusive frisättning av värdefulla näringsämnen (t.ex. Blouin et al. 2013), omblandning av substrat, vätskor och gaser (bioturbation) och slamreducering, och de är viktig föda för rovdjur. Vissa arter används som modellorganismer inom utvecklingsbiologi, genetisk reglering, immunologi, ekotoxikologi etc. (se exempel i Shain 2009). Vattenlevande arter är involverade i livscyklerna för myxozoer, fiskparasiter med negativa konsekvenser för både fiskodlingar och fisketurism (Beauchamp et al. 2002), och iglar används för medicinska ändamål på grund av sina blodförtunnande egenskaper.

I en rapport till Naturvårdsverket (Erséus, 2018; <https://gup.ub.gu.se/publication/267238>) presenterades en preliminär lista över 545 arter som då (2018) var kända från Sverige och Norge. Idag (2022) har listan reviderats något (**Bilaga 1**). Arter har tillkommit genom nya fynd, och vi har även lagt till några arter från andra, oss närliggande länder, och som kan dyka upp i Sverige förr eller senare. Vi har dessutom omvärderat några av våra tidigare artavgränsningar efter att vi fått komplementär DNA-information från de nukleära markörerna. Genom att analysera olika genmarkörer från samma urval av individer kan vi finna antingen evidens för genflöden inom, eller (i andra fall) evidens för reproduktiv isolering mellan vissa individgrupper. Vi har efter hand med allt större säkerhet kunnat avgöra var gränserna tycks gå mellan en art och en annan. Detta har lett till ett större antal arter än förut inom vissa grupper, och färre arter i andra, och det betyder i princip att vi betraktar alla arter, och särskilt när vi samtidigt saknar synbara morfologiska skillnader mellan dem, som endast vetenskapliga hypoteser tills vidare.

För enkelhets skull använder vi dock "art" som synonym för "arthypotes" i resten av rapporten.

Gördelmaskarnas arttaxonomi är ännu inte formellt utredd till stora delar. Tidigare litteratur har helt enkelt inte kunnat presentera korrekta avgränsningar av alla arter baserade på de traditionella morfologiska (utseendemässiga) kriterierna. Molekylär teknik har gett oss möjlighet att använda DNA-streckkoder för att peka ut väl stödda (och därför troliga) arter. Men vetenskapliga namn saknas fortfarande för många av dem. Mer om detta senare i rapporten.

Det finns ett särskilt problem med de gördelmaskar som inte fortplantar sig sexuellt utan bara genom kloning. I dessa fall går det inte att tillämpa den gängse

uppfattningen att en art är en metapopulation bestående av sinsemellan fortplantningskapabla individer, d.v.s. att genflöde existerar i korsningar mellan olika individer inom arten. För de asexuella maskformerna måste i stället en subjektiv, mer pragmatisk avgränsning av arten göras, som visserligen bör baseras på genetisk likhet (individerna ska vara nära släkt med varandra), men där till exempel morfologiska eller ekologiska skillnader kan få avgöra hur stor (inklusive) arten ska tillåtas vara.

1.3 Lite allmänt om DNA-streckkoder

Några ord och begrepp som förekommer i detta avsnitt förklaras i **Faktaruta 2**.

Faktaruta 2. Några ord- och begreppsförklaringar

Alignment är en linjering av sekvenser längs med varandra, för att identifiera homologa nukleotider, så att de kan jämföras och graden av likhet kan identifieras. Exempel visas i Figur 4 och Figur 9.

Homologi/homolog betyder att något som finns hos två eller fler organismer har samma evolutionära ursprung.

Metabarcoding är sekvensering av flera DNA-sekvenser samtidigt, följt av separering av de enskilda sekvenserna från en mix.

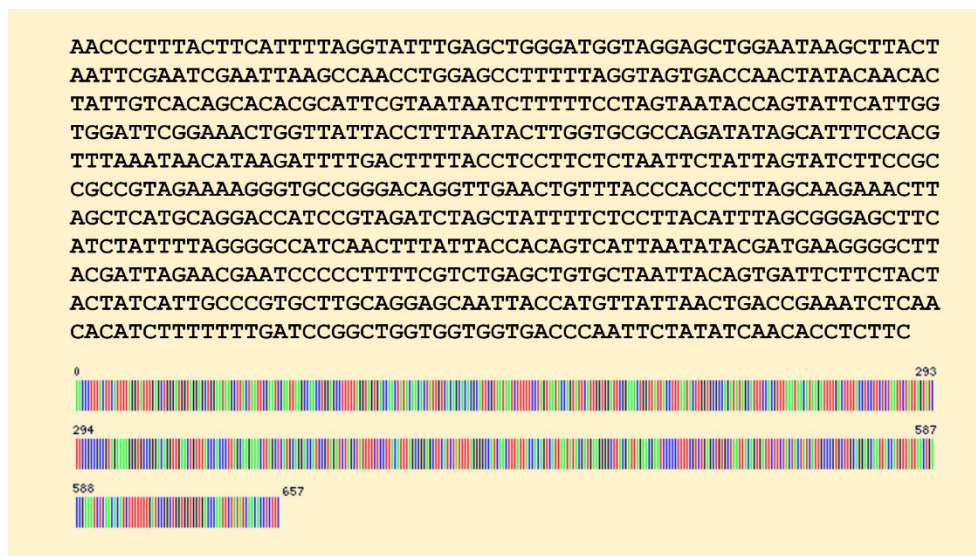
Mitokondrier är små kroppar ("organeller"), som finns i stor mängd i varje cell hos eukaryoter (växter, svampar och djur). De behövs för cellandningen och var en gång bakterier som slog sig samman med tidiga eukaryoter, och de har en egen liten arvs massa (ett **genom**), d.v.s. en rest av ett bakteriegenom. Mitokondrier förökas genom delning inom värdcellen, och när cellen delar sig, följer ett antal organeller med in i vardera dottercellen. Mitokondrierna (och därmed också deras gener) nedärvs **maternellt** (endast från modern), d.v.s. via ägget hos sexuella djur, och deras arvs massa ger därför ingen information om hur faderns mitokondrie-DNA ser ut.

Nukleotider, kvävebaser, baser, baspar (bp), olika ord för de molekylära byggstenarna i DNA-koden. De är av fyra olika typer som förkortas A, T, C, G. "Baspar" refererar till att i DNA finns två parallella, komplementära nukleotidkedjor, som alltid bildar par (A-T, eller C-G) i varje **position**, d.v.s. basparets specifika plats i DNA-sekvensen.

En nukleär genmarkör är från cellkärnans arvs massa och nedärvs både från fadern och modern och ger därför en mer fullständig bild av hur genflödena har gått inom en art.

Substitution (av en nukleotid/bas; kallas även punktmutation) innebär att en enstaka kvävebas i DNA-sekvensen byts ut mot en annan. Om en bas i en viss position sekundärt har återmuterat till ursprungstillståndet (ex. A→C→A), kan det "sista" A:et misstolkas som homologt till den "första" A:et hos andra sekvenser, d.v.s. en falsk likhet har uppstått som förvårar rekonstruktionen av genens evolution. Samma sak händer om t.ex. en A→C-mutation sker i samma position, men vid olika tillfällen i olika sekvenser (**konvergens**); likheten i C är då "falsk" och inte ett bevis på gemensamt ursprung.

Taxon, plural **Taxa**, är inom den biologiska systematiken en organismenhet som står för sig själv, men den är associerad med en viss systematisk nivå (ex. en art, ett släkte, en familj) och ett unikt vetenskapligt namn. Provisionella taxa utan formella namn kallas ofta OTU:s (Operational Taxonomic Units).



Figur 3. En DNA-streckkod är en unik sekvens av nukleotider i en särskilt utvald genmarkör. Sekvensen skrivs vanligtvis ut med bokstäverna A, C, G och T, som motsvarar de fyra olika nukleotiderna i DNA-molekylen (övre bilden). Termen "streckkod" anspelar på det grafiska alternativet att skriva ut sekvensen som en rad med streck i motsvarande fyra olika färger (nedre bilden).

DNA-baserad artidentifiering förutsätter att specifika DNA-sekvenser (s.k. streckkoder, eller barcodes; **Figur 3**) kan skilja en art från alla andra. För identifiering av djurarter har markörer i generna för COI och 16S i mitokondriegenomet (se **Faktabruta 2**) blivit särskilt populära. Men en genmarkör visar ofta variation även inom arten, och speciellt utmanande blir det när denna variation är av samma storleksordning som variationen mellan närstående arter. Till exempel, 'systerarter', som är varandras närmaste släktingar och som dessutom ibland inte kan skiljas åt morfologiskt, kan vara svåra att definiera, d.v.s. att avgränsa mot varandra.

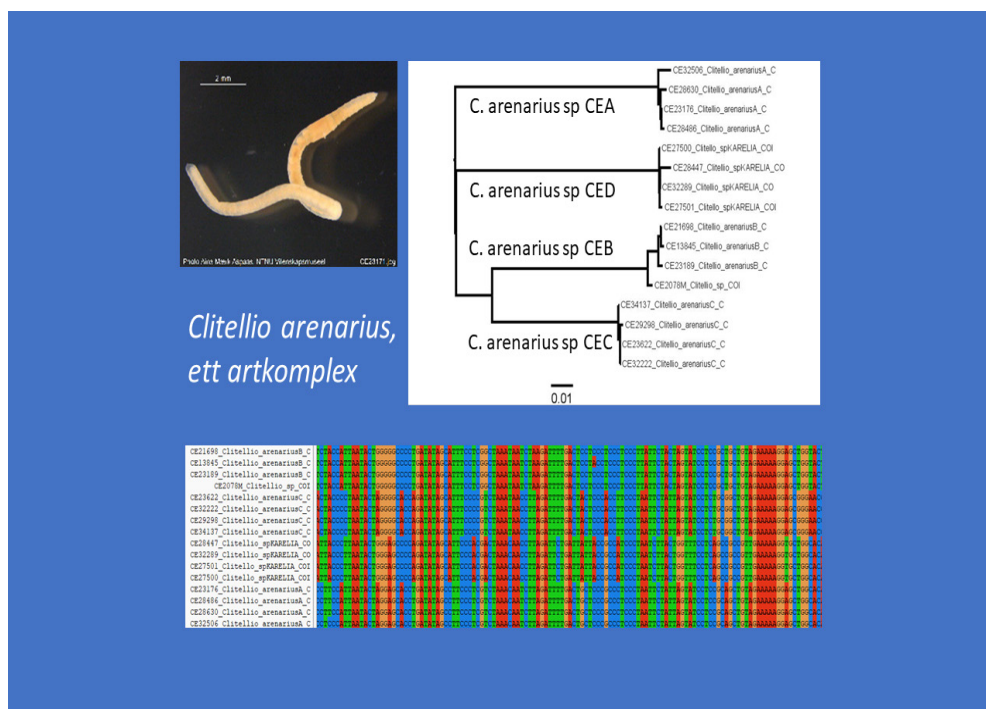
DNA-streckkoder (liksom alla DNA-sekvenser) kan jämföras med hjälp av parvisa distansmått. Man jämför sekvenser av ett homologt genavsnitt från två olika individer, och med den enklaste modellen anges distansen som ett procentuellt mått på hur många av nukleotiderna ("baserna") som är olika i de två aktuella avsnitten. Om sekvenserna är identiska är distansen 0 % (likheten 100 %), om i genomsnitt var tionde bas i sekvenserna är olika är distansen 10 % (likheten 90 %). När tre eller fler individers sekvenser ska jämföras, räknas först distansen ut för varje möjlig parvis jämförelse. Alla jämförs var och en med alla andra, och de många distanserna kan samlas i ett tvådimensionellt rutnät, och sedan vägs de samman till en trädliknande hierarki av successivt allt kortare distanser, ett slags likhetsträd. Algoritmerna för detta varierar, men vanligt är ett så kallat Neighbor-Joining (NJ)-träd (Saitou & Nei 1987), som vi använder oss av i rapportens illustrationer (dock ej i **Figur 2**).

När den lägsta mellanarts-variationen för streckkoden är (klart) större än den största inomarts-variationen, kallas procentområdet däremellan ett (tydligt) streckkodsgap (barcoding gap). Men det är inte alltid så.

Streckkodsgapen, om de finns överhuvudtaget, är inte lika stora för alla organismer. För insekter, är COI-streckkoder ibland bara 2 % olika mellan närbesläk-

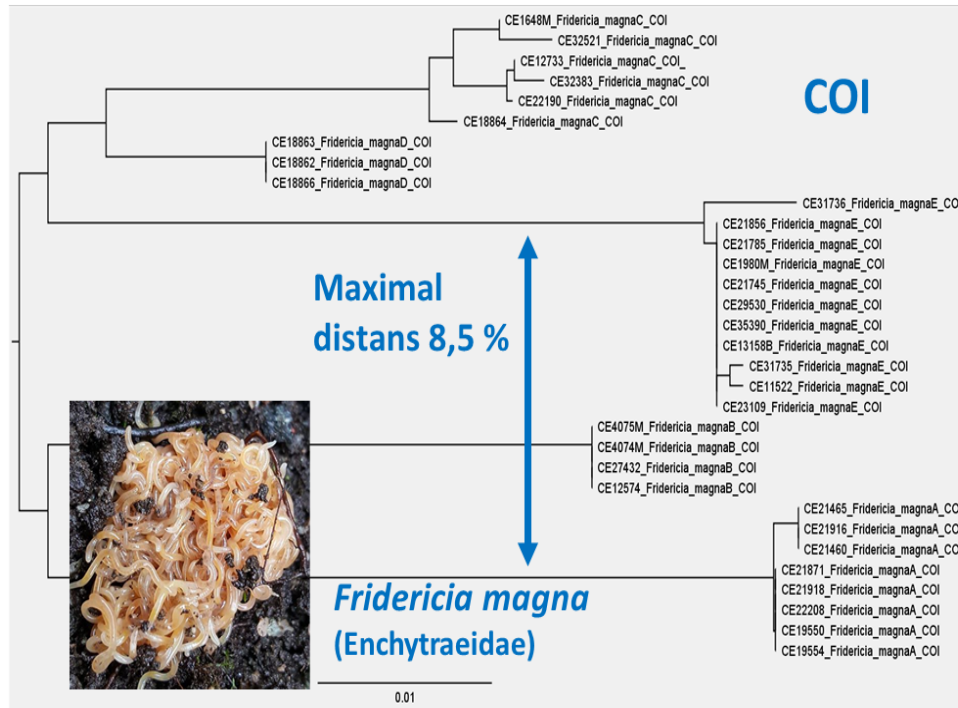
tade arter, medan motsvarande skillnad för gördelmaskar vanligen är över 10 % (något lägre hos iglar). Men även om inomartsvariationen i de flesta fall är tydligt mindre än 10 % hos gördelmaskar, finns exempel som suddar ut streckkodsgapet helt. Inom *Lumbricus* (Lumbricidae) och *Limnodrilus* (Naididae) kan parvisa distanser i COI-streckkoder på drygt 15 % lika gärna vara skillnader mellan arter som skillnader inom en art (Martinsson & Erséus 2017; Liu et al. 2017). Artavgränsningarna kan då bara utredas i jämförelse med en eller flera nukleära markörer vars genevolution inte är kopplad till enbart den maternella arvslinjen. Generellt sett, måste därför varje art undersökas var för sig, för att man ska kunna förstå hur den genetiskt kan avgränsas, och hur stor artens sekvensvariation är. Med 100-tals individer av samma art insamlade från väl utspridda platser i ett stort geografiskt område är det ganska lätt, men för arter som påträffats endast en eller ett fåtal gånger, har vi bara en aning om hur stor den verkliga genvariationen är.

Initiativet Barcode of Life Data Systems, BOLD (<https://www.boldsystems.org>) rekommenderar en ca. 658 bp region av COI (COI-5P) för streckkodning av djurarter (Ratnasingham & Hebert 2007). COI fungerar bra med hög upplösning för de flesta gördelmaskar. **Figur 4** visar ett exempel där de intraspecifika (d.v.s. inomartliga) avstånden är minimala (ca. 1 %) i förhållande till de interspecifika (mellanartliga) (13-19 %), som tydligt skiljer fyra arter av släktet *Clitellio* åt (Erséus, Klinth & Martinsson, opublicerad information). Eftersom de tre andra markörerna (16S, ITS2 och H3) också ger fyra distinkta grupper i detta exempel (träd ej visade här), fungerar COI-koderna utmärkt för urskiljning och identifiering av dessa arter.



Figur 4. Ett Neighbor-Joining-träd i övre delen av figuren illustrerar distanserna inom och mellan de fyra klustren av COI-streckkoder, för totalt 16 individer av det marina artkomplexet *Clitellio arenarius* (Naididae, glattmaskar). Nedre delen av bilden visar ett avsnitt av alignmen- tet för de analyserade sekvenerna (de fyra olika kvävebaserna visas i olika färger. Maskfoto: Aina Maerk Aspaas.

I ett annat exempel (**Figur 5**) uppvisar COI-streckkoder från arten *Fridericia magna* en stor intraspecifik variation, uppdelad på fem COI-kluster som är upp till 8,5 % ifrån varandra, vilken kan ge intryck av att det är fem arter i materialet. När vi jämförde COI-trädet med ett träd av motsvarande sekvenser för den nukleära markören ITS2 klustrade sig dessa på ett sätt, som inte alls överensstämmer med COI-varianternas gruppering i **Figur 5**. Vi fick alltså stöd för att det har förekommit frekvent genflöde mellan individer som i COI-träden var möjliga att tolka som olika arter. För mer detaljer, se Martinsson et al. (2020).



Figur 5. Neighbor-Joining-träd som visar distanserna mellan COI-streckkoder för 32 individer inom arten *Fridericia magna* (Enchytraeidae, småringmaskar). Maskfoto: Kate Michelsen.

16S-markören kan användas som substitut för COI, t.ex. när COI-primrarna på grund av dålig passform för målregionerna i ett visst taxons DNA inte lyckats amplifiera COI-sekvensen (se Metodik-kapitlet, PCR och Sekvensering nedan).

16S och COI är båda mitokondriella och evolverar i stor samklang med varandra. De återspeglar i stort sett samma kluster av individer inom en art, även om evolutionshastigheten – och därmed variationen – oftast är högre i COI än i 16S. En fördel med 16S-genens lägre evolutionshastighet är att den ger en starkare ”fylogenetisk” signal än vad COI gör på en något djupare nivå (längre tillbaka i tiden). Förenklat och empiriskt kan vi (åtminstone för gördelmaskarna) säga, att om COI avslöjar släktskap inom och mellan arter, är 16S bättre på att finna relationerna mellan släkten. Varianter som uppstår ur en gemensam ursprungssekvens kommer (om de inte sorteras bort av selektionen) att fortsätta mutera/evolvera vidare och bli allt mer olika varandra, till en punkt där icke-homologa likheter (t.ex. återmutationer och konvergens) alltmer dränker de ”sanna” likheterna i ett brus av nonsens. Den punkten nås uppenbarligen tidigare för COI än för 16S.

Inte desto mindre kan små bitar av 16S rDNA vara lämpligare än kortare COI för mini-streckkoder. 16S, som inte är proteinkodande, har alternerande konservativa och variabla regioner. En variabel region kan därför väljas som en kort markör för t.ex. en särskild art, samtidigt som de omgivande bitarna då kan tjäna som målregioner för kodens primrar (Se Metodik, PCR och DNA-sekvensering). Mini-streckkoder tillämpas ibland i metabarcoding (d.v.s. sekvensering av många streckkoder samtidigt), särskilt om det DNA som analyseras har degraderats till mycket korta fragment. Det finns exempel på detta för gördelmaskar (Bienert et al. 2012; Epp et al. 2012; Pansu et al. 2015). En 16S minibarkod (endast 35 baspar lång) kunde identifiera en gördelmaskart från ett 9 000 år gammalt sjösediment i Arktis (Lammers et al. 2019).

I framtida storskaliga streckkodstillämpningar kommer metabarcoding av miljö-DNA (eDNA) extraherat från vatten, sediment, jord etc. sannolikt att dominera. Av ovan beskrivna skäl valde vi därför att parallellt utveckla streckkods-bibliotek av både 16S och COI. Båda markörerna har sina för- och nackdelar.

Det nukleära genomet (cellkärnans arvs massa) utvecklas i allmänhet långsammare än det som finns i mitokondrierna och har inte i samma utsträckning som för COI och 16S blivit utnyttjat för streckkods-identifiering av djurarter. Samtidigt, som redan berörts ovan, utvecklas nukleära gener som resultatet av genflöden mellan två föräldrar, i motsats till de mitokondriella som bara ärvs från modern. En nukleär markör bör därför i princip vara en bättre proxy för artidentitet i sexuellt reproducerande taxa än vad COI eller 16S är. Eftersom vi i vårt övriga taxonomiska arbete oftast involverar de två nukleära markörerna ITS och H3, har vi i vårt projekt inkluderat streckkods-bibliotek även för dessa.

2. Metodik

2.1 Insamling av material

Materialet som ligger till grund för våra resultat består av ca 21 000 individer av gördelmaskar, som alla har bidragit med minst en av de fyra sekvenserna inkluderade i projektet. Till en stor del har de insamlats under forskargruppens egna fältarbeten i Sverige, Norge och Danmark under en period av ca. 20 år. Fram till och med 2018, innan den nu aktuella NV-satsningen, finansierades denna insamling och de inledande laborativa momenten (DNA-extraktion och viss sekvensering) med medel från främst Vetenskapsrådet, FORMAS, Svenska artprojektet (Artdatabanken/SLU) och Norska artsprojektet (Artdatabanken, Trondheim), i samband med annan molekylärsystematisk forskning på gördelmaskar. Forskningen var inte från början tänkt som grunden till en sammanställning av streckkodsbibliotek, men klart är att projektet för Naturvårdsverket ej hade kunnat göras på samma heltäckande sätt utan de föregående årens resultat.

Under 2019-2021 kompletterade vi tidigare insamlingar med riktade insatser i några geografiska områden eller habitat, som vi ansåg vara underrepresenterade i det tidigare materialet. I vår ”bio-blitz” i Skåne 2020 (se nedan) testade vi dessutom alla våra tidigare streckkoder inför projektets slutförande.

Till egen-insamlat material har vi under årens lopp också kunnat lägga ett stort antal mindre men geografiskt väl utspridda insatser av privatpersoner, kollegor inom den systematiska forskningen, samt konsulter inom miljöövervakning (och liknande). Några har samtidigt bett om vår hjälp med identifiering, andra har bara generöst erbjudit oss material som varit relevant för vår kartläggning av arter.

Vi har även själva samlat eller med andras hjälp fått prover från Island, Storbritannien, Finland, Estland, Tyskland, Nederländerna, Belgien, Frankrike, Spanien, Polen, Tjeckien, Slovakien, m.fl. europeiska länder, och även i andra delar i världen, inklusive den icke-tropiska halvan av södra halvklotet. Många av maskarna i den skandinaviska faunan förekommer också i områden utanför Nordeuropa, men de uppvisar då delvis andra streckkodsvarianter än de vi har här. Så långt som är möjligt (och rimligt) ville vi ha med dessa varianter i våra bibliotek; arter med mer eller mindre världsvid utbredning tenderar att vara opportunister, och ”exotiska” varianter kan mycket väl visa sig redan nu existera, eller framgent flytta in, i våra inhemska populationer. Se Diskussion nedan, för mer detaljer.

Geografiskt täcker materialet Sverige och Norge mycket väl, från Arktis (Svalbard) till sydspetsen av Skåne, och från Atlanten vid norska Vestlandet till Gotland. Proverna är av olika slag och storlek, och vi uppskattar att vårt totala material av streckkodade individer kommer från över 2 000 olika fyndlokaler spridda över jorden. 1 776 av dessa fyndlokaler (med uppladdade sekvenser från 6 175 individer) ligger i Europa (**Figur 6**).

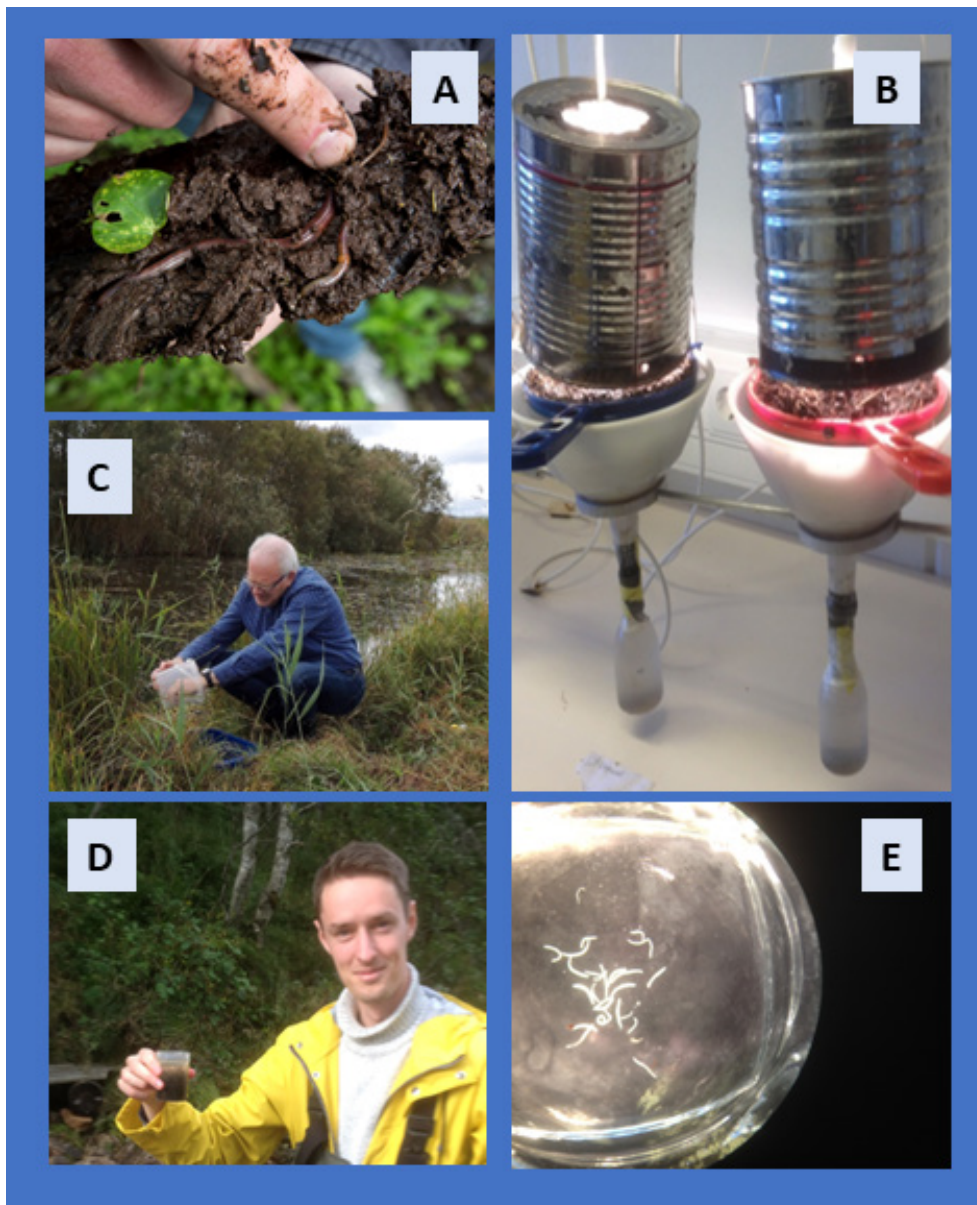
2.1.1 Handsortering

Insamling för hand kan göras för större iglar (sötvatten) och daggmaskar (jord och sötvatten) (**Figur 7A**). De påträffas ofta under stenar, trästockar och andra stora objekt på marken eller i vatten, och särskilt under torra perioder, drar sig daggmaskarna gärna mot fuktiga ställen nära eller t.o.m. ner i vatten vid bäckar, åar, dammar och sjöstränder. Daggmaskar kan också grävas upp med spade, men några arter vistas under torra sommarperioder på större djup i marken än under andra delar av året; på vintern överlever daggmaskar bara på tjälfritt djup. Komposter är också säkra ställen att söka på. Löv och trädgårdsavfall drar till sig flera olika daggmaskarter, medan varma matkomposter tilltalar endast kompostmaskar (släktet *Eisenia*). Iglar kan också samlas direkt genom håvning, till exempel i täta bestånd av vattenväxter.

Familjen Piscicolidae (fiskiglar), vars flesta arter parasiterar marina fiskar, är svåra att finna i det fria vattnet eller vid botten. Vårt material kommer främst från enskilda personer som varit observanta nog i samband med fiske, och merparten av de marina fiskiglar vi har kunnat studera kommer från professor Egil Karlsbakk, igelspecialist vid Universitetet i Bergen.

2.1.2 Extraktion av levande maskar ur marksubstrat

”Småringmaskar”, familjen Enchytraeidae, finns i jord, förna och torv. Ett prov (<ca 5 dl) av dessa substrat placeras i en trådsil (köksmodell) som i sin tur sänks ner i en vattenfylld tratt (**Figur 7B**). Det genomdränkta substratet utsätts sedan för värme och ljus från en glödlampa (helst 100W, av äldre modell) alldeles ovanför vattenytan. Denna ”våt-tratt”-teknik får smådjuren i substratet att fly nedåt och ta sig ut genom silens trådnät för att sedan falla genom vattnet ner till en liten behållare/plastflaska, fastsatt som en förlängning av trattens utloppsrör. Efter 2–3 timmar under lampan har merparten av djuren hamnat i behållaren, vars innehåll töms upp i t.ex. en skål (eller bägare). Innehållet i behållaren kan, om det innehåller besvärande mycket fint sediment, först filtreras varsamt i ett såll med 0,125-0,25 mm maskstorlek, innan provet försiktigt spolats ner från sållens botten till skålen. Materialet håller sig levande under ett par dagar om skålen förvaras i kylskåps-temperatur. Utsortering av maskar görs enklast om provet (i vatten), eventuellt uppdelat i portioner, hålls i en petriskål och genomsöks med hjälp av en stereolupp.



Figur 7. Insamlingsmetoder; se texten för mer detaljer. **A.** Insamling för hand, daggmaskar (Johan Wingborg, foto). **B.** Våt-tratt-extraktion av markfauna ur jordprov (Christer Erséus, foto). **C.** Sållning av (akvatiskt) bottenstrukt med dekantering (Anders Holm, foto). **D.** Det slutliga provet urspolat från sållet i bild C (Christer Erséus, foto). **E.** Småringmaskar (enchytraeider) utsorterade och lagda i 80 % etanol efter extraktion enligt bild B; skålens diameter ca. 4 cm (Christer Erséus, foto).

2.1.3 Insamling och sällning av bottensediment

Metoderna för att samla in smådjur som lever i sediment är i stort desamma, oavsett vilka djurgrupper det gäller, och gördelmaskar är lyckligtvis inte lika känsliga för fysik hantering som t.ex. havsbortsmaskarna, vilka också är annelider (ringmaskar). Det är främst vattendjupet och andra tillgänglighetsaspekter som avgör vilken metod man ska använda för insamling av ett visst substrat som förväntas innehålla gördelmaskar. Det handlar egentligen bara om att få upp en viss mängd sediment utan att bottendjuren spolats bort på vägen. I havet kan prover tas med bottenskrapor eller bottenhuggare på de flesta djup, men i mindre sjöar är skrapor och andra tyngre redskap inte så populära, kanske för att båtar för provtagning där sällan är tillräckligt stora. Prover kan grävas eller skopas upp under dykning eller snorkling på moderata djup, och om kvantitativa prover önskas kan enkla rörlod användas för att stansa ut små sedimentproppar med en given diameter.

I stränder, inklusive tidvattenzonen i havet, samt i grunda bottnar i alla vatten oavsett salthalt, är det enkelt att ta prover med handredskap (spadar, skopor, håvar) och ett par vadarbyxor eller stövlar. I strömmande vatten tillämpas ofta s.k. sparkprovtagning av bottenfauna. Man använder en långskaftad håv med en finmaskig djup kasse och gärna en rak hård kant i yttersta änden av öppningen. Håven hålls vertikalt ner i vattnet (skaftet uppåt), med den hårda kanten pressat ner mot botten och håvöppningen vinkelrät mot vattenströmmen. Man vadar sedan sakta motströms framför öppningen och sparkar i botten, så att material som virvlar upp kan spolats in i håven av det hela tiden framforsande vattnet. Akvatiska bottensediment kan vara av många slag, från sand till gyttja, ofta med en blandning av mineralpartiklar och organiskt material, det senare mer eller mindre nedbrutet. Maskar kan sällas fram ur i princip alla dessa sedimenttyper med en dekanteringsmetod, där åtminstone mineralpartiklarna till stor del sorteras bort i ett första steg. Sedimentprovet, förslagsvis inte mer än 1–2 liter åt gången, placeras i botten av en hink eller liknande, varpå vatten från ursprungsmiljön (rätt salthalt viktig) får fylla upp resten av kärlet. Allt blandas varsamt men med viss kraft runt några varv, så att det lättare materialet går upp i suspension, medan de tyngre partiklarna snabbt vill falla tillbaka till kärlets botten. Suspensionen dekanteras över i ett finmaskigt såll (förslagsvis 0.25 mm), på ett sätt som skiljer av det organiska materialet (större växtdelar, detritus och djur) från den tyngre bottensatsen i hinken (**Figur 7C**). Proceduren, men med nytt vatten i hinken varje gång, upprepas 3–4 gånger, och därefter kan hinkfraktionen betraktas som tömd (urtvättad) på djur, medan fraktionen i sållet varsamt spolats över till ett mindre kärl (**Figur 7D**). I de flesta fall kan djuren utsorteras direkt ur denna fraktion på samma sätt som för jordextraktionerna i punkten ovan.

Ibland utgör detritus och växtdelar en besvärande stor och nästan filtartad del av det framsållade provet, och då krävs en orimligt stor arbetsinsats för att finna (speciellt de små) maskarna under luppen. Då kan man i ett andra sållsteg antingen för hand plocka bort större växtdelar efter att ha skakat dem i återigen tillsatt vatten och sedan sålla igen, eller dela upp provet i två, genom att sätta in ett grövre såll (ex. 3–5 mm) ovanför det finmaskiga. Det som stannar i det grövre sållet kan gås igenom, kanske med blotta ögat, om det blir utstrött i vatten i ett lågt tråg eller liknande: man letar då bara efter de större maskarna, ca. 10 mm långa eller mer. Material som passerar det grova sållet, men återigen fångas upp av det fina, kan som helhet eller delvis gås igenom mer noggrant under luppen för de mer mikroskopiska individerna.

2.1.4 Andra metoder

Några maskarter kräver speciella insamlingsmetoder. Man kan pumpa upp grundvattensarter från vattenlager nere i marken, till exempel under en flodbädd, och man kan ta sedimentprover från brunnar, källor och grottor. Man kan skrapa mikroarter från biofilm på stenar eller trästycken. Man kan samla in limniska/marina alger (gärna trådalger) och fröväxter och under lupp finna arter som ofta kryper omkring på dessa. På och i svampdjur (i hav eller sjö) och i mantelhålan av sötvattenssnäckor kan man finna några riktigt små arter av gördelmaskar, men det kan kräva dissektion av värddjuren.

Om blodiglar (*Hirudo medicinalis*) finns i ett vatten (liten sjö, damm, kärr) och de dessutom är hungriga, ger de sig själv tillkänna genom att komma simmande mot den som går eller bara plaskar lite lätt i vattnet vid strandkanten, och de låter sig gärna plockas upp av en mänsklig hand.

2.2 Hantering av de fysiska individerna

De prover vi själva samlade in hanterades på ett sätt som skulle minimera risken att försämra kvalitén hos djurens DNA. Det innebär att maskarna avdödades i högprocentig etanol så fort som möjligt efter insamling och utsortering. 95 % användes för dagmaskar och iglar, då dessa innehåller mycket vatten som måste "spädas" till en acceptabel etanol-nivå. 80 %-ig etanol användes för alla mindre maskar, då en alltför koncentrerad sprit kan få en liten mask att helt skrynkla ihop sig, vilket omöjliggör senare morfologiska studier av den individen. Jordprover som inte direkt kunde genomgå extraktion med våt-tratt-metoden kunde förvaras i öppna plastpåsar i ett kylrum under upp till ett par veckor efter arbetet i fält, utan att djuren tycktes påverkas negativt. De var oftast livliga och uppvisade normal vigör direkt efter att de passerat extraktionstrattarna. Vid utsorteringen av levande djur under stereoluppen, gjordes för individrika prover endast ett rimligt urval av maskar, men de valdes ut på ett subjektivt sätt för att maximera antalet arter från varje prov. Genom att bara titta på djurens yttre karaktärer kan man ofta inte säga exakt vilka eller ens hur många arter som finns i ett prov, men med vår erfarenhet kan vi ändå uppskatta ungefär hur många olika arter det kan röra sig om; ett exempel på hur ett prov med småringmaskar i etanol kan se ut visas i **Figur 7E**.

För sållprover av vattenlevande fauna, gjordes spritläggningen direkt efter sållningen, som oftast utförts direkt vid fyndplatsen där vatten med rätt salthalt för processen fanns tillgänglig. Varje sållprov låg då först som bulk i detta vatten, vilket försiktigt dekanterades av, och direkt därefter tillsattes 95 %-ig etanol i en mängd som gjorde att återstående vatten spädde ut vätskan till 80 %-ig etanollösning.

För material som insamlats av personer utanför vår grupp var kvalitén på de inkomna individerna och framför allt deras DNA högst varierande. Tyvärr kunde många av dessa maskar inte ens räknats in i projektet, då vi inte fick ut användbart DNA ur dem. Orsakerna var nog främst att det hade gått för lång tid (ibland 10-tals år) efter insamlingen när vi fick dem, och/eller att proverna förvarats i rums-temperatur, eventuellt i kombination med en alltför svag spritblandning. DNA-molekylerna bryts alltid ner i allt kortare bitar med tiden, men degraderingen går snabbare i bl.a. värme och vatten.

Alla utvalda och spritdödade maskar fick sina egna individnummer (t.ex. CE357, CE18001), som sedan följt med i allt som respektive individ har använts till. Metadata om fyndplats, insamlare och datum finns noterade för var och en.

Varje individ blev direkt uppdelad i två bitar. Den bakersta delen av kroppen fick tjäna som ett DNA-prov, d.v.s. en vävnadsbit (maximalt ca. 1 mm³) som för stora maskar var en liten hudflik klippt ur något av de sista segmenten, men som för små maskar blev en några segment lång avklippt bit av "svansen" (men ändå betydligt mindre än 1 mm³). Resten (ca. 60-99 %) av det ursprungliga djuret finns kvar som en voucher (ett referensexemplar; se exempel i **Figur 1H-I**) för de sekvenser det levererat till projektet; med undantag för några enstaka individer som blev DNA-extraherade i sin helhet, eller vars vouchrar senare har försvunnit, t.ex. i samband med försök till preparering (se nedan).

Vävnad för DNA-extraktion, liksom alla extrakt som successivt togs fram ur sådan vävnad, förvarades i 95 % etanol och temperatur -20°C. Vouchrar av daggmaskar och iglar förvarades i 95 %, alla småmaskars vouchrar i 80 % etanol. De vouchrarna som fortfarande är i vätska finns idag i rumstemperatur och är destinerade för slutlig deponering i något museums våtsamlingar. Tusentals vouchrar av småarterna utvaldes dock för vidare preparation. Dessa (1) färgades, (2) gjordes genomskinliga ("klarnades") för att möjliggöra genomlysning, och (3) monterades slutligen i monteringsmedel (Canadabalsam) under ett täckglas på ett objektglas. Resultatet är permanenta helpreparat lämpliga för morfologiska studier i ett mikroskop med genomfallande ljus, och sådana kan enkelt slutförvaras i ett museums torrsamlingar. Metoderna för färgning och montering är beskrivna av Erséus (1994).

Under åren som gått har redan många vouchrar, i samband med publicering av taxonomiska studier, deponerats på framför allt Naturhistoriska riksmuseet (Stockholm), och Zoologisk museum vid Universitetet i Bergen (Norge). När våra streckodsbibliotek nu blir uppladdade och helt tillgängliggjorda, kommer tusentals ytterligare vouchrar att registreras och flyttas in i dessa institutioners permanenta forskningssamlingar. Därifrån kan de framgent lånas ut till andra forskare som har intresse av att studera dem.

2.3 Identifiering av individerna

Att identifiera en gördelmask till rätt art på bara dess utseende är som redan framgått inte triviale. Det finns bestämningslitteratur som täcker den kända nordeuropeiska faunan ganska bra för vissa grupper (Sims & Gerard 1985, daggmaskar, Lumbricidae; Schmelz & Collado 2010, terrestra Enchytraeidae; Timm 2009, för sötvattenslevande arter, familjerna Lumbriculidae, Propappidae, Haplotaxidae, och Naididae inklusive tidigare familjen "Tubificidae"). För de marina arterna, i norra Europa alla tillhörande Enchytraeidae och Naididae, finns en äldre nyckel (Brinkhurst 1982), men som tyvärr ej är up-to-date med avseende på klassificering och nomenklatur. Vår forskargrupp (från början bara C. Erséus) har dock från 1970-talet och framåt publicerat ett flertal arbeten om marina gördelmaskars taxonomi och systematik (se **Bilaga 2**), och vi kan därför identifiera dessa arter utan en sammanfattande artnyckel - vilken likväl skulle behövas för framtiden! Från mitten av 1990-talet har vi även gjort omfattande studier på terrestra och limniska arter i Skandinavien (**Bilaga 2**), i samarbete med andra specialister, T. Timm (Estland), E. Rota (Italien) och B. Healy (Irland).

Innan vi började ta fram DNA-sekvenser för vårt material var det naturligtvis avgörande att först identifiera individerna på det konventionella sättet. Gördelmaskarnas taxonomi baseras emellertid traditionellt till stor del på inre och yttre könskaraktärer, som innebär att juvenila individer inte kan kännas igen till specifik art med någon säkerhet. DNA-identifiering kringgår detta. Den avslöjar arts-tillhörigheten hos en individ i alla livsstadier, vilket är särskilt värdefullt för arter med begränsad fortplantningsperiod under året.

För köns mogna dagmaskar var identifieringen ganska enkel, då de nord-europeiska arterna kan kännas igen på sina yttre kännetecken, åtminstone med hjälp av exempelvis Sims & Gerard's (1985) nyckel. (Att vi snart förstod att några klassiska "morfo-arter" ibland är komplex av olika "genetiska arter" är en annan fråga; se Resultat, Artlistan nedan). Många vuxna iglar kunde vi också känna igen på sitt yttre. Men för de flesta små gördelmaskar, land- såväl som vatten-levande, krävs ett ljusmikroskop, samt att djuret plattas till (levande i en vattendroppe, eller fixerat i ett medium enligt ovan) så att de inre strukturerna kan studeras i detalj. Till en början gjorde vi detta på levande djur, men eftersom det blev svårt att efter behandlingen ha kvar en oskadad voucher, övergick vi snart till att i efterhand göra morfologiska artbestämningar endast på permanenta mikropreparat.

Efterhand, i takt med att vårt sekvensbibliotek för främst COI växte i omfång, kunde vi alltmer jämföra nya sekvensdata med alla dem vi redan hade samlat på oss, och dessutom ökade gradvis antalet publicerade COI-streckkoder på GenBank och BOLD under denna tid. Därmed fick vi ibland matchningar med specifika artfynd ute i övriga världen, utan att själva först ha studerat våra egna fysiska individer närmare morfologiskt. Den exakta identiteten kunde dock inte slutgiltigt bekräftas/fastslås förrän långt senare; streckkoder på GenBank är inte sällan fel-identifierade. Å andra sidan, kunde ibland en någotsånär nära träff på en viss art ge en indikation på vilka arter en av oss okänd individ är nära besläktad med. Streckkoderna klustrar sig inte bara i grupper som representerar olika arter, utan tenderar också att, i en något djupare förgrening av distansträdet, "hitta rätt släkte". Efter några år nådde vi en samlad kunskap som var så stor att det sparade tid att bara grovt uppskatta våra individers tillhörighet till familj, underfamilj eller släkte initialt, och sedan så snart som möjligt sekvensera COI (och gärna också 16S) och jämföra individernas molekylära profiler med varandra och andra maskars sådana.

Denna primära integration av DNA-sekvenser i identifieringsprocessen ledde också till att många individer av de vanligaste arterna kunde sorteras ut till en lägre prioritet; och endast ett urval individer behövde sedan studeras vidare morfologiskt. Det innebar också att vi tidigt fick en DNA-profil (och ytterligare ett geografiskt fynd) av många juvenila exemplar, som enkelt kunde sorteras in det stora underlaget för t.ex. genetisk inomartsvariation, utan tidskrävande arbete vid mikroskopet.

Sammanfattningsvis växte kopplingarna mellan "rätt art" och arts specifika streckkoder fram genom en lång interaktiv process.

2.4 Artavgränsning och artnomenklatur

Taxonomiska kunskaper ökar och revideras i takt med tiden, och under arbetets gång vi har ändrat namnen på några av våra skandinaviska arter, på grund av att vi själva (parallellt med projektet) eller andra kollegor (under samma tid) publicerat nya taxonomiska forskningsresultat om dessa; även opublicerad information från kollegorna har hjälpt oss. Många beskrivningar och namn får komma efterhand senare, men en strimma av egen taxonomisk forskning har funnits med i streckkodsprojektet. Vi har utnyttjat "genträden" för de fyra markörerna, för att på ett genetiskt sätt försöka rekonstruera arternas evolution, d.v.s. artbildningen och hur man på ett rimligt sätt kan avgränsa de olika arterna, åtminstone preliminärt. Som berördes i inledningen, har vi kunnat använda de olika generna i kombination för att skatta var i den historiska artbildningsprocessen genflöden har upphört (=olika arter) respektive fortfarande existerar mellan de studerade individerna (=inte olika arter). Det finns dock en besvärande gråzon. Starkt begränsat men ändå manifesterat flöde av nukleära gener mellan individer av olika maternella ("mitokondriella") linjer kan lika gärna vara korsningar inom arten som sällsynta fall av hybridisering mellan två olika arter. Detta är ett gott exempel på att artbildning, som kan definieras som att en äldre art till slut ersätts av två nya arter, är en gradvis process (se t.ex. de Quieroz 2007). En påbörjad genetisk differentiering inom en art kan, t.ex. när tidigare separerade populationer återförenas, till och med suddas ut genom återkorsningar.

Vi går inte här närmare in på de molekylära metoder vi använt i vårt artavgränsningsarbete utan hänvisar till en översikt av Martinsson & Erséus (2021) för mer information. Viktigt att notera är dock att vi gjort noggranna överväganden för alla arter/arhypoteser i vår redovisade artlista (**Bilaga 1**), och att de är baserade på de data vi har fått genom projektet.

2.5 DNA-extraktion

DNA extraherades från var och en av de vävnadsbitar vi tagit från våra maskar med antingen Qiagen DNeasy Blood & Tissue Kit eller Epicenter QuickExtract DNA Extraction Solution 1.0, enligt respektive tillverkares instruktioner. De fall där extraktet inte gav resultat i de vidare stegen mot sekvensering, har inte räknats med bland de ca. 21 000 maskar som vi anger som studerade i projektet. För de egeninsamlade djuren var framgångsgraden (success rate) över lag mycket hög; sämre framgång hade vi främst med material som hade insamlats av andra än oss själva.

I de allra flesta fall, användes ett och samma extrakt (i delprov) sedan till amplifiering (PCR) och sekvensering av alla gener som var aktuella för individen i fråga. Resterna av de extrakt som inte helt förbrukades (d.v.s. merparten), förvaras vid -20°C, och kommer efter projektets slut till stor del att tas över av Naturhistoriska riksmuseet.

2.6 PCR och DNA-sekvensering

En eller flera av de fyra markörerna, COI, 16S, ITS2 och H3, amplifierades genom PCR (Polymerase Chain Reaction, "polymeraskedjereaktion"). Metoden gör det möjligt att med hjälp av två korta enkelsträngade nukleinsyrasekvenser ("primrar") skapa en kopia av ett DNA-templat (d.v.s. av en viss DNA-sekvens), som sedan via en serie av cykliska processer mångfaldigas till miljontals kopior. (Se t.ex. <https://sv.wikipedia.org/wiki/PCR>). Primrarna är komplementära med varsin ände av templatet, som t.ex. kan vara COI-streckkoden. I **Bilaga 3** förtecknas de primrar vi använde jämte inställningarna för det cykliska programmet, för respektive markör.

Sekvenseringen av PCR-produkter från vårt lab utfördes till en början av Macrogen Inc. (Seoul, Korea), och under senare år av Eurofins MWG Operon (Ebersberg, Tyskland). Dessa företag levererade sekvensfiler som sattes ihop, kontrollerades and editerades till de slutliga sekvenserna i vårt lab, med hjälp av mjukvaran Geneious Pro v. 7.1. (Biomatters Ltd.; <http://www.geneious.com>). Ett begränsat antal separata prover hanterades helt och hållet av Canadian Center for DNA Barcoding (CCDB) (Guelph, Kanada), som också direkt laddade upp resulterande COI-sekvenser på Barcoding of Life Data Systems (BOLD). Detta var innan vårt projekt fick stöd från Naturvårdsverket och gjordes delvis i samarbete med NORBOL i Norge.

Målet med vårt sekvenseringsarbete var att i första hand ta fram en COI-streckkod för varje individ, och om det inte lyckades, testade vi för 16S. Misslyckanden med COI kan ha orsakats av dålig kvalitet i DNA-templatet eller mutationer hos arten i fråga som ger dålig matchning med någon av primrarna i deras målregioner. Ofta kunde det senare problemet lösas med att använda den alternativa "reverse-primern" för COI (d.v.s. COI-E). 16S-streckkoden är kortare än den för COI, och 16S fungerade ofta bättre oavsett vad problemet med COI kunde vara. För ett mindre antal individer har vi därför nu streckkoden för 16S, men inte den för COI. Variationen i COI (eller 16S, när COI saknades) fick därefter fungera som referensram för urvalet av individer (d.v.s. deras DNA-extrakt) att användas för sekvenseringen av de andra markörerna.

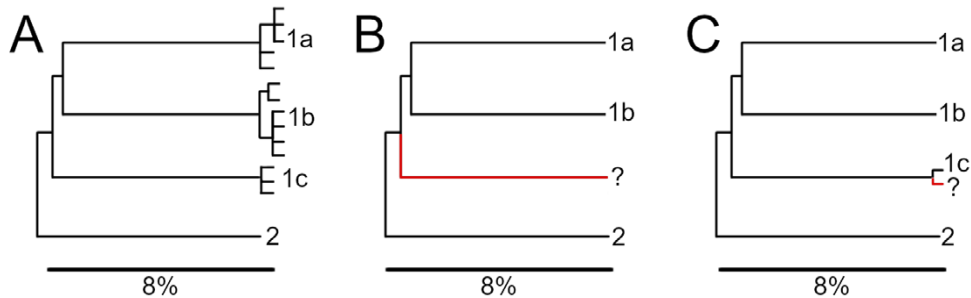
2.7 Urval av streckkoder och uppladdning

Inför uppladdningen av streckkodssekvenser på GenBank gjordes ett urval efter följande utgångspunkter:

1. Alla identifierade arter i vår lista (**Bilaga 1**) skall vara representerade av åtminstone en streckkod för varje markör.
2. Den kända variationsbredden för respektive markör och art ska vara väl representerad; av denna anledning var det värdefullt att för många arter ha tillgång till individer från delar av utbredningsområden belägna långt bort från Skandinavien. Ur praktisk synpunkt, blev det dock orimligt att för de vanligaste och/eller mest variabla arterna ta med alla unika varianter i biblioteket. Vi tillämpade en subjektivt bestämd måttstock att ingen exkluderad variant skall vara mer skild från de inkluderade varianterna än med ca 0,5 %. Men, i andra änden av skalan, för arter med särskilt hög inomartsvariation, var det viktigt att inte exkludera de mest avvikande varianterna; se ett teoretiskt exempel i **Figur 8**.

3. Alla sekvenser skall om möjligt vara av full längd, d.v.s. omfatta det avsnitt som primrarna är avsedda för.
4. För att undvika att behöva hantera onödigt många vouchrar, men också för att framtida molekylärsystematisk forskning kan uppskatta s.k. multilocus-data från en och samma individ, ska företrädesvis fler än en markör/streckkod ha samma voucher; dock utan att samtidigt tumma på kriteriet i punkt (2).

Ett verktyg i BOLD (Barcode of Life Data Systems) användes för att ladda upp samtliga våra fyra typer av sekvenser, i ett särskilt projekt, "NVCLI Scandinavian Clitellate Library". BOLD har sedan exporterat alla poster till GenBank och visar för egen del bara COI-sekvenserna för utomstående. COI-streckkoderna inkluderar (både i BOLD och GenBank) även många streckkoder som under åren innan vårt särskilda projekt blev inkorporerade i BOLD. Till stor del kännetecknas de senare av redundans, d.v.s. många poster/individer delar samma unika COI-sekvens.



Figur 8. Fiktivt exempel (baserat på verkliga COI-fall i vårt material) för att visa varför hela bredden av variation inom en art bör ingå i ett streckkodbibliotek. **A.** Vi antar att inom Art 1 finns tre skilda COI-kluster (a, b, c), ca 15 % skilda från varandra, och att de tillhör samma art med stöd av nukleära data (= genflöde mellan 1a, 1b och 1c). Varje kluster har egen variation och därför kan det vara lämpligt att välja ut ett ganska stort antal olika streckkoder att representera Art 1. Eventuella intermediära varianter saknas tills vidare bland klustren a-c. Art 2 är skild från alla individer av Art 1 med 16 %. **B-C.** Vad händer nu om en ny streckkod (Art ?) dyker upp? **(B)** Om kluster 1c saknas i biblioteket blir det svårt att (utan nukleära gendata) avgöra om den tillhör Art 1 eller Art 2, eller om den t.o.m. är en ny (tidigare okänd) art, Art 3. **(C)** Om åtminstone en individuell streckkod från kluster 1c är med i biblioteket, kan den visa att Art ? endast är ytterligare en sekvens av Art 1 i exemplet.

2.8 Bio-Blitz i Skåne

Under två intensiva dygn i september 2020, insamlades 80 prover av jord, botten-sediment eller vattenväxter från 17 olika lokaler inom Kristianstad, Tomelilla och Simrishamns kommuner i östra Skåne. Habitaterna var terrestra, limniska och till en liten del i brackvatten. Ciceron och värd för besöket var Professor emeritus Ulf Gärdenfors, boende och väl förtrogen med naturen och särskilt de många natur-reservaten i området. Länsstyrelsen i Skåne hade beviljat erforderliga tillstånd för fältarbetet.

Syftet var att under en kort tid (det blev 48 timmar) av provtagning av flera olika habitat i ett begränsat område av Sverige försöka få ihop material av så många arter av gördelmaskar som möjligt, och sedan identifiera dessa med hjälp av våra COI- och 16S-streckkoder.

Ett fåtal prover var från Verkaåns mynning vid Haväng (Kivik), i övrigt var de utan marin anknytning. Proverna togs och bearbetades vidare med metoder som beskrivs ovan, och efterarbetet (inklusive sortering av alla individer) på vår institution (Göteborgs universitet) pågick under drygt två månaders tid direkt därefter.

Totalt ca. 4 000 maskar sorterades ut ur proverna och konserverades i etanol. I ett urvalssystem med syfte att maximera antalet arter, valde vi under stereolupp subjektivt ut 2 000 individer för DNA extraktion och sekvensering. I en första omgång sekvenserade vi COI-streckkoder, och för ett mindre antal individer där detta fallerade, testade vi istället 16S-streckkoden.

2.9 De skandinaviska gördelmaskarnas taxonomi, utbredning och ekologiska betydelse

På basis av en kombination av egen kunskap och litteraturstudier har vi påbörjat arbetat med en sammanställning med specifik information om alla arter som studerats i projektet. Sammanställningen blir på engelska och ska publiceras internationellt (Klinth, Martinsson & Erséus, under preparation). Den förväntas bli relevant när streckkoderna används för att identifiera gördelmaskar i framtidens miljöarbete.

3. Resultat

3.1 Artlistan (Bilaga 1)

De 602 olika gördelmaskar, som vi inom projektet identifierat som separata arter och sekvenserat streckkoder för, är listade i **Bilaga 1**. Av dessa är tills dags dato 471 funna i Sverige av oss, för ytterligare några arter gäller att de är rapporterade från Sverige i litteraturen, men att vi har funnit dem i ett annat land. Vidare innehåller listan arter som vi bara insamlat i Norge, Danmark och några ytterligare nord-europeiska länder. För Norge gäller det främst nordliga marina arter av Naididae och Enchytraeidae (se under egen rubrik nedan).

Sverige och Norge bidrar med merparten av de 602 arterna, det vill säga:

- Arter i Sverige: 471
- Arter i Norge: 400
- Arter i Sverige eller Norge: 553
- Arter funna i både Sverige och Norge: 318
- Arter endast i Sverige: 153
- Arter endast i Norge: 82

I listan finns förstås de mer eller mindre välkända maskarter som vi betraktar som valida och väl avgränsade morfologiskt. De är välstuderade i litteraturen och har tydliga diagnostiska kännetecken och vetenskapliga (=binomiala) namn, och så långt vi vet är ingen av dem ett komplex av kryptiska arter (se nästa stycke). Cirka en tredjedel av de 602 arterna kan vi dock fortfarande inte otvetydigt koppla ihop med något tillgängligt vetenskapligt namn. Några av dessa kan vara valida arter beskrivna i litteraturen och då kanske från en annan del av världen, men vi har ännu inte kunnat identifiera dem p.g.a. att våra individer inte är köns mogna eller i tillräckligt gott fysiskt skick. I enstaka fall har vi haft matchningar med sekvensfynd (i GenBank) från andra länder, men som inte heller de varit bestämda till art. Åtminstone två arter, glattmaskarna *Aulodrilus pigueti* och *Potamothenrix vej dovskyi* har tidigare rapporterats från Sverige, men vi har inte funnit dem i vare sig Sverige eller Norge, utan bara från andra länder.

Många av de icke namngivna arterna är förmodligen nya för vetenskapen, och det **borde** endast vara en tidsfråga innan dessa formellt beskrivs och får sina slutliga namn. Tyvärr kan det dock vara lättare sagt än gjort (se Diskussion). För de flesta av de obestämda arterna är 'kryptisk artbildning' det bakomliggande problemet. En kryptisk art "gömmar" sig i en grupp av två eller flera arter, som är genetiskt olika men utseendemässigt mycket lika varandra på grund av de ändå har ett gemensamt ursprung. Det vill säga att gruppens arter tillhörde från början en och samma art och divergerade (uppstod som separata arter) relativt nyligen, men de har ännu inte hunnit utveckla tydliga morfologiska skillnader mellan sig. De kan därför bara identifieras och separeras molekylärt; d.v.s. åtminstone tills vidare, eftersom vi taxonomer kan ju tidigare ha missat små skillnader som trots allt finns.

För dessa artkomplex (vi kallar dem ofta 'morfo-arter') finns ofta ett etablerat, morfologi-baserat artnamn, som alltså, och oavsiktligt, fått bredare innebörd än

vad det från början var tänkt. Namnet behöver helt enkelt definieras om till att bara avse den art som först blev beskriven med det aktuella namnet, och då behöver man tillgång till DNA från antingen artens ursprungliga material (=typmaterialet) eller material insamlat på nytt vid den första fyndplatsen (=typlokalen); först då kan man ganska säkert bestämma vilken av de kryptiska arterna som bör behålla namnet. Övriga arter i artkomplexet måste sedan ha egna unika namn, och eventuellt kan sådana finnas bland tidigare utpekade ”juniora synonymer” till det första namnet. Om inte, behövs helt nya artnamn. Vi har funnit flera sådana exempel i vårt material (gråmarkerade arter i **Bilaga 1**), och vi beskriver några fall mer detaljerat i Diskussion.

Vår lista upptar arter från följande ordningar, familjer och underfamiljer (ordningarna följer det nya system som föreslagits av Schmelz et al 2021):

- Ordning **Acanthobdellida** (borstiglar), familj **Acanthobdellidae**: 1 art
- Ordning **Branchiobdellida** (kräftiglar), familj **Branchiobdellidae**: 1 art
- Ordning **Crassiclitellata** (egentliga daggmaskar), familj **Benhamiidae**: 1 art [badrumsmaskar; två arter har dock rapporterats från Sverige (Erséus et al. 1994)]
- Ordning **Crassiclitellata**, familj **Lumbricidae** (lumbricider, ”europeiska daggmaskar”): 47 arter
- Ordning **Enchytraeida**, familj **Enchytraeidae** (småringmaskar): 334 arter
- Ordning **Enchytraeida**, familj **Propappidae** (svärdmaskar): 3 arter
- Ordning **Haplotaxida**, familj **Haplotaxidae**: 1 art
- Ordning **Hirudinida** (egentliga iglar), familj **Erpobdellidae** (hundiglar): 6 arter
- Ordning **Hirudinida**, familj **Glossiphoniidae** (broskiglar): 9 arter
- Ordning **Hirudinida**, familj **Hirudinidae** (käkiglar): 3 arter
- Ordning **Hirudinida**, familj **Piscicolidae** (fiskiglar): 8 arter
- Ordning **Lumbriculida**, familj **Lumbriculidae** (källmaskar): 16 arter
- Ordning **Tubificida**, familj **Naididae** (glattmaskar), underfamilj **Limnodriloidinae**: 2 arter
- Ordning **Tubificida**, familj **Naididae**, underfamilj **Naidinae**: 65 arter
- Ordning **Tubificida**, familj **Naididae**, underfamilj **Phallodrilinae**: 15 arter
- Ordning **Tubificida**, familj **Naididae**, underfamilj **Pristininae**: 13 arter
- Ordning **Tubificida**, familj **Naididae**, underfamilj **Rhyacodrilinae**: 14 arter
- Ordning **Tubificida**, familj **Naididae**, underfamilj **Tubificinae**: 63 arter

3.2 Uppladdade streckkodssekvenser

När varje individs sekvens var inordnad i ett av våra sekvenskluster för COI alternativt 16S kunde vi välja ut unika varianter av de olika markörerna inom respektive art.

Variationen i COI fick därefter fungera som referensram för urvalet av individer för sekvenseringen av de andra tre markörerna. Generellt för vårt material är att COI-streckkoden varierar mest, följt i fallande ordning av 16S, ITS2 och H3. Därför hade vi vid projektets slut, från ca 20 500 skandinaviska individer tagit fram sammanlagt 20 000 COI-sekvenser, 4 278 16S-sekvenser, 3463 ITS-sekvenser (ITS2, eller hela ITS-regionen), samt 3077 H3-sekvenser. Totala antalet unika varianter inom respektive

markör var dock lägre än dessa siffror. Inom varje art dominerar ofta en eller några få unika sekvenser, oavsett vilken markör det gäller.

De fyra streckkodsmarkörerna (COI, ITS, 16S, H3) för alla arterna, inklusive de sekvenser vi utvalt att representera hela inomartsvariationen (i tillämpliga fall), är uppladdade och blir inom kort allmänt tillgängliga på NCBI GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>), i databasen "Nucleotide". Hela COI-biblioteket är dessutom sökbar på Barcode of Life Data Systems – BOLD (<https://www.boldsystems.org>).

Uppladdade är totalt 15 237 streckkodssekvenser från 6 175 olika individer, fördelade över de 602 arterna i **Bilaga 1**.

De olika biblioteken innehåller

- 6 168 sekvenser (oftast 658 baspar) för COI,
- 3 604 sekvenser (oftast 313-497 baspar) för 16S,
- 2 870 sekvenser för ITS (ca 400-1200 baspar)*, och
- 2 595 sekvenser av H3 (oftast 328 baspar)

*För ITS-biblioteket gäller det sammanlagda antalet sekvenser för de tre kategorierna (1) hela ITS-regionen, (2) endast ITS1 (bara några få), och (3) endast ITS2.

3.3 Publicerade forskningsresultat

Under projektens gång har ett antal taxonomiska och specifika studier/översikter gällande gördelmaskar slutförts och publicerats internationellt. En fullständig lista över publikationerna (från 2019–2022) finns i **Bilaga 2**, men några resultat av särskild betydelse för arterna i vår skandinaviska artlista berörs kortfattat i det följande.

Bestämningsnyckel för arterna inom *Cognettia* (Enchytraeidae, småringmaskar). I släktet *Cognettia*, som döptes till "mårmaskar" (mår = en form av humus) i ett populärvetenskapligt TV-program i Finland 2015, finns åtta olika arter i Sverige, och alla dessa kan nu artbestämmas på sina morfologiska kännetecken, alltså inte endast genom streckkoder (Martinsson 2019).

Cognettia-arter är ytterst vanliga i barrskogsmark, myrar och sura vatten, och deras betydelse för miljön har studerats flitigt av markekologer, men när Svante Martinsson tog sig an deras genetiska och morfologiska variation inom ramen för sitt doktorand-projekt, visade det sig att två av tidigare endast fyra skandinaviska *Cognettia*-arter egentligen var (två) artkomplex, och ytterligare fyra arter, varav tre med nya namn, har därför nu tillkommit (Martinsson & Erséus 2014; Martinsson et al. 2015a-b 2018). Arbetet ledde dessutom till att Nomenklaturkommissionen (International Commission of Zoological Nomenclature, ICZN) beslutade att ge namnet *Cognettia* nomenklatoriskt företräde framför en äldre synonym (ICZN 2018).

Artavgränsningsarbeten. Vi har utrett delar av *Enchytraeus albidus*-komplexet, vanliga småringmaskar i havsstränder och komposter, definierat och beskrivit några av de ingående arterna, inklusive två nya för vetenskapen (Erséus et al. 2019). Men å andra sidan har vi visat att den stora genetiska variationen hos Sveriges största enchytraeid, *Fridericia magna* (**Figur 1E**), verkligen är inom arten, och inte ett tecken på kryptisk artbildning (Martinsson et al. 2020; se **Figur 4** ovan med tillhörande resonemang).

Nya fynd av daggmaskar i Sverige och Norge. Två lumbricider, *Helodrilus oculatus* (**Figur 1C**) och *Satchellius mammalis*, tidigare okända från Sverige och Norge, har rapporterats och dokumenterats genetiskt från flera lokaler i dessa länder (Martinsson et al. 2021).

Översiktsartiklar. Vi har medverkat till två översikter i en specialutgåva (Systematics and Diversity of Annelids) i tidskriften Diversity. Den ena ger en historisk resumé av forskningen kring molekylär avgränsning av arter inom gruppen gördelmaskar (Martinsson & Erséus 2021), den andra tar upp ringmaskars (inklusive gördelmaskars) anpassningar till liv i extrema vattenmiljöer (Glasby et al. 2021).

Indelningen av gördelmaskar i ”ordningar”. Som nämnts ovan i **Fakta-ruta 1**, deltog vi i arbetet med ett förslag till en ny indelning av gördelmaskarnas familjer i denna högre rang i det ”Linneanska” klassificeringssystemet (Schmelz et al. 2021).

Test av streckkoder på mask-DNA av sämre kvalitet. Vi erbjöd att testa våra streckkoder på 187 små gördelmaskar från isländska källor, men DNA-innehållet visade tydliga tecken på degenerering efter lång förvaring i rumstemperatur; COI-sekvensering fungerade för endast tre individer (Klinth et al. 2019). Med två kortare streckkoder för 16S (ca. 320 respektive ca. 70 baspar) kunde vi däremot bestämma ett 50-tal individer, med totalt 23 arter. Vi kunde också visa att 70 bp-streckkoden (även om den - med vår metodik - var svårare att sekvensera än den med 320 bp) klart skiljer ut alla dessa arter från varandra.

3.4 Artfakta, ArtDatabanken

En revision av systematiken för gördelmaskarna i ArtDatabankens Artfakta (tidigare Dyntaxa; <https://www.slu.se/dyntaxa/>) pågår. Hittills har vi gått igenom och uppdaterat den största av familjerna, Enchytraeidae. Direkt efter denna slutrapportering av projektet, kommer vi att gå vidare med alla andra grupper i samarbete med ArtDatabanken.

3.5 Bio-Blitzen i Skåne

Efter den intensiva expeditionen till östra Skåne i september 2020 erhöles användbara sekvenser (antingen COI eller 16S) från totalt 1 998 (99,9 %) av de 2 000 närmare undersökta maskarna. Streckkoderna jämfördes med hela vår databas för dessa markörer och de flesta av de nya sekvenserna kunde matchas med för oss antingen redan kända (men i många fall oidentifierade) arter. En mindre del av det alignade datasetet, samt ett utsnitt från Neighbor-Joining-trädet för de 1 998 COI-sekvenserna visas i **Figur 9** respektive **Figur 10**

Vi kunde urskilja 211 olika arter av gördelmaskar, av vilka 15 inte tidigare funnits med i vårt svenska material. En kunde morfologiskt identifieras som *Dero dorsalis* (Naididae), känd från Sverige i litteraturen, men ny för oss; en annan som *Fridericia semisetosa* (Enchytraeidae), vilken är ny för Sverige, men tidigare känd från Danmark m.fl. europeiska länder. Vi fann även nya kryptiska arter inom komplexen för *Achaeta danica*, *Enchytraeus buchholzi* och *Marionina argentea* (alla Enchytraeidae), och *Nais pseudobtusa* (Naididae) (de ingår alla i artlistan,

Bilaga 1). Ytterligare åtta enchytraeider och en naidid fanns i materialet, men ingen av dessa är ännu associerad med någon känd art.

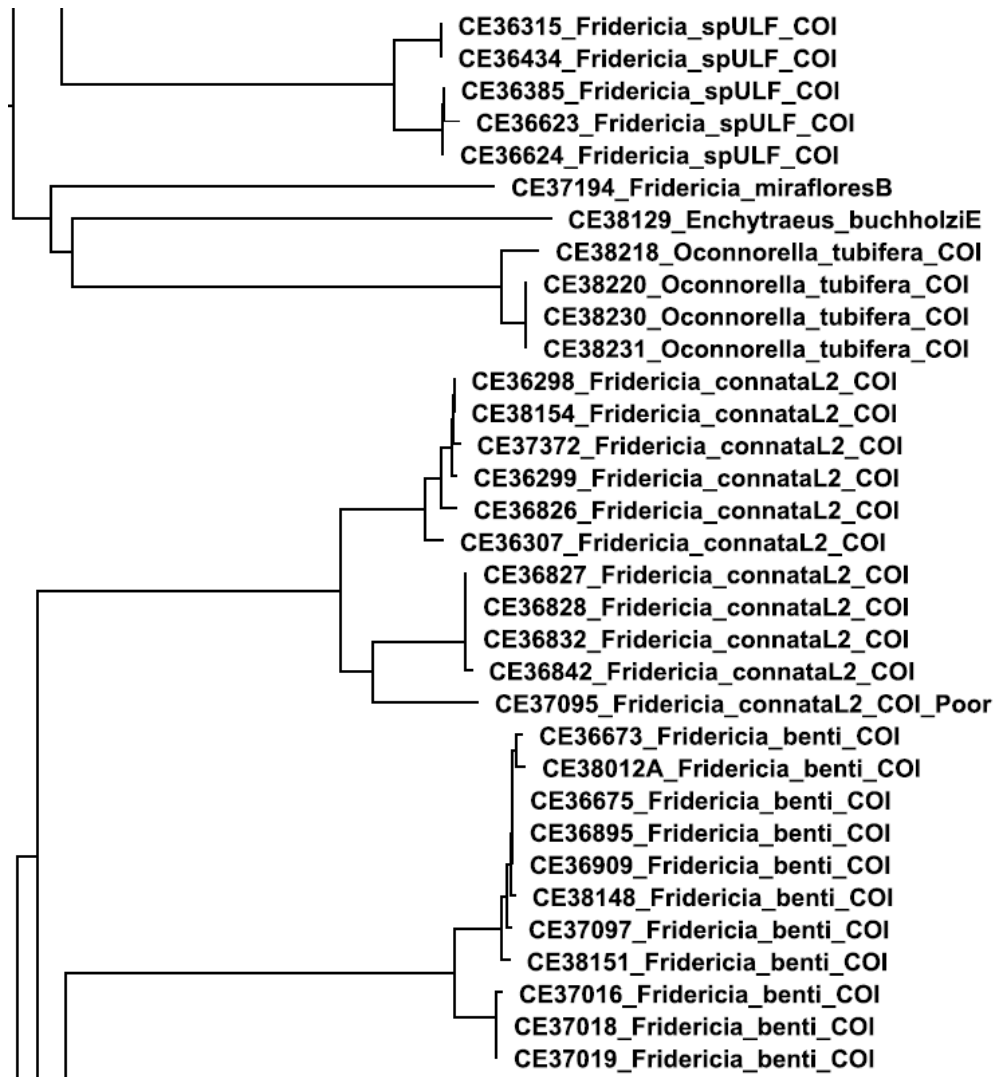
Särskilt intressant för artlistan som helhet är, att så många som 44 arter var-dera bara representerades av en enda individ bland de 1 998 maskarna i materialet. Detta antyder att artdiversiteten är mycket hög i området.

Bio-blitz-fynden är alla idag inlagda i Artportalen, hos ArtDatabanken (<https://www.artportalen.se/>).

Som en biprodukt, fick vi i Bio-Blitz-materialet även mikroskopiska arter inom Aeolosomatidae (7 oidentifierade arter) och Potamodrilidae [1 art, troligtvis *Potamodrilus fluviatilis* (Lastočkin, 1935)], två limniska annelidfamiljer ('polychaeter') som tillsammans utgör ordningen Aphanoneura. Dessa familjer har dock inte tagits med i våra bibliotek, men skulle efter vidare bearbetning kunna lägga till senare. De betraktades förr som udda grupper inom Oligochaeta/Clitellata, och är möjligen närbesläktade med, men troligen inte en del av, gördelmaskarna. *Potamodrilus fluviatilis* har inte rapporterats från Sverige tidigare; den påträffades nu i tre exemplar i Julebodaån, vid Blåherremölla, nära Maglehem (söder om Degeberga).



Figur 9. COI-streckkoder från Bio-Blitzen i Skåne 2002. En mindre del av alignmentet, som totalt omfattar 1 998 individuella sekvenser.



Figur 10. COI-streckkoder från Bio-Blitzen i Skåne 2002. Endast en liten del av Neighbor-Joining-trädet, som totalt omfattar 1 998 individuella sekvenser. Utsnittet visar klustren av sex olika arter, av totalt 211 arter. Arten i mitten (*Fridericia connata* L2 visar störst inomartsvariation bland de sex arterna.

4. Diskussion

4.1 Den svenska gördelmaskfaunan

I samband med starten av det Svenska Artprojektet, vid ArtDatabanken (SLU) 2002, gjorde en av oss (CE) en summering av de arter av gördelmaskar som ditintills hade rapporterats från Sverige. Den baserades på litteraturuppgifter och listade 225 arter. Sedan dess har vi, som framgår i denna rapport, mer än fördubblat den siffran (till 470 arter) genom ett omfattande insamlingsarbete under två decennier. En del av ökningen beror på upptäckten av den oväntat stora kryptiska artdiversiteten hos många av de nominella arterna, men vi har ändå 87 ytterligare, men tills vidare morfologiskt oidentifierade arter, som till stor del bör vara nya för Sverige. De senare kan delvis vara arter som redan är beskrivna i andra länder, men många, möjligen merparten, kan samtidigt vara nya för vetenskapen. Bio-blitzen i Skåne, som utfördes mot slutet av projektet, gav oss femton tidigare ej påträffade arter i Sverige, och de flesta av dessa har vi inte heller funnit i utländskt material. Att vi dessutom i vårt projekt funnit ytterligare, identifierade såväl som oidentifierade arter i grannländer, talar också för ett stort mörkertal när det gäller arter i Sverige.

Hur vanliga gördelmaskar är varierar stort i naturen. Det är lätt att påträffa t.ex. daggmaskarna *Lumbricus rubellus* (stor lövdaggmask, ett artkomplex) och *Bimastos rubidus* (liten dyngmask) i markförnan i så gott som hela Sverige, medan *Bimastos eiseni* fortfarande är känd endast från ett par platser i Skåne (Julin 1950; Klinth & Erséus 2017). Även om alla daggmaskar är relativt stora djur, är det svårt att finna en sällsynt sådan, men ännu svårare är det att upptäcka riktigt ovanliga mikroskopiska gördelmaskar. För småringmaskarna (Enchytraeidae), vår artrikaste familj, finns det gott om oidentifierade arter inom släktena *Achaeta*, *Cernosvito-viella*, *Enchytraeus*, *Fridericia*, *Lumbricillus* och *Marionina* i vårt material, och i ett flertal fall representeras en sådan av endast enstaka individer från en eller ytterst få lokaler. Sveriges geografiska läge betyder att vår artdiversitet för dessa släkten är en blandning av boreala arter, med tyngdpunkt i norra Skandinavien och motsvarande latituder i Finland och Ryssland, och mer sydliga arter som vi delar med de tempererade delarna av Europa. Det är uppenbart att det alltsedan inlandsisen krympte ihop över Norge och Sverige pågått en kontinuerlig invandring av både nordliga (från nordöst) och sydliga gördelmaskar (från både väst och söder), och det gäller generellt för alla grupper av gördelmaskar. Ett allt varmare klimat lär inte minska takten på denna invandring. Vår slutsats är att vi kan förvänta att tidigare okända arter kommer att fortsätta att dyka upp här och där, och att tidigare sällsynta arter blir vanligare i vårt land, samtidigt som strikt nordliga arter försvinner. Till detta kommer naturligtvis också risken att exotiska gördelmaskar, med eller utan ett direkt invasivt beteende får fotfäste i Skandinavien. Mer om detta i ett särskilt avsnitt nedan.

Var i Sverige finns då mörkertalet idag? Vi finner det troligt att framför allt (1) grundvatten (källor, brunnar, grottor), - gärna i kalkrika områden, (2) profundalen i stora och djupa sjöar (Vättern, Siljan, Storsjön, Hornavan, Torne träsk, m.fl.), och (3) högalpina terrestra habitat i västra Jämtland och Lappland gömmer arter som vi hitintills har missat. (4) Dessutom är de marina iglarna klart underrepresenterade i vårt material.

Det som talar för fler arter i svenska grundvatten är, att även om norra Europa inte kan mäta sig med artrikedomen i t.ex. karstområden längre söderut, har ändå några grundvattensarter redan lyckats att kolonisera delar av Norden efter istiden (t.ex. *Haplotaxis* sp. CEA, och några arter av *Trichodrilus*); denna artkategori är antagligen redan idag större, men grundvatten med de rätta förhållandena för maskarna är inte lätta att komma åt för provtagning. För djupa sjöar och den hög-alpina miljön kan ett liknande resonemang föras om en artrik och välstuderad fauna i nordöstra Europa, i synnerhet Karelen (med sjöar som Ladoga och Onega), men även delar av Arktis (nordligaste Ryssland). Några svenska arter verkar vara typiska även för dessa troliga ursprungsområden, t.ex. *Tatriella longiatriatus*, *Peipsidrilus saamicus*, *Lumbriculus variegatus* III. Den sistnämnda arten kan vara holarktisk, då den även finns på Grönland och i Nordamerika.

För limniska Hirudinida (egentliga iglar) och Acanthobdellida (borstiglar) täcker vårt material ganska väl den (svenska) fauna som är känd från litteraturen. Vi kunde dock inte sekvensera DNA från svenska individer för tre igelarter, men vilka istället fanns i det norska materialet. De marina iglarna, som hos oss alla är fiskiglar, är nästan omöjliga att finna utan tillgång till (helst levande) fisk av olika slag. Även här förbättrades situationen något av norskt material, och därmed har vi i alla fall en begynnande representation av Skandinavians del av Nordostatlantens fiskiglar. Återstående arter kommer förhoppningsvis att kunna läggas till med tiden.

Den enda kräftmask (Branchiobdellida) som vi lyckades finna i Sverige är *Xironoqiton victoriensis*, ektoparasit på i första hand signalkräfta. Vi kunde tyvärr inte studera material av flodkräftans motsvarighet, *Branchiobdella parasita*. På GenBank finns (november 2022) ett antal COI-sekvenser som sägs härröra från *B. parasita*. De är från fyra olika studier, och Österrike respektive Kroatien anges som insamlingsland för två av dem. Ingen av sekvenserna är dock av tillräckligt bra kvalitet (alltför många nukleotider är obestämda, s.k. ambiguiteter) för att fungera som referens för en distinkt art. GenBank-posterna kan möjligen vara en hopblandning av flera arter av kräftmaskar.

Otvivelaktigt kommer vi under kommande år få erfara att streckkodbiblioteken som nu etablerats i vårt projekt inte kommer att ge full täckning för alla arter som redan finns, eller kommer att etablera sig, i Sverige. Till en del borde andra streckkoder på GenBank, d.v.s. andra än våra, kunna ge matchningar som leder till identifierade nyupptäckter i vår fauna, men som kan vara fallet med kräftmask-exemplet är inte alltid GenBank-data primärt tänkta att tjäna som streckkoder för artidentifiering. Många sekvenser är inte ens bestämda till art, utan bara till en högre systematisk grupp. Vi hoppas därför att nya resultat av taxonomisk forskning och väldokumenterade (och korrekta) nya fynd av relevans för den skandinaviska faunan, kan finna en väg in i vår artlista och det system av validerade kopplingar mellan art och streckkoder, som vi avsett med vårt projekt.

4.2 Något om den norska faunan

Denna rapport fokuserar på de svenska arterna, men eftersom vår forskargrupp under 2011-2018 också deltog i en omfattande landstudie på gördelmaskar inom det Norska Artsprojektet (finansierat av Artsdatabanken, Trondheim), blev det naturligt att inkludera alla norska fynd i arbetet med streckkodbiblioteken. Det adderade många arter till vår lista. Norge delar som förväntat många arter med

Sverige (381 arter i vårt material), men det finns vissa principiella skillnader. De 82 gördelmaskar som Norge har men som inte påträffats av oss i Sverige är till en god del marina arter, och då främst inom enchytraeidsläktena *Lumbricillus* (16 arter) och *Marionina* (11 arter), samt naididsläktena *Clitellio* (2 arter) och *Tubificoides* (3 arter), som alla lever i tidvattenszonen. Flertalet av dessa norska strandarter tillhör troligen en nordlig fauna som inte når ner till den svenska västkusten. Även de marina iglarna tycks vara fler i Norge än i Sverige, men som ovan nämnts är nog detta delvis en effekt av svårigheten att insamla parasiter från fisk, och den norska havszonen är dessutom så mycket mer omfattande och djupare än den svenska.

I det terrestra materialet från båda länderna tenderar de mer sällsynta arterna av småringmaskar (enchytraeider) att vara representerade endast från antingen Norge eller Sverige, men det finns ju inget direkt stöd i våra data för att arten inte skulle finnas i även det andra landet. Samtidigt är det rimligt att förmoda att södra och östra Sverige har fler arter med affinitet till faunan i länderna på andra sida Östersjön än vad Norge har. För artkomplexet *Lumbricus rubellus* (stor lövmask) har vi emellertid sett ett intressant utbredningsmönster (Martinsson & Erséus 2017). *Lumbricus rubellus* CEA är den klart vanligaste arten, utbredd över hela den skandinaviska halvön, utom i riktigt hög terräng, och i ländernas södra delar lever den tillsammans med den mindre vanliga *L. rubellus* CEB. En tredje art, *L. rubellus* CEK, har vi bara påträffat på några lokaler i ett mycket smalt bälte längs norska Atlantkusten, från Rogaland till Nordland. Dess COI matchar inga andra kända sekvenser på GenBank, men vår hypotes är att arten är maritim och även finns i andra delar av Västeuropa. Sverige har en fjärde art, *L. rubellus* CEJ, funnen endast i fyra Upplands-kommuner norr om Stockholm. Den har troligen östligt ursprung.

För sötvatten är det dock tydligt att spridningen av s.k. ponto-kaspiska glattmaskar (särskilt släktet *Potamothrix*) ännu inte kommit lika långt i Norge som i Sverige. Dessa arter har sitt ursprung norr om Svarta havet, och deras spridning västerut över Europa är välkänd (t.ex. Milbrink 1999; Milbrink & Timm 2001). I Norge har man tills idag bara känt till *P. hammoniensis*, trots att ytterligare fyra-fem arter funnits i Sverige sedan decennier. Vi fann *P. hammoniensis* vid endast en lokal i vår norska studie, och den ligger paradoxalt nog i Bergen, längst ut i väster. Genom vårt projekt tillkommer nu två nya norska artfynd. Det ena är *P. bedoti* CEB från en sjö mycket nära svenska gränsen i sydöstra Norge. I Sverige är arten vanlig i Östersjölandskapen, men inte i Västsverige. Den andra arten är obeskriven (*P. sp.* CEA), men nära besläktad med *P. heuscheri*. Våra norska fynd av även denna art är begränsade till sydöstra Norge, men vi fann den i fem olika sjöar. Vi har arten från flera europeiska länder från södra Italien till en bra bit upp i Sverige (Dalarna), men den kan bara identifieras med hjälp av DNA.

Skillnaderna mellan Norges och Sveriges artsammansättning i vårt material ökar chansen för att direkt kunna matcha framtida fynd från ett av landen till en art som tidigare bara varit känd från det andra.

4.3 Artnamnen

Det faktum att en mycket stor andel av våra arter ännu inte har vetenskapliga namn är naturligtvis en brist, eftersom vi därmed tills vidare måste kommunicera dessa med preliminära beteckningar enligt Artlistan (**Bilaga 1**). De arter som dessutom är kryptiska (och här vill vi påminna: ...och som bäst benämns som

”arthypoteser”) är särskilt besvärande, då det oftast inte ännu varit möjligt att utse den rättmätige ägaren (bland de kryptiska arterna) till det nominella namnet, d.v.s. den art som ska få ”behålla” namnet som komplexet (morfoarten) hittills gått under. I några fall har vi dock redan lyckats med detta första steg. Det gäller två mårmaskar, *Cognettia sphagnetorum* och *C. glandulosa* (se Forskningsresultat ovan); stor daggmask, *Lumbricus terrestris* (James et al. 2010); och glattmasken *Limnodrilus hoffmeisteri* (Liu et al. 2017). Vi vet dessutom tack vare en molekyllär analys av Dózsa-Farkas & Felföldi (2017), exakt vilken av våra två kryptiska arter av *Achaeta bohemica*, som i strikt mening faktiskt är *A. bohemica*.

Det andra steget är att beskriva och finna gamla (bland tidigare använda synonymer till morfoartens nominella namn) eller nya namn (arten beskrivs som ny). Detta är genomfört för mårmaskarna och *L. terrestris*. Men eftersom vi i vår artlista har kryptiska arter för 68 olika artkomplex, återstår ett gigantiskt arbete, och det kommer att krävas insats från även andra specialister i världen, och tyvärr är dessa inte så många längre.

Till detta kommer också 145 helt oidentifierade arter, som till stor del bör vara nya för vetenskapen och i så fall kommer att kräva formella beskrivningar med vetenskapliga namn. Även här kommer insatser från flera kollegor att behövas. I de fall där vårt nuvarande fysiska material är torftigt, t.ex. med få och/eller endast juvenila individer, eller eventuellt dålig konservering, måste supplementärt material kanske insamlas först. Om vi har tur, kan även framtida uppladdningar (på GenBank) av streckkoder från korrekt identifierade maskar från annat håll, d.v.s. utanför vårt närområde, ge matchningar med någon eller några av våra idag okända arter.

Vi avser att fortsätta vårt samarbete med ArtDatabanken, så att vi kan kommunicera arterna (och deras namn/beteckningar) på ett standardiserat och så konsekvent sätt som möjligt i deras databas Artfakta. Preliminära namn på arter, som ju vi har många av, accepteras ej överhuvudtaget i många officiella databaser, t.ex. i föremålskataloger på vissa museer, vilket försvårar vår ambition att göra även de icke formellt namngivna arterna möjliga att följa inom t.ex. miljöövervakningen. Lyckligtvis har både GenBank och ArtDatabanken förståelse för detta. Visserligen kommer inte det preliminära namnet ha någon taxonomisk status i betydelsen ”tillgängligt namn”, och det är endast de sistnämnda som kan hanteras, t.ex. enligt prioritetsreglerna i den Internationella nomenklaturkoden för zoologi. Tills vidare ska vi dock i GenBank och i Artfakta kunna koppla ett preliminärt namn till en särskild ”specifier”, som i vårt fall bör vara en specifik DNA-streckkod. För våra fysiska referensexemplar (vouchrar) i t.ex. Naturhistoriska riksmuseets samlingar, kommer katalogposten för en individ med vårt preliminära artnamn ange ett namn på närmast kända högre nivå i den gängse klassifikationen, d.v.s. antingen med (1) endast släktesnamnet om detta är känt (ex. *Achaeta* sp., istället för *Achaeta* sp CEC), eller (2) det fortfarande använda namnet för en viss morfoart om denna är känd (ex. *Achaeta eiseni*, istället för *Achaeta eiseni* CEA). Samtidigt kommer en kommentar knytas till posten som i text förklarar att, t.ex. ”Erséus et al. 2023 [=denna rapport] refererar denna individ till det preliminära namnet *Achaeta eiseni* CEA”. Katalogposterna kan revideras senare, när formella artnamn i Nomenklaturkodens mening blivit tillgängliga.

4.4 Arternas biologi, ekologiska funktion och eventuella roll som miljöindikatorer

Den kommande publikation som omnämns i slutet av Metodik-avsnittet blir en annotering av vår artlista, art för art. Förutom att redogöra för artens taxonomi, utbredning med mera, är ambitionen att sammanställa uppgifter som säger något om varje arts habitatpreferenser, och då med fokus på maskar som kan fungera som indikatorarter för olika miljöförhållanden. Detaljerna kommer alltså senare, men något generellt kan sägas redan här.

Det finns en lång tradition att använda gördelmaskar som indikatorer för eutrofiering och miljögifter i limniska system, främst sjöar. Forskningen inom dessa områden var särskilt intensiv under den senare delen av 1900-talet, från ca 1960 och framåt, både i Nordamerika och Europa (t.ex., Aston 1973; Chapman et al 1982; Johnson et al. 1993), och även svenskar tillhörde pionjärerna (Wiederholm 1980; Milbrink 1973, 1983; Milbrink et al. 2002). Intresset för "oligochaeter" i svenska vatten var stort på den tiden men avtog senare inom miljöövervakningen, på grund av brist på taxonomisk kompetens för artbestämning och den höga kostnaden med att för hand sortera, identifiera och räkna de många individerna i varje prov. Med DNA-streckkodning försvinner dessa begränsningar till stor del. I några europeiska länder, t.ex. Nederländerna och Belgien, finns fortfarande klassisk kompetens, som agerar som konsulter för bestämning av gördelmaskar på artnivå i olika miljöbedömningar i akvatiska miljöer. I Schweiz arbetar man också redan med streckkoder, och har börjat bygga upp en schweizisk databas, motsvarande vår, för de limniska arterna av gördelmaskar (Vivien et al. 2015, 2017).

Två art-komplex bland glattmaskarna (Naididae), morfoarterna *Limnodrilus hoffmeisteri* s. lat., och *Tubifex tubifex* s. lat., hör till de typiska indikatorarterna för eutrofiering i sötvatten. Båda artkomplexen har världsvid utbredning, och vi vet genom vårt projekt att även många av de ingående kryptiska (d.v.s. genetiskt avgränsade) arterna inom respektive morfoart har spridits fram och tillbaka över jorden, och säkert ofta obemärkt med människans hjälp. För *Limnodrilus* har vår forskargrupp också kunnat visa att *L. hoffmeisteri*-komplexet verkligen är en samling av minst tio olika arter, varav fem redan är kända från Sverige (Liu et al. 2017). Vi finner det osannolikt att alla dessa skilda arter t.ex. skulle ha exakt samma miljöpreferenser eller reaktioner på miljögifter, men detta måste utforskas vidare.

För *Tubifex tubifex* är situationen mer förbryllande. Vi fann ett stort antal mitokondriella linjer i detta komplex när vi tog fram våra COI-streckkoder, och andra studier som översiktligt diskuteras av Erséus & Gustafsson (2009) har också påvisat stor variation i fysiologiska egenskaper (Anlauf 1994; Sturmbauer et al. 1999), kromosomförhållanden (Christensen 1980), och känslighet för parasitangrepp (Beauchamp et al. 2002), studier som alla stöder att det förekommit kryptisk artbildning inom *Tubifex tubifex*. Det märkliga är dock att våra nukleära streckkoder (ITS2 and H3) tydligt gav evidens för att ett betydande genflöde existerat i relativt närliggande tid mellan många av "mitokondrie-linjerna", och vi ser därför med våra streckkodsmetoder inte annat än ett mönster som talar för att *T. tubifex* bara består av två, genetiskt variabla, arter. Mellan dessa två ser vi inga tecken på hybridiseringar. Tills vidare skiljer vi således bara ut dem som potentiella "systerarter" (*T. tubifex* CEA och *T. tubifex* CEB). Ett rimligt alternativ till detta är ändå, att någon eller båda av dem utgör ett större komplex där det ingår flera

”små-arter”, som bildats genom hybridiseringar mellan tidigare sexuella arter, med inslag av polyploidi (kromosomdubbling) och asexualitet (t.ex. parthenogenes) som följd. De nämnda egenskaperna är nämligen välkända från *T. tubifex* sedan tidigare (t.ex. Christensen 1980), och studierna som exemplifierades i början av det här stycket antyder att det finns fler skillnader i biologiska och de ekofunktionella egenskaper än vad som rimligen kan rymmas inom endast två arter. Samtidigt bör noteras att om sexualiteten gått förlorad i utvecklingslinjerna, är det omöjligt att tillämpa ett traditionellt biologiskt artbegrepp. Allt detta lämnar vi nu över till framtida forskning.

Daggmaskarnas ekologi och användbarhet som indikatorarter är väldokumenterad, och vissa arter (*Lumbricus terrestris*, *Eisenia andrei/fetida*) är klassiska modellorganismer, som används flitigt i labexperiment inom t.ex. ekotoxikologi (Erséus & Gustafsson 2009). Mer generella ekologiska data för nordeuropeiska daggmaskar och deras användbarhet i miljöövervakning har diskuterats av Römbke et al. (2005). Det svenska jordbrukets effekter på daggmaskar har studerats av bl.a. Lofs-Holmin (1982, 1986) och Lagerlöf et al. (2002, 2012).

För de terrestra enchytraeidernas värde som miljöindikatorer är litteraturen inte lika ymnig, men det finns översikter om arternas generella användbarhet i ekologisk klassificering av jordtyper (Graefe & Schmelz 1999; Jänsch et al 2005; Rota et al. 2014) och deras reaktioner på kemisk stress (Didden & Römbke 2001; Rota et al. 2013).

4.5 Inhemska, främmande eller invasiva arter?

Det finns otaliga exempel på akvatiska och terrestra gördelmaskar som har en mer eller mindre världsvid utbredning, men även om vissa arter i litteraturen fått epitetet ”kosmopolitiska” är de ändå begränsade av sina temperaturpreferenser. Det vill säga att de mest spridda arterna inom de boreala till tempererade zonerna på norra halvklotet (där de flesta har sitt ursprung) har ofta också tagit sig till motsvarande zoner på södra halvklotet, men de finns inte däremellan. Detta gäller till exempel ”europeiska daggmaskar”, ett uttryck som ibland används som en synonym till Lumbricidae. Egentligen är det endast en mindre grupp lumbricider, som med människans hjälp tagit sig från Europa till sydliga delar av Sydamerika, Sydafrika och Australien/New Zealand, men i ännu högre grad till Nordamerika. Den sistnämnda kontinenten har samtidigt några egna inhemska arter av lumbricider som har fått fäste i Europa. De vi i norra Europa kallar våra inhemska arter, är alla invandrade efter senaste nedisningen förstås, och typiskt för dem är att de troligtvis finns här på grund av att de är anpassningsbara opportunister, som gärna följer med människors transporter av jord och växter, och dessutom är duktiga på att migrera vidare i markterrängen. Det är rimligt att anta att spridningen norrut för många arter gått hand i hand med jordbrukets utveckling i Norden. Det innebär också att många av våra svenska arter nu samtidigt finns i Nordamerika, Asien och på södra halvklotet. Endemiska arter av Lumbricidae med tydligt begränsad utbredning i Europa finns framför allt i områden söder om Alperna som inte varit nedisade under våra senaste glaciärperioder.

I motsatt riktning sprids andra daggmaskarter från främst tempererade och subtropiska områden till resten av världen, dock utan nämnvärd framgång så långt norrut som i Skandinavien, där klimatet ändå tills vidare tycks sätta gränser. Vi har under projektets gång påträffat några få sådana arter. *Dendrobaena veneta*, tigermask, är en lumbricid, ursprungligen från Kaukasus-området vid den sydliga gränsen mellan Europa och Asien; namnet tigermask kan dock även inkludera våra vanliga kompostmaskar. *Dendrobaena veneta* har införts för att odlas och säljas som agn till sportfiskare överallt i Norden. Utan tvekan har många av dessa maskar hamnat i naturen, men inom projektet har vi endast påträffat arten i det fria på en enda lokal i Sverige. Vi fann en livskraftig population i en frilandskompost av ensilage och löv, på en gård i Norrbotten, och endast 5 km från platsen där ett företag hade odlat arten under 25 år. Vi fann också två exemplar i Norge, båda krypande på parkeringsplatser, men ca. 1000 km ifrån varandra. Arten betraktas som invasiv i flera länder, men antingen klarar inte *D. veneta* av vintern hos oss, eller så är den inte konkurrenskraftig nog mot våra inhemska daggmaskar. Den har uppenbarligen inte etablerat sig på särskilt många ställen i Sverige och Norge.

Vi har dock i Sverige ett par exotiska arter inom släktet *Dichogaster*, i en annan daggmaskfamilj (Benhamiidae, av vissa betraktad istället som en underfamilj Benhamiinae inom Acanthodrilidae), som under 1980–90-talen började dyka upp i människors badrum i flera nordeuropeiska länder. De kan uppenbarligen leva och fortplanta sig i avloppssystem, och kommer fortfarande nu och då uppkrypande ur vattentoaletter och golvbrunnar, även i Sverige (Erséus et al. 1994, Erséus 1995). Dessa ”badrumsmaskar” utgör ingen känd fara, varken för människor eller VVS-systemen, och även svenska lumbricider hittar ibland in i bostäder på detta sätt. Rapporterna, som främst är associerade med stora byggnader i svenska städer, har åtminstone till oss minskat på senare tid, och oss veterligen har *Dichogaster* inte påträffats utomhus i vårt land. Vår slutsats är att dessa arter också tills vidare är icke-invasiva.

Dendrobaena hortensis och *Dendrobaena* sp. CEB har vi hittat sporadiskt i växthus, komposter både utomhus och inomhus, och i trädgårdsplanteringar, i både Sverige och Norge. *Dendrobaena hortensis* fann vi även i ett daggmaskprov från en övergiven, men mycket stor, utomhuskompost på Svalbard (Coulson et al 2013a, b). Den senare arten tycks ingå i stort komplex av små *Dendrobaena*-arter, troligen med ursprung i östra Medelhavsområdet, och vi fann *D. sp. CEB* även i en spansk trädgård, i barkmull ovanpå markduk, och i ett mycket liknande habitat, en buskplantering i importerad barkmull, i Bohuslän, var samma art talrik vid två provtagningstillfällen med 12 månader (och en vinter) emellan. Vid en kontroll ytterligare ett år senare var populationen dock inte kvar längre.

Några lumbricider i vår fauna är ”europeiska” arter som nog anlände till Sverige från Centraleuropa relativt sent, eftersom de vid 1950-talets mitt antingen bara var kända från några få lokaler i södra Sverige (Julin 1950), eller inte kända alls, men som idag förekommer med en stor spridning i Norden. *Octolasion cyaneum* (blå daggmask) är en stor blek eller svagt blåaktig daggmask. Julin (1950) fann den bara på några få orter i Sverige, trots att han undersökte material från hundratals lokaler i hela landet. The norske annelidspecialisten Støp-Bowits (1969) fann arten på fem spridda lokaler, som ”ny för Norge”. Under 2010-talet och framåt, hittade vi i vårt projekt med lätthet *O. cyaneum* på Julin’s fyra ställen, plus på ytterligare ett 20-tal platser i Sverige och 22 orter i Norge (vissa i Nordnorge). Vi fann den t.ex. nära bebyggelse i fjällbjörkskog i båda länderna. Ett annat exempel

är en liten centraleuropeisk lumbricid-art, *Dendrobaena attemsi*, som upptäcktes i Sverige i mitten på 1990-talet (Rota & Erséus 1997); i Norge var den då okänd. Idag visar vår inventering att *D. attemsi* är vanlig på många ställen i magra barr- eller lövskogar i båda länderna. Längs Norges västkust är den särskilt vanlig i bergig terräng, där andra daggmaskarter inte tycks trivas lika bra. Under mildare vinterperioder, men där snö fortfarande täcker marken, uppträder arten ibland i stort antal uppe på snön (**Figur 11**). "Snömaskarnas" beteende tror vi är ett exempel på den vandringslust som tycks drabba vissa daggmaskar nu och då i samband med nederbörd, och vi är ganska övertygande om att *D. attemsi* kommer att bli alltmer vanlig i Skandinavien.

Frågan är dock fortfarande om någon av de nämnda lumbricidarterna verkligen idag är att betrakta som invasiva i ordets negativa mening. I Australien och andra utomeuropeiska länder är *O. cyaneum* och andra europeiska daggmaskar dock klassade som invasiva (Martinsson et al. 2015c). Det är naturligtvis möjligt att de exempel från Skandinavien som vi tagit upp här, om t.ex. klimatet förändras till deras fördel, kan skapa icke önskvärda effekter även i vår landmiljö.



Figur 11. "Snömaskar", d.v.s. i detta fall *Dendrobaena attemsi* (Lumbricidae), på ytan av snö, mer än 400 m över havet, på berget Rundemanen i Bergen, april 2015 (Karstein Erstad, foto).

I icke-tropiska sötvatten råder ett tillstånd, där endemiska (strikt inhemska) arter, i den mån de finns överhuvudtaget, ofta är väl blandade med en generell världsvid fauna. Våra streckkods-studier visar att de vitt spridda arterna oftast verkligen är samma arter på olika platser på jorden, och detta gäller delvis även efter att vi började upptäcka fenomenet kryptiska arter. *Limnodrilus hoffmeisteri*-komplexet (se ovan), t.ex., består av minst tio kryptiska arter varav vi har fem i Sverige, och fyra av dessa finns också i minst en annan världsdel, och bara två av de övriga fem arterna är endast kända från ett land vardera. Denna generella mix av arter tycks

inte påverkas mycket av de många spridningshändelser som måste ligga bakom, oavsett om de har varit före eller efter människans tid på jorden. Vi kan dock förstå att vissa ursprungligen exotiska arter har kommit till Sverige i ganska sen tid, många av dessa är nordamerikanska arter som troligen nått Europa via ballastvatten (Vivien et al. 2020). Även här är det för tidigt att avgöra om etableringar av dessa relativt nytillkomna gördelmaskar har miljönegativa effekter i våra limniska system eller inte.

För marina arter, finns många exempel på sentida interkontinental spridning och etablering, speciellt bland de glattmaskar (Naididae) som föredrar bräckt vatten. I Sverige gäller detta framför allt arter av *Tubificoides* (Kvist et al. 2010) och *Paranais* (Erséus et al. opublicerad information). Troligen är även här ballastvatten ett viktigt transportmedium.

Som sammanfattning, även om vi inte har några direkt alarmerande exempel på invasiva gördelmaskar just idag, kan dock DNA-streckkodning bli en viktig metod för ”early warnings”, närhelst en okänd – eller möjligen ökad – masksekvens dyker upp i vår miljö.

4.6 Streckkodsbiblioteken och framtiden

Det vi levererar från projektet nu är tänkt att kunna utnyttjas under lång tid framöver. För varje enskild art har vi strävat efter att täcka upp så mycket som möjligt av den variation som varit möjlig att observera, genom att ladda upp ett antal unika sekvensexempel på GenBank/BOLD. Detta för att minska risken för att tidigare okända genvarianter av en viss art visar sig ligga så långt bort ifrån de varianter vi laddat upp i GenBank/BOLD, att brukaren felaktigt tolkar den nya varianten som tillhörande en helt annan, tidigare okänd art (se det fiktiva fallet i **Figur 8** med tillhörande text ovan).

Vi måste acceptera att ett bibliotek med referensstreckkoder aldrig kan bli mer än en skrapning på ytan av all den totala genetiska diversitet som finns i en större organismgrupp. Men det är värdefullt att fånga upp nya delar av denna variation, närhelst sådan information påträffas, och vi vill pusha för ambitionen att fortsätta utredningen av tidigare oidentifierade såväl som nytillkommande arters taxonomi (nomenklatur och klassificering) och biologi (inklusive eventuella roller som bioindikatorer).

Vi har här givit exempel på klyschan, att ”arter inte känner till några politiska gränser”. Vår fauna, inte bara när det gäller gördelmaskar förstås, befinner sig i ett kontinuum av en mer eller mindre världsvid artspool. I den finns många arter kapabla att sprida sig kors och tvärs, och i synnerhet när vi människor, oftast omedvetet, ger dem god assistans. Om uppvärmningen av jorden inte kan hejdas i tillräcklig utsträckning, kommer naturligtvis Sverige liksom andra länder få erfara stora förändringar i sin fauna. Det är stor risk för att opportunister, något som t.ex. vanliga gördelmaskar ofta är, lyckas utmanövrera mer snävt anpassade arter. Detta kan i ökande grad bidra till lägre artdiversitet i ekosystem som vi tidigare sett som en stabil tillgång i vårt naturarv.

Å andra sidan, finns det i andra europeiska länder fortfarande många arter som i en föränderlig värld skulle kunna berika vår fauna, kanske höja vår artrikedom. Vad vi behöver är möjligheten att följa faunan på högupplöst taxonomisk nivå, men också att lära oss mer om nyckelarterna, både de som själva förändrar

ekosystemen och de som snarare indikerar sakernas tillstånd i miljön. Sverige har fortfarande stora områden som inte tas i anspråk för bebyggelse eller intensiv matproduktion, och som därför kan ge landet en roll som refugium för arter som hotas av utrotning i t.ex. sydligare delar av Europa. DNA-streckkodning kan ge oss stora möjligheter att följa denna utveckling, men då måste vi också fortsätta att utveckla referensdata av god kvalitet för allt fler arter, och inte bara för dem som redan finns här i norr idag.

En önskvärd och rimlig fortsättning på vår specifika satsning på en svensk referensdatabas skulle därför vara att uppmuntra till liknande initiativ i övriga Europa. Andra länder kan inventera den genetiska informationen i sina närområden, kanske som en direkt tillbyggnad på det vi gjort, där ju utländskt material redan blivit en viktig del. Förhoppningsvis kommer streckkodning tas med i kommande EU-direktiv gällande miljöövervakningen, och då borde man ha som slutmål att gemensamt referensbibliotek för hela unionen.

När vi nu lämnar över resultatet av det som vi arbetat med under två decennier, är det samtidigt svårt att inte bekymra sig över allt det vi aldrig fick tid och resurser att utreda färdigt. Som grupp tvingas vi nu att dra ner betydligt på vårt forskningsarbete. De yngre av oss (MK och SM) har redan gått över till andra anställningar/uppgifter, och CE har redan varit pensionär i flera år. Vi vill ändå avsluta vår rapport med några tankar och konkreta idéer.

Datavärdskap. En databas måste ha en värd, och vi menar att GenBank (och BOLD Systems för COI) är lämpliga värdar för våra streckkodssekvenser, åtminstone tills vidare. Systemen är världsomfattande, långsiktiga, taxonomiskt vältäckande (många typer av organismer samlade på samma ställe) och mycket användbara för sökningar av genetisk information. De används därför av i princip alla som sysslar med praktiska tillämpningar av DNA-streckkodning; åtminstone när det gäller djur. Men i den enorma mängd av data som idag finns på GenBank, finns också ett stort antal sekvensposter (ofta av gammalt datum) som inte har tillräcklig hög kvalitet och pålitlighet, när det gäller taxonomisk identifiering, fall av kontaminerade sekvenser, sekvenser med stor ambiguitet i nukleotiderna, otillräcklig annotering om ursprung, etc.

Alla dessa poster ligger kvar och skapar ibland förvirring och osäkerhet i den praktiska användningen av GenBankdata, om ingen bemödar sig om att antingen förbättra informationen eller, om det överhuvudtaget är möjligt, radera helt felaktiga poster. Som det fungerar nu, tillåter GenBank bara att den som en gång lagt in en post, får också ändra i den, d.v.s. man får kontakta GenBank och be dem att göra en viss specificerad ändring. GenBanks personal kan själva ibland påpeka fel, om de upptäcker sådana, men de tycks inte direkt ha möjlighet att radera poster på eget initiativ, och bra är väl kanske det. Här ser vi främst att det åligger oss, som skapat och laddat upp mycket data, att ta ansvar för att det rensas upp på lämpligt sätt. I det långa loppet, borde emellertid även efterkommande specialister – med rätt taxonomisk kompetens – kunna få möjlighet att medverka till sådana revideringar.

Vi anser att både GenBank och BOLD kan fortsätta att vara globala förvaringsplatser för gendata även i framtiden. BOLD Systems är dessutom direkt skraddarsytt för de artspecifika streckkoderna. Man rekommenderar, och har rutin för att ta emot, bildbevis på vouchrarnas utseende, och man är noggrann med tillhörande metadata. Dessutom gör BOLD liksom GenBank nu och då egna kontroller, där streckkoder bl.a. jämförs med varandra så att t.ex. eventuella felaktigheter i anno-

teringen avslöjas. Vi har själva fått ett par sådana påpekanden, och då har det gällt förväxling av vilken art som hängde ihop med den ena eller andra sekvensen. Problemet är nog ändå resursbrist, och brist på taxonomisk expertis för alla de olika organismer det kan handla om.

Därför, på sikt, och särskilt om nya referensdata skapas för allt större geografiska områden och med fler länder inblandade, borde man kanske skapa decentraliserade databaser, särskilt utformade att erbjuda högkvalitativa referensstreckkoder för identifiering av så många av arterna som möjligt i området. Till en sådan databas. säg på EU-nivå, skulle man kunna knyta en eller flera expertpaneler av taxonomer, vars främsta uppgift skulle vara att tillse att endast streckkodsposter av tillräcklig kvalitet, oavsett om de importerats från GenBank eller är helt nya, hamnar i den europeiska databasen.

Taxonomins utmaningar. Denna kommentar handlar specifikt om gördelmaskar, men är nog tillämpbar för många grupper av organismer.

Som läget ser ut för våra GenBanks-bibliotek idag, är det en stor frustration och utmaning i att så många skandinaviska arter fortfarande saknar tydlig taxonomisk identitet (formell beskrivning och vetenskapligt namn). Vi har visserligen själva genomfört och publicerat ett antal studier, relevanta i sammanhanget, men utan dem hade problemet bara varit ännu större. För de många arter och släkten som återstår att reda ut, hann vi under våra senare år av genetisk kartläggning (d.v.s. våra många individer och streckkoder) bara med att initiera det som behöver göras, och tyvärr står nu vår forskargrupp inför sin upplösning. CE är sedan länge pensionär, och måste använda ett par slutår för att avveckla sin taxonomiska forskning, vilket inbegriper stort arbete med att rädda ej färdigstuderade samlingar och opublicerade DNA-data till eftervärlden, genom överlämning till yngre kollegor eller åtminstone till museer, som kan bevara materialet för framtidens taxonomer. Medarbetarna MK och SM har idag andra anställningar med nya arbetsuppgifter, och utan särskild finansiering är det också svårt för dem att fortsätta som de taxonomiska specialister de idag är. Vi har alla tre kontakter med möjliga, utländska samarbetspartners, som sagts sig vilja medverka till slutförandet av några av våra påbörjade revisioner av artkomplex. Detta ger ett visst hopp, men på det stora hela är antalet praktiserande personer inom vårt forskningsområde idag en tynande skara. Äldre försvinner, men yngre fyller inte på i samma utsträckning. Detta är ett problem som stora delar av systematiken har, och det kan få negativa konsekvenser för den fortsatta utvecklingen av DNA-metoder inom t.ex. miljöövervakningen. DNA-baserad identifiering av arter kan ju endast utföras om det finns kända streckkoder som referens.

Ett kompletterande förslag. Parallellt med gördelmaskarbetet, har vi under årens lopp insamlat och analyserat DNA från annelidgruppen Aphanoneura, d.v.s. familjerna Aeolosomatidae och Potamodrilidae (se Resultat, Bio-Blitzen i Skåne). Preliminärt rör det sig om ett 20-tal arter i vårt material. Arterna, av vilka många tycks ha världsvid utbredning, är alla mikroskopiska men vanliga tillsammans med limniska gördelmaskar, och deras DNA kan påträffas i nära nog alla limniska miljöer i Sverige. Gruppens taxonomi kan inte utredas utan genetiska data, men sådana är få och dåligt annoterade på GenBank idag. Våra data skulle därför bli värdefulla för miljöövervakningen såväl som för en framtida revision av hela gruppen, om de görs tillgängliga på GenBank. För detta krävs dock ett mindre finansiellt stöd.

4.7 Sammanfattning av förslag

Vi är mycket tacksamma till Naturvårdsverket, som gav oss förtroende att få bidra med vårt kapital av genetiska data, och hoppas att våra referensbibliotek inte bara ska utnyttjas, utan också kompletteras och vidareutvecklas framöver. Vi vill därför avsluta med följande förslag.

Vi rekommenderar Naturvårdsverket att, inom ramen för Sveriges fortsatta satsning på tillämpningen av DNA-streckkoder i miljöövervakningen, verka för:

1. ... att särskilt utvecklade referensbibliotek inte stelnar till endast en statisk produkt, utan att de kan allokeras en mindre resurs (ex. deltid för en taxonomisk specialist) som möjliggör kontinuerlig utveckling av biblioteken. Det kan gälla addering av nya arter och sekvenser, revideringar av taxonomin (avseende nomenklatur, artavgränsning, klassificering), samt vid behov korrigeringar av felaktigheter. Förslaget om att lägga upp data även för *Aphanoneura* ovan skulle kunna ingå i detta ansvar.
2. ... att taxonomisk kompetens ges fortsatt och gärna ökat utrymme och stöd i utvecklingen av miljöövervakningen i Sverige. Med det menar vi bl.a. att taxonomisk forskning bör kunna betraktas som samhällsnyttig, och inte endast definieras som nyfikenhetsbaserad grundforskning. Och även om taxonomers drivkraft ofta är nyfikenhet, och många därför t.o.m. arbetar ideellt med artbeskrivningar m.m., är det inte lätt ens för forskare vid universitet och museer att få de resurser som dagens molekylärsystematiska metoder kräver. Särskilt med tanke på den dåliga återväxten inom systematiken idag är utvecklingen bekymmersam, och mer eller mindre direkt även för miljöövervakningen.
3. ...att initiativ som syftar till att koppla samman streckkodsbibliotek över landgränserna i (åtminstone) Europa får uppmuntran och stöd. Ett steg på vägen kunde vara att utnyttja det samarbete som ArtDatabanken i Sverige, Norge och nu även Finland utvecklar alltmer, där landsstudier som de vi fick möjlighet att utföra i Sverige-Norge har uppenbara synergieffekter.

5. Tack

Många har bidragit till att detta projekt kunde genomföras, och vi vill först och främst tacka Naturvårdsverket, och särskilt nämna Gunilla Ejdung, Kari Stange och projektets följare, Ola Inghe, för deras kompetenta stöd och administrativa hantering under hela projektiden (2019–2022).

Vi tackar också alla medlemmarna i referensgruppen, i synnerhet för deras värdefulla engagemang och uppmuntran i samband med uppstarten av projektet: Malin Strand, Lena Gustavsson, Martin Liungman, Stine Svalheim Markussen, Endre Willassen, och Erik Årnfelt.

Projektet bygger på ett omfattande material, som delvis insamlades och bearbetades under en lång period innan 2019. Vårt stora tack går därför till ett mycket stort antal personer (listade nedan) utan vars hjälp vårt arbete inte hade blivit så heltäckande som det faktiskt blev. Tack alla Ni som hjälpt till med fältarbete, laboratoriearbete, insamling på egen hand för vår räkning, och Ni som generöst donerat material från Er forskning eller konsultverksamhet, eller hanterat och katalogiserat våra tusentals referensexemplar i museisamlingar vid Naturhistoriska riksmuseet, och Universitetsmuseerna i Bergen och Trondheim, och till sist även ni som försett oss med foton av relevans för projektet:

Adrian Pinder, Aina Maerk Aspaas, Ainara Achurra, Akifumi Ohtaka, Aleksander Bielicki, Andrew Mackie, Angelica Ardehed, Alessandro Montanari, Alessandro Prantoni, Alexander Bår, Anna Ansebo, Anna-Stina Ögren, Emelie Lindqvist, Anders Boström, Anders Holm, Anita Sjöstrand, David Karlsson, Inger Elfman Börjesson, Annette Bergter, B. Reboreda Rivera, Bente Eriksen, Bethanie Carney Almroth, Brenda Healy, Bronwyn Williams, Caroline Rhodén, Cecilia Wenntrup, Cene Fišer, Charles Olsson, Charlotte Calmerfalk, Christofer Karlsson, Christopher Perman, Claes Domack, D. Templeman, Daniel Gustafsson, Daria Kramer, Per Sundberg, David Fenwick, David Steinmann, David Templeman, Dennis Kallert, Diego Fontaneto, Egil Boräng, Egil Karlsbakk, Eivind Oug, Elias Hornborg, Elise Eriksson, Emilia Rota, Endre Willassen, Eva-Britt Elinsdotter, Olle Adolfsson, Fransisco Sylvester, Giuseppe Nicolosi, Göran Frisk, Gry Sagebakken, Håkan Wallin, Hallvard Haanes, Hanna Saarikoski, Herbert Jelinek, Andreas Schmidt-Rhaeza, Hong-zhu Wang, Inger-Lise Kvaale, Inger Alsos, Jan Soors, Jana Schenkova, Janne Lundin, Jan-Erik Svensson, Jeff Brown, Jens Hemming, Jeoung Hee Lee, Jiri Schlaghamerský, Joachim Sturve, Joacim Näslund, Johan Höjesjö, Johan Holmberg, Johan Wingborg, Johanna Hansson, Jon Anders Kongsrud, Markus Lundgren, Jörg Rombke, Karstein Erstad, Karstein Hårsaker, Kate Michelsen, Kennet Lundin, Maria Lindström, Kerry Elliott, Klaudia Cebulska, Laima Bagdonaite, Lars Förlin, Jari Parkkonen, Lars Frisé, Laszlo Molnar, Lee Knight, Lena Gustavsson, Leyla Arsan, Stephen Atkinson, Lina Yngström, Linnea Rosio, Lars Malmenstal, Lisa Erséus, Lisa Matamoros, Anders Nilsson, Marco Bodon, Markus Majaneva, Magdalena Zarowiecki, Magnus Johansson, Marcus Svensson, Maria Baturina, Maria Lindström, Mark Wetzell, Martin Liungman, Ragnar Bergh, Martin Skarsvåg, Mattias Fritzon, Mehrshad Taheri, Mikaela Sandgathe, Mike Dempsey, Monica Amorim, Nicholas Bekkouche, Marcus Svensson, Nichlas Staberg, Oskar Jonsson, Per Hjelmstedt, Pär Lindström, Per-Ola Hoffsten,

Peter Samsson, Phil Smith, Pierre De Wit, Pilar Rodriguez, Richard Marchant, Sabine Stöhr, Sam James, Sara Eliason, Sara Hornborg, Sebastian Kvist, Sharmishtha Dattagupta, Staszek Cios, Piotr Swiatek, Alexander Bielecki, Joanna Cichocka, Stefan Lundberg, Steve Coulson, Stephen Fend, Tarmo Timm, Ted von Proschwitz, Thomas Cedhagen, Tina Kutti, Thomas Dahlgren, Ton van Haaren, Tor Karlsson, Torbjørn Ekrem, Trond Bremnes, Trond Knapp Haraldsen, Tryggve Persson, Ulf Gärdenfors, Urban Olsson, Yingkui Liu, och Yongde Cui.

Under de tidigare åren hade vi finansiellt stöd (olika perioder) från Svenska Artprojektet/ArtDatabanken, Norska artprojektet/Artsdatabanken (Trondheim), Vetenskapsrådet, FORMAS, Adlerbertska forskningsstiftelsen, och Kungliga vetenskaps- och vitterhetssamhället i Göteborg.

6. Källhänvisning

- Anderson, F.E., Williams, B.W., Horn, K.M., Erséus, C., Halanych, K.M., Santos, S.R., & James, S.W. 2017. Phylogenomic analyses of Crassieclitellata support major Northern and Southern Hemisphere clades and a Pangean origin for earthworms. *BMC Evolutionary Biology* 17:123 <https://doi.org/10.1186/s12862-017-0973-4>
- Anlauf, A., 1994. Some characteristics of genetic variants of *Tubifex tubifex* (Müller, 1774) (Oligochaeta, Tubificidae) in laboratory cultures. *Hydrobiologia* 278: 1-6.
- Aston, R. 1973. Tubificids and water quality. *Environmental Pollution* 5:1-10.
- Beauchamp, K.A., Gay, M., Kelley, G.O., El-Matbouli, M., Kathman, R.D., Nehring, R.B. & Hendrick, R.P. 2002. Prevalence and susceptibility of infection to *Myxobolus cerebralis*, and genetic differences among populations of *Tubifex tubifex*. *Diseases of Aquatic Organisms* 51: 113-121.
- Bienert, F., De Danieli, S., Miquel, C., Coissac, E., Poillot, C., Brun, J.J., et al. 2012. Tracking earthworm communities from soil DNA. *Molecular Ecology* 21: 2017–2030.
- Blouin, M., Hodson, M.E., Delgado, E.A., Baker, G., Brussard, L. et al. 2013 A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science* 64: 161-182.
- Brinkhurst, R.O. (1982). British and Other Marine and Estuarine Oligochaetes. *Synopses of the British Fauna*. 21: 1-127.
- Chapman, P.M., Farrel, M.A. & Brinkhurst, R.O. 1982. Relative tolerances of selected aquatic oligochaetes to combinations of environmental factors. *Aquatic Toxicology* 2:69-78.
- Christensen, B. *Animal cytogenetics 2: Annelida*. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart. 1980
- Coulson, S.J., Fjellberg, A., Gwiazdowicz, D.J., Lebedeva, N.V., Melekhina, E., N., Solhøy, T., Erséus, C., Maraldo, K., Miko, L., Schatz, H., Schmelz, R.M., Søli, G., & Stur, E. 2013a. Introduction of invertebrates into the High Arctic via imported soils: the case of Barentsburg in the Svalbard. *Biological Invasions* 15: 1-5. doi: 10.1007/s10530-012-0277-y
- Coulson, S.J., Fjellberg, A., Gwiazdowicz, D.J., Lebedeva, N.V., Melekhina, E., N., Solhøy, T., Erséus, C., Maraldo, K., Miko, L., Schatz, H., Schmelz, R.M., Søli, G., & Stur, E. 2013b. The invertebrate fauna of the anthropogenic soils in the High Arctic settlement of Barentsburg; Svalbard. *Polar Research* 32, 19273 <http://dx.doi.org/10.3402/polar.v32i0.19273>
- De Quieroz, K. 2007. Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology* 56: 879-886.
- Didden, W. & Römbke, J. 2001. Enchytraeids as indicator organisms for chemical stress in terrestrial ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 50: 25-43.

- Dózsa-Farkas, K. & Felföldi, T. 2017. Comparative morphological and molecular taxonomic study of six *Achaeta* species (Clitellata: Enchytraeidae) with the description of a new *Achaeta* species from Kőszeg Mountains, Hungary. *Zootaxa* 4273 (2): 177–194. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4273.2.2>
- Epp L.S., Boessenkool, S., Bellemain, E., Haile, J., Esposito, A., Riaz, T., Erséus, C., Gusarov, V., Edwards, M.E., Johnsen, A., Stenoien, H.K., Hassel, K., Kausrud, H., Yoccoz, N.G., Bråthen, K.A., Willerslev, E., Taberlet, P., Coissac E. & Brochmann, C. 2012. New environmental metabarcodes for analysing soil DNA: potential for study in past and present ecosystems. *Molecular Ecology* 21(8): 1821-1833.
- Erséus, C. 1994. The Oligochaeta. In Taxonomic atlas of the Santa Maria Basin and western Santa Barbara Channel. Vol. 4 - The Annelida Part 1. Oligochaeta and Polychaeta: Phyllodocida (Phyllodocidae to Paralacydoniidae) (eds. J.A. Blake & B. Hilbig): 5-38. Santa Barbara Museum of Natural History, Santa Barbara, California.
- Erséus, C. 1995. Daggmaskar i badrum - nya inslag i faunan. *Fauna och Flora*, Stockholm 90: 34-39.
- Erséus, C., 2005. Phylogeny of oligochaetous Clitellata. *Hydrobiologica* 535/536: 357-372.
- Erséus, C. 2018. Svenska gördelmaskar (Clitellata) och DNA streckkodning – En rapport om kunskapsläget. [In Swedish]. Report commissioned by the Swedish Environmental Protection Agency. 60 pp. Available online at: <https://gup.ub.gu.se/publication/267238>
- Erséus, C. & Gustafsson, D. 2009. Cryptic speciation in clitellate model organisms. In: Dan Shain (Ed.), *Annelids in modern biology*: 31-46. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
- Erséus, C., Klinth, M.J., Rota, E., De Wit, P., Gustafsson, D.R., & Martinsson, S. 2019. The popular model annelid *Enchytraeus albidus* is only one species in a complex of seashore white worms (Clitellata, Enchytraeidae). *Organisms Diversity & Evolution*, 19(2), 105-133.
- Erséus, C., Omodeo, P. & Rota, E. 1994. First records of the allochthonous species *Dichogaster saliens* and *D. bolau* (Oligochaeta: Octochaetidae) from Sweden. *Megadrilogica* 6(2):17-20.
- Erséus, C., Williams, B.W., Horn, K.M., Halanych, K.M., Santos, S.R., James, S.W., Creuzé des Châtelliers, M., & Anderson, F.E. 2020. Phylogenomic analyses reveal a Paleozoic radiation and support a freshwater origin for clitellate annelids. *Zoologica Scripta* 49: 614-640. <http://dx.doi.org/10.1111/zsc.12426>
- Glasby, C.J., Erséus, C. & Martin, P. 2021. Annelids in extreme aquatic environments: diversity, adaptations and evolution. *Diversity* 13, 98. <https://doi.org/10.3390/d13020098>
- Graefe, U. & Schmelz, R.M. 1999. Indicator values, strategy types and life forms of terrestrial Enchytraeidae and other microannelids. *Newsletter on Enchytraeidae* 6: 59-67.

- ICZN 2018. Opinion 2423 (Case 3689) – *Cognettia* Nielsen & Christensen, 1959 (Annelida, Oligochaeta, Enchytraeidae): conditional precedence given over *Euenchytraeus* Bretscher, 1906 and *Chamaedrillus* Friend, 1913. – The Bulletin of Zoological Nomenclature 75: 279–281. <http://dx.doi.org/10.21805/bzn.v75.a060>
- James, S.W., Porco, D., Decaëns, T., Richard, B., Rougerie, R. & Erséus, C. 2010. DNA Barcoding reveals cryptic diversity in *Lumbricus terrestris* L., 1758 (Clitellata): resurrection of *L. herculeus* (Savigny, 1826). PLoS ONE 5 (12): e15629.
- Johnson, R.K., Wiederholm, T. & Rosenberg, D.M. 1993. Freshwater biomonitoring using individual organisms, populations and species assemblages of benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. (eds), Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall.
- Julin, E.R. 1950. De svenska daggmaskarterna. Arkiv för Zoologi, Uppsala 42 (17): 1-58.
- Jänsch, S., Römbke, J. & Didden, W. 2005. The use of enchytraeids in ecological soil classification and assessment concepts. Ecotoxicology and Environmental Safety 62: 266-277.
- Klinth, M. & Erséus, C. 2017. Klättrande daggmaskar bifångst i Malaisefällor. Fauna och Flora 112 (2): 27-31.
- Klinth, M.J., Kreiling, A.-K. & Erséus, C. 2019. Investigating the Clitellata (Annelida) of Icelandic springs with alternative barcodes. Fauna Norvegica 39: 119-132. <https://doi.org/10.5324/fn.v39i0.3043>
- Kvist, S., Sarkar, I. N. & Erséus, C. 2010. Genetic variation and phylogeny of the cosmopolitan marine genus *Tubificoides* (Annelida: Clitellata: Naididae: Tubificinae). Molecular Phylogenetics and Evolution 57: 687-702.
- Lagerlöf, J., Goffre, B. & Vincent, C. 2002. The importance of field boundaries for earthworms (Lumbricidae) in the Swedish agricultural landscape. Agriculture, Ecosystems & Environment 89: 91-103.
- Lagerlöf, J., Pålsson, O. & Arvidsson, J. 2012. Earthworms influenced by reduced tillage, conventional tillage and energy forest in Swedish agricultural field experiments. Acta Agriculturae Scandinavica, Sect B – Soil & Plant Science 62: 235-244.
- Lammers, Y., Clarke, C.L., Erséus, C., Brown, A.G., Edwards, M.E., Gielly, L., Hafliadason, H., Mangerud, J., Rota, E., Svendsen, J.E. & Alsos, I.G. 2019. Clitellate worms (Annelida) in late-glacial and Holocene sedimentary DNA records from the Polar Urals and northern Norway. Boreas 48: 317-329. <https://doi.org/10.1111/bor.12363>
- Lofs-Holmin, A. 1982. Influence of agricultural practices on earthworms (Lumbricidae). Acta Agriculturae Scandinavica 33: 225-234.
- Lofs-Holmin, A. 1986. Occurrence of eleven earthworm species (Lumbricidae) in permanent pastures in relation to soil-pH. Swedish Journal of Agricultural Research 16: 161-165.
- Liu, Y.K., Fend, S.V., Martinsson, S. & Erséus, C. 2017. Extensive cryptic diversity in the cosmopolitan sludge worm *Limnodrilus hoffmeisteri* (Clitellata, Naididae). Organisms Diversity and Evolution 17: 477-495.

- Martinsson, S. 2019. A morphology-based identification key to the *Cognettia* species of the world (Clitellata: Enchytraeidae). *Soil Organisms* 91 (2): 37-43.
<http://dx.doi.org/10.25674/so911103>
- Martinsson, S., & Erséus, C. 2014. Cryptic diversity in the well-studied terrestrial worm *Cognettia sphagnetorum* (Clitellata: Enchytraeidae). *Pedobiologia* 57: 27-35.
- Martinsson, S., Cui, Y.-D., Martin, P.J., Pinder, P., Quinlan, K., Wetzel, M. J. & Erséus, C. 2015c. DNA-barcoding of invasive European earthworms (Clitellata: Lumbricidae) in south-western Australia. *Biological Invasions* 17: 2527-2532.
doi:10.1007/s10530-015-0910-7
- Martinsson, S., & Erséus, C. 2017. Cryptic speciation and limited hybridisation within *Lumbricus* earthworms (Clitellata: Lumbricidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 106: 18-27.
- Martinsson, S. & Erséus, C. 2021. Cryptic Clitellata: Molecular species delimitation of clitellate worms (Annelida): an overview. *Diversity* 13, 36.
<https://doi.org/10.3390/d13020036>
- Martinsson, S., Klinth, M. & Erséus, C. 2018. A new Scandinavian *Chamaedrillus* species (Clitellata: Enchytraeidae), with additional notes on others. *Zootaxa* 4521: 417-429. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4521.3.7>
- Martinsson, S., Klinth, M. & Erséus, C. 2020. Testing species hypotheses for *Fridericia magna*, an enchytraeid worm (Annelida, Clitellata) with great mitochondrial variation. *BMC Evolutionary Biology* 20, 166.
<http://doi.org/10.1186/s12862-020-01678-5>
- Martinsson, S., Klinth, M. & Erséus, C. 2021. Distribution and genetic diversity of two earthworms, *Helodrilus oculatus* and *Satchellius mammalis* (Clitellata: Lumbricidae) in Scandinavia. *Fauna Norvegica* 41: 1-14.
<https://doi.org/10.5324/fn.v41i0.38744>
- Martinsson, S., Rota, E., & Erséus, C. 2015a. Revision of *Cognettia* (Clitellata, Enchytraeidae): re-establishment of *Chamaedrillus* and description of cryptic species in the *sphagnetorum* complex. *Systematics and Biodiversity* 13: 257-277.
- Martinsson, S., Rota, E., & Erséus, C. 2015b. On the identity of *Chamaedrillus glandulosus* (Michaelsen, 1888) (Clitellata, Enchytraeidae), with the description of a new species. *ZooKeys* 501: 1-14 doi: 10.3897/zookeys.501.9279
- Milbrink, G. 1973. On the use of indicator communities of Tubificidae and some Lumbriculidae in the assessment of water pollution in Swedish Lakes. *Zoon* 1: 125-139.
- Milbrink, G. 1983. An environmental index based on the relative abundance of oligochaete species. *Hydrobiologia* 102: 89-97.
- 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* Vejdovský & Mrázek, 1903 in the Baltic Sea region. *Hydrobiologia* 463: 93-102.

- Milbrink, G., Timm, T. & Lundberg, S. 2001. Indicative profundal oligochaete assemblages in selected small Swedish lakes. *Hydrobiologia* 468: 53-61.
- Pansu, J., De Danieli, S., Puissant, J., Gonzalez, J.-M., Gielly, L., Cordonnier, T., et al. 2015. Landscape-scale distribution patterns of earthworms inferred from soil DNA. *Soil Biology and Biochemistry* 83: 100–105.
- Ratnasingham, S. & Hebert, P. D. N. 2007. BOLD: The Barcode of Life Data System (www.barcodinglife.org). *Molecular Ecology Notes* 7: 355-364.
- Rota, E., Caruso, T. & Bargali, R. 2014. Community structure, diversity and spatial organization of enchytraeids in Mediterranean urban holm oak stands. *European Journal of Soil Biology* 62: 83-91.
- Rota, E., Caruso, T., Monaci, F., Baldatoni, D., De Nicola, F., Iovieno, P. & Bargali, R. 2013. Effects of soil pollutants, biochemistry communities in urban and suburban holm oak stands. *Environmental Pollution* 179: 268-276.
- Rota, E. & Erséus, C. 1997. First record of *Dendrobaena attemsi* (Michaelson) (Oligochaeta, Lumbricidae) in Scandinavia, with a critical review of its morphological variation, taxonomic relationships and geographical range. *Annales zoologici fennici* 34: 89-104.
- Römbke, J., Jänsch, S. & Didden, W. 2005. The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 62: 245-265.
- Saitou, N.; Nei, M. 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*. 4 (4): 406–425. doi:10.1093/oxfordjournals.molbev.a040454
- Schmelz R.M, Collado R. 2010. A guide to European terrestrial and freshwater species of Enchytraeidae (Oligochaeta). *Soil Organisms* 82: 1-176.
- Schmelz, R.M., Erséus, C., Martin, P., Van Haaren, T. & Timm, T. 2021. A proposed order-level classification in Oligochaeta (Annelida, Clitellata). *Zootaxa* 5040: 589-597. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5040.4.9>
- Shain, D.H. (ed.) 2009. *Annelids in modern biology*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey. 359 pp
- Sims, RW, and Gerard, BM. 1985. *Earthworms: Keys and notes for the identification and study of the species* (Brill: London).
- Sturmbauer, C., Opadiya, G.B., Niederstätter, H., Riedmann, A. & Dallinger, R. 1999. Mitochondrial DNA reveals cryptic oligochaete species differing in cadmium resistance. *Molecular Biology and Evolution* 16: 967-974.
- Støp-Bowitz, C. 1969. A contribution to our knowledge of the systematics and zoogeography of Norwegian earthworms (Annelida Oligochaeta: Lumbricidae). *Nytt Magazin for Zoologi* 17: 169-280.
- Timm T. 2009. *A guide to the freshwater Oligochaeta and Polychaeta of Northern and Central Europe*. Lauterbornia Vol. 66. Dinkelscherben: Erik Mauch Verlag.
- Wiederholm, T. 1980. Use of benthos in lake monitoring. *Journal of Water Pollution Control Federation* 52: 537-547.

Vivien, R., Holzmann, M., Werner, I., Pawlowski, J., Lafont, M., & Ferrari, B.J.D. 2017. Cytochrome c oxidase barcodes for aquatic oligochaete identification: development of a Swiss reference database. PeerJ 5: e4122.

Vivien, R., Lafont, M., Lods-Crozet, B., Holzmann, M., Apothéoz-Perret-Gentil, L., Guigoz, Y. & Benoit, J.D. 2020. The Foreign Oligochaete Species *Quistadrilus multisetosus* (Smith, 1900) in Lake Geneva: Morphological and Molecular Characterization and Environmental Influences on its Distribution. Biology 9(436): 1-17.
<https://doi.org/10.3390/biology9120436>

Vivien, R., Wyler, S., Lafont, M. & Pawlowski, J. 2015. Molecular barcoding of aquatic oligochaetes: implications for biomonitoring. PLoS ONE 10(4): e0125485.

Bilaga 1

Lista över alla arter av gördelmaskar (fylum Annelida, klass Clitellata) som är representerade i projektets streckkodsbibliotek

Kommentarer till tabellen. Efter en primär indelning i två huvudgrupper, Hirudinea och den inte lika naturliga gruppen "Oligochaeta" (se **Faktaruta 1** i huvuddokumentet), är arterna i listan organiserade efter Ordning, Familj och Art.

För att kunna särskilja även de oidentifierade eller potentiellt kryptiska arterna i denna lista har vi för många av våra genetiskt avgränsade arter använt oss av provisoriska namn, som avslutas med ett suffix av formen CEA, CEB osv. Suffixet består av projektledarens initialer (CE) följt, i de flesta fall, av en bokstav (A, B, C...), vilket skapar en unik kombination tillsammans med ett redan befintligt artnamn (d.v.s., en känd morfoart som förmodas vara ett artkomplex; ex. *Erpobdella nigricollis* CEA och *Erpobdella nicricollis* CEB) eller endast ett släktesnamn (d.v.s., inte ens morfoarten är känd; ex. *Glossiphonia* sp. CEA).

I två fall följs bokstäverna CE av initialer för andra författare, vars uppfattning om artens identitet har tolkats av oss. Det första gäller *Achaeta bohemica* CENC, där NC står för Nielsen & Christensen (1959) vilka uppenbarligen inte hade *Achaeta bohemica* (Vejdovský, 1879) s.str. som underlag för sin nybeskrivning av "A. bohemica". Det andra fallet gäller *A. danica* CEKDF, där KDF är Klara Dózsa-Farkas initialer som här relaterar till en publikation av Dózsa-Farkas & Felföldi (2017), där författarna i en molekylär studie fann två kryptiska former av morfo-arten "A. danica". De två författarna (Dózsa-Farkas & Felföldi) kunde dock inte avgöra vilken av dessa som borde vara *A. danica* Nielsen & Christensen, 1959 s. str. En jämförelse med deras Genbank-data visade att vi har samma två former i vårt material, och en av dessa fann vi t.o.m. på artens typlokal, d.v.s. den plats i Danmark där Nielsen & Christensens ursprungligen fann den; denna form har vi valt att kalla *A. danica* CEA, medan den andra formen har fått suffixet CEKDF.

Formatet på våra nya (CE-) suffix är i enlighet med BOLD Systems regler, och det går nu att söka upp dem på de i listan nedan givna kombinationerna i både BOLD och GenBank.

Övriga suffix (t.ex. A, B, I, II, VIII, A1A2, A4, L1, L2) syftar på provisoriska artbeteckningar som redan tidigare etablerats i BOLD, och då antingen med hänvisning till genetiska arter definierade i olika av oss (i forskargruppen) publicerade studier, eller som troligen är fallet med L1, L2, ... (= Lineage 1, Lineage 2, ...) till distinkta streckkodscluster där upphovspersonerna (andra än vi) egentligen inte tagit ställning till eventuell artstatus för var och en.

Oavsett utformning syftar suffixen i vår artlista alltid på olika potentiella arter, inte på underarter eller populationer. Syftet har alltså varit att tills vidare möjliggöra kommunikation även avseende arter som ännu inte blivit formellt beskrivna; inklusive kryptiska arter inom olika artkomplex och för vilka den exakta nomenklaturen ännu ej är utredd.

Kolumnen "Auktor" avser författare till och publiceringsår för originalbeskrivningen av arten. Här ska noteras att denna upplysning (som tekniskt sett är en del av varje vetenskapligt artnamn) sätts antingen utan eller med parentes efter själva namnet för arten; artnamnet är "binomialt", det består av två delar, släktesnamnet följt av artepitetet. Om parentesen saknas för auktor, som gäller för t.ex. *Grania maricola* Southern, 1909, vet man att arten (eller mer specifikt art-epitetet *maricola*) redan i Southern's originalbeskrivning blev placerad i släktet *Grania*. För ett annat exempel, *Grania postclitellochaeta* (Knöllner, 1935) gäller också att arten idag anses tillhöra *Grania*, men i detta fall hade Knöllner ursprungligen beskrivit den som *Michaelsena postclitellochaeta*, d.v.s. inte som en medlem av *Grania* utan som en medlem av ett annat släkte. Om en arts upphovsperson är satt inom parentes vet man således att arten inte nu längre klassificeras under sitt ursprungliga släktesnamn. Om arten vid ett senare tillfälle av någon anledning blir återförd till sitt första släkte, tas parentesen bort. Bruket av detta format regleras av de internationella nomenklaturreglerna inom zoologin.

Landskod anger landet där individerna som ligger till grund för sekvenserna i referensbiblioteket är insamlade. Primärt kommer individerna från Sverige=SE eller Norge=NO, men i vissa fall saknas sekvenserade individer från dessa länder, och då anges i stället andra ursprungsland för de uppladdade sekvenserna: BE=Belgien, CZ=Tjeckien, DE=Tyskland, DK=Danmark, EE=Estland, ES=Spanien, FR=Frankrike, GB=Storbritannien, IT=Italien, NL=Nederländerna, SI=Slovakien, US=USA.

Artkomplex med kryptiska arter är gråmarkerade. Inom komplexet upprepar vi den första auktors namn för alla provisoriska arter i komplexet i fråga, men om arterna senare blir formellt beskrivna och får egna artnamn, kan detta äldsta namn bara gälla för en av arterna. I fallet *Limnodrilus hoffmeisteri* Claparède, 1862 har det fastlagts att detta namn endast bör gälla formen "*hoffmeisteri* IX" (Liu et al., 2017; för mer information, se huvuddokumentet).

I artlistan finns fem kolumner som ger uppgift om i vilken miljö respektive art är (mest) knuten till. Miljöerna är klassade som Terrestra (Ter), Limniska ytvatten (Lim), Grundvatten (Grv), Marina, sublittoral botten (med relativt hög salthalt; Mar), och Brackvatten inklusive tidvattenszonen (med relativt låg eller varierande salthalt; Brv). Notera att många arter är gränsöverskridande i övergångar mellan dessa miljöer, i synnerhet Ter/Lim, Lim/Brv, och Lim/Grv. De sublittoral marina arterna är mer specifikt specialiserade till havet, men kan förekomma i den nedre tidvattenszonen om salthalten där är tillräckligt hög.

Under rubriken Noteringar längst till höger finns i tillämpliga fall en referens ("2018:") till tidigare använda provisoriska namn/artbeteckningar inom projektet. Referensen gäller en kunskapsrapport till Naturvårdsverket som fortfarande är tillgänglig online (Erséus, 2018; <https://gup.ub.gu.se/publication/267238>).

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
Hirudinea										
Acanthobdellida										
Acanthobdellidae										
<i>Acanthobdella peledina</i>	Grube, 1851	1				1				På laxfiskar
Branchiobdellida										
Branchiobdellidae										
<i>Xironogiton victoriensis</i>	Gelder & Hall, 1990	1				1				På signalkräfta
Hirudinida										
Erpobdellidae										
<i>Dina lineata</i>	(Müller, 1774)	1				1				
<i>Erpobdella monostrciata</i>	(Lindenfeld & Pietruszynsk, 1890)		1			1				
<i>Erpobdella nigricollis</i> CEA	(Brandes, 1899)	1				1				2018: <i>Erpobdella cf. nigricollis</i>
<i>Erpobdella nigricollis</i> CEB	(Brandes, 1899)		1			1				
<i>Erpobdella octoculata</i>	(Linnaeus, 1758)	1	1			1				
<i>Erpobdella testacea</i>	(Savigny, 1822)	1				1				
Glossiphoniidae										
<i>Alboglossiphonia papillosa</i>	Braun, 1805	1	1			1				
<i>Batracobdella paludosa</i>	(Carena, 1824)	1	1			1				
<i>Glossiphonia complanata</i>	(Linnaeus, 1758)	1	1			1				
<i>Glossiphonia concolor</i>	(Apáthy, 1888)	1				1				
<i>Glossiphonia</i> sp. CEA			1			1				
<i>Glossiphonia verrucata</i>	(Müller, 1844)	1				1				
<i>Helobdella stagnalis</i>	(Linnaeus, 1758)	1	1			1				
<i>Hemiclepsis marginata</i>	(Müller, 1774)	1				1				Ibland på fiskar och groddjur
<i>Theromyzon tessulatum</i>	(Müller, 1774)	1	1			1				På andfåglar

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
Hirudinidae										
<i>Haemopsis elegans</i>	(Moquin-Tandon, 1846)			DE		1				
<i>Haemopsis sanguisuga</i>	(Linnaeus, 1758)	1	1			1				
<i>Hirudo medicinalis</i>	Linnaeus, 1758	1	1			1				På groddjur och däggdjur
Piscicolidae										
<i>Calliobdella lophii</i>	Van Beneden & Hesse, 1863		1				1			På marulk
<i>Calliobdella nodulifera</i>	(Malm, 1863)		1				1			På torsk- och plattfiskar
<i>Johanssonia arctica</i>	(Johansson, 1898)		1				1			På marina fiskar
<i>Notostomum cyclostoma</i>	Johansson, 1898	1					1			På rötsimpa
<i>Notostomum laeve</i>	Levinsen, 1882		1				1			På hälleflundra
<i>Piscicola geometra</i>	(Linnaeus, 1758)	1				1				På sötvattensfiskar
<i>Platybdella anarrhichae</i>	(Diesing, 1959)		1				1			På havskatt
<i>Pontobdella muricata</i>	(Linnaeus, 1758)	1	1				1			På rockor
"Oligochaeta"										
Crassiclitellata										
Benhamiidae										
<i>Dichogaster</i> sp. CEA		1				1				Införd i avlopp. 2018: som två olika arter <i>D. bolau</i> och <i>D. saliens</i>
Lumbricidae										
<i>Allolobophora chlorotica</i> L1	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1			1				Vanlig i kalkrik jord, till Hudiksvall vid norrlandskusten
<i>Allolobophora chlorotica</i> L2	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1			1				Vanlig i kalkrik jord, men bara i Götaland och Svealand
<i>Allolobophora chlorotica</i> L3	(Savigny in Cuvier, 1826)	1				1				Sällsynt, bara ett fynd (Sydvästra Skåne)
<i>Allolobophora chlorotica</i> L4	(Savigny in Cuvier, 1826)	1				1				Sällsynt, bara ett fynd (Uppland)

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Aporrectodea caliginosa</i> L1	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1		1					Ovanlig, och bara i kustnära delar av Götaland
<i>Aporrectodea caliginosa</i> L2	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1		1					Vanlig i hela landet
<i>Aporrectodea caliginosa</i> L3	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1		1					Vanlig i hela landet
<i>Aporrectodea caliginosa</i> L6	(Savigny in Cuvier, 1826)	1			1					Sällsynt gäst? Ett fynd i Jönköping
<i>Aporrectodea icterica</i>	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1		1					Sydlig nykomling, under spridning i sydvästra Skandinavien
<i>Aporrectodea limicola</i>	(Michaelsen, 1890)	1	1		1					Ovanlig, i flodbankar, Bohuslän och Västergötland
<i>Aporrectodea longa</i>	(Ude, 1885)	1	1		1					Vanlig, till Jämtland
<i>Aporrectodea rosea</i> L1	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1		1					I fuktig jord, ganska vanlig, till Jämtland
<i>Aporrectodea rosea</i> L2	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1		1					I fuktig jord, vanlig, till Västerbotten
<i>Aporrectodea rosea</i> L3	(Savigny in Cuvier, 1826)	1			1					I fuktig jord, bara funnen på två lokaler i Södermanland
<i>Aporrectodea rosea</i> L4	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1		1					I fuktig jord, vanlig, till Jämtland/Ångermanland
<i>Aporrectodea rosea</i> L5	(Savigny in Cuvier, 1826)			DE	1					
<i>Aporrectodea trapezoides</i> L1	(Dugés, 1828)	1	1		1					Sällsynt gäst? Funnen på kyrkogård i Göteborg
<i>Bimastos eiseni</i>	(Levinsen, 1884)	1			1					Mkt sällsynt, men livskraftig population lokalt i Skåne
<i>Bimastos parvus</i>	(Eisen, 1874)	1			1					I växthus, ej sedd i naturen
<i>Bimastos rubidus</i>	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1		1					Vanlig i hela landet. 2018: uppdelad i <i>B. norvegicus</i> , <i>B. subrubicundus</i> och <i>B. tenuis</i>
<i>Dendrobaena attemsi</i>	(Michaelsen, 1902)	1	1		1					Ovanlig, i Sydsverige, men täta populationer, under spridning? 2018: <i>D. attemsi</i> [form 1]

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Dendrobaena hortensis</i>	(Michaelsen, 1890)	1	1		1					Ovanlig, i växthus och komposter, kosmopolit
<i>Dendrobaena octaedra</i> L1	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1		1					Vanlig i hela landet, inklusive fjällen
<i>Dendrobaena octaedra</i> L2	(Savigny in Cuvier, 1826)		1		1					
<i>Dendrobaena veneta</i>	(Rosa, 1886)	1	1		1					Odlas som agn för sportfiske, mycket sällsynt i naturen
<i>Dendrobaena</i> sp. CEA		1	1		1					Ovanlig, i sydvästra Sverige, ev under spridning? 2018: <i>D. attemsi</i> [form 3 (SVE)]
<i>Dendrobaena</i> sp. CEB		1	1		1					Sällsynt, på västkusten, ev under spridning? 2018: <i>D. attemsi</i> [form 2 (sp 2)]
<i>Eisenia andrei</i>	Bouché, 1972	1	1		1					Vanlig i hela landet, ev på väg att konkurrera ut <i>E. fetida</i>
<i>Eisenia fetida</i>	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1		1					Sällsynt i Sydsverige, ovanlig i Norrland, till Norrbotten
<i>Eiseniella tetraedra</i>	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1			1				Vanlig i hela landet (även i fjällen)
<i>Helodrilus oculatus</i>	Hoffmeister, 1845	1	1			1				Sällsynt, känd från 5 sydsvenska åar
<i>Lumbricus castaneus</i>	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1		1					Vanlig i hela landet
<i>Lumbricus festivus</i>	Savigny in Cuvier, 1826	1	1		1					Mindre vanlig, Sydsverige till Gästrikland
<i>Lumbricus herculeus</i>	Savigny in Cuvier, 1826	1	1		1					Sydlig, under spridning i Sydsandinavien
<i>Lumbricus rubellus</i> CEA	Hoffmeister, 1845	1	1		1					Mycket vanlig i hela Skandinavien. 2018: <i>Lumbricus rubellus</i> [form A (1)]
<i>Lumbricus rubellus</i> CEB	Hoffmeister, 1845	1	1		1					Ovanlig och bara sporadiskt spridd till Norrland. 2018: <i>Lumbricus rubellus</i> [form B (2)]

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Lumbricus rubellus</i> CEJ	Hoffmeister, 1845	1			1					Östlig art? Bara känd från Uppland (men flera lokaler). 2018: <i>Lumbricus rubellus</i> [form J (3)]
<i>Lumbricus rubellus</i> CEK	Hoffmeister, 1845		1		1					Västlig art? Bara känd från väst-Norge. 2018: <i>Lumbricus rubellus</i> [form K (6)]
<i>Lumbricus rubellus</i> L4	Hoffmeister, 1845	1			1					Sällsynt endast från en lokal på västkusten
<i>Lumbricus rubellus</i> L5	Hoffmeister, 1845			DE	1					
<i>Lumbricus terrestris</i>	Linnaeus, 1758	1	1		1					Vanlig i större delen av Sverige, under spridning i Norrland
<i>Octolasion cyaneum</i>	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1		1					Ovanlig 1950 (Sydsverige), nu spridd, bl.a. i fjällen
<i>Octolasion lacteum</i> CEA	(Örley, 1881)	1			1					Mindre vanlig, till Hälsingland. 2018: <i>Octolasion lacteum</i> [form 1]
<i>Octolasion lacteum</i> CEB	(Örley, 1881)	1			1					Sällsynt, en lokal i Hälsingland. 2018: <i>Octolasion lacteum</i> [form 2]
<i>Octolasion tyrtaeum</i> CEA	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1		1					Vanlig i hela landet. 2018: <i>Octolasion tyrtaeum</i> [form 1]
<i>Octolasion tyrtaeum</i> CEB	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1		1					Mindre vanlig, till Jämtland. 2018: <i>Octolasion tyrtaeum</i> [form 2]
<i>Satchellius mammalis</i>	(Savigny in Cuvier, 1826)	1	1		1					Sällsynt, i Västergötland och Småland
Enchytraeida										
Enchytraeidae										
<i>Achaeta aberrans</i>	Nielsen & Christensen, 1961	1	1		1					
<i>Achaeta abulba</i>	Graefe, 1989	1			1					2018: <i>Achaeta</i> sp E [sp 2]
<i>Achaeta affinis</i>	Nielsen & Christensen, 1959	1	1		1					
<i>Achaeta bibulba</i>	Graefe, 1989	1	1		1					

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Achaeta bifollicula</i>	Chalupsky, 1992	1	1		1					
<i>Achaeta bohemica</i> s.str.	(Vejdovský, 1879)	1	1		1					2018: <i>Achaeta</i> sp B [SEAT]
<i>Achaeta bohemica</i> CENC	sensu Nielsen & Christensen, 1959	1	1		1					Annan art
<i>Achaeta cf. brevivasa</i>	Graefe, 1980	1			1					
<i>Achaeta camerani</i>	(Cognetti, 1899)	1	1		1					
<i>Achaeta danica</i> CEA	Nielsen & Christensen, 1959	1	1		1					2018: <i>Achaeta</i> cf <i>danica</i>
<i>Achaeta danica</i> CEKDF	Nielsen & Christensen, 1959	1			1					
<i>Achaeta eiseni</i> CEA	Vejdovský, 1878	1			1					
<i>Achaeta eiseni</i> CEB	Vejdovský, 1878	1	1		1					2018: <i>Achaeta</i> cf <i>bulbosa</i>
<i>Achaeta iberica</i>	Graefe, 1989	1			1					
<i>Achaeta pannonica</i>	Graefe, 1989	1			1					2018: <i>Achaeta</i> sp A [”Öland”]
<i>Achaeta unibulba</i>	Graefe, Dózsa-Farkas & Christensen, 2005	1	1		1					
<i>Achaeta</i> sp. CEC		1			1					Fynd i växthus, med växter från Costa Rica? 2018: <i>Achaeta</i> sp C [CRica1]
<i>Achaeta</i> sp. CED		1			1					Fynd i växthus, med växter från Costa Rica? 2018: <i>Achaeta</i> sp C [CRica2]
<i>Achaeta</i> sp. CEF			1		1					2018: <i>Achaeta</i> sp F [AA]
<i>Achaeta</i> sp. CEG		1			1					2018: <i>Achaeta</i> sp G [NEWEST]
<i>Achaeta</i> sp. CEH		1						1		2018: <i>Achaeta</i> sp H [Lisas]
<i>Achaeta</i> sp. CEI		1			1					2018: <i>Achaeta</i> sp I [ROBERT]
<i>Bryodrilus diverticulatus</i>	Černosvitov, 1929		1		1					
<i>Bryodrilus ehlersi</i>	Ude, 1892	1			1					2018: <i>Fridericia</i> sp I [SVAN1]
<i>Bryodrilus librus</i>	(Nielsen & Christensen, 1959)	1	1		1					
<i>Buchholzia appendiculata</i>	(Buchholz, 1862)	1	1		1					

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Buchholzia fallax</i> CE1	Michaelsen, 1887	1			1					Fuktig jord, flodstränder
<i>Buchholzia fallax</i> CE3	Michaelsen, 1887	1	1		1					Fuktig jord, flodstränder. 2018: <i>Buchholzia fallax</i> 3
<i>Buchholzia fallax</i> CE4	Michaelsen, 1887	1			1					
<i>Buchholzia</i> sp. CEB1		1			1					Ibland i källor. 2018: <i>Enchytraeidae</i> gen. sp. [BNBN]
<i>Buchholzia</i> sp. CEB2		1			1					
<i>Buchholzia</i> sp. CEC				GB					1	
<i>Cernosvitoviella aggtelekiensis</i>	Dózsa-Farkas, 1970	1	1			1				2018: <i>C. aggtelekiensis</i> & <i>Marionina</i> sp K
<i>Cernosvitoviella ampullax</i>	Klungland & Abrahamsen, 1981		1			1				
<i>Cernosvitoviella atrata</i> CEA	(Bretscher, 1903)	1	1			1				2018: <i>Cernosvitoviella</i> cf <i>atrata</i>
<i>Cernosvitoviella atrata</i> CEB	(Bretscher, 1903)	1	1			1				2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp F [sp Z]
<i>Cernosvitoviella crassoductus</i>	Dózsa-Farkas, 1990		1			1				
<i>Cernosvitoviella immota</i>	(Knöllner, 1935)	1	1					1		
<i>Cernosvitoviella microtheca</i>	Rota & Healy, 1999	1	1			1				
<i>Cernosvitoviella minor</i> CEA	Dózsa-Farkas, 1990	1	1			1				2018: <i>Cernosvitoviella minor</i>
<i>Cernosvitoviella minor</i> CEB	Dózsa-Farkas, 1990	1	1			1				2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp C [SPM1]
<i>Cernosvitoviella minor</i> CEC	Dózsa-Farkas, 1990	1	1			1				2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp H [MYRK]
<i>Cernosvitoviella minor</i> CED	Dózsa-Farkas, 1990		1			1				2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp J [SKO]
<i>Cernosvitoviella minor</i> CEE	Dózsa-Farkas, 1990		1			1				2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp K [FINN]
<i>Cernosvitoviella minor</i> CEF	Dózsa-Farkas, 1990	1	1			1				2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp N [sp YY]
<i>Cernosvitoviella minor</i> CEG	Dózsa-Farkas, 1990	1				1				2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp R [KARL]
<i>Cernosvitoviella palustris</i>	Healy, 1979		1			1				2018: <i>Cernosvitoviella bulboducta</i> Martinez-Ansemil & Collado, 1996
<i>Cernosvitoviella pusilla</i>	Nurminen, 1973	1	1			1				
<i>Cernosvitoviella</i> sp. CEA			1					1		2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp A [nr immota]

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Cernosvitoviella</i> sp. CEB		1	1			1				2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp B [VISNUM]
<i>Cernosvitoviella</i> sp. CED		1	1			1				2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp D [SOR]
<i>Cernosvitoviella</i> sp. CEE		1	1			1				2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp E [NYMO]
<i>Cernosvitoviella</i> sp. CEG		1	1			1				2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp G [KJAER]
<i>Cernosvitoviella</i> sp. CEL		1	1			1				2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp L [JOLS]
<i>Cernosvitoviella</i> sp. CEM			1			1				2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp M [TONN]
<i>Cernosvitoviella</i> sp. CEO		1				1				2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp O [VSIPP]
<i>Cernosvitoviella</i> sp. CEP		1							1	2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp P [OE1]
<i>Cernosvitoviella</i> sp. CEQ			1				1			2018: <i>Cernosvitoviella</i> sp Q [NTNU]
<i>Cernosvitoviella</i> sp. CET				CZ		1				
<i>Cernosvitoviella</i> sp. CEU				GB					1	
<i>Cernosvitoviella</i> sp. CEV				GB					1	
<i>Cernosvitoviella</i> sp. CEW		1				1				
<i>Claparedrilus semifuscoides</i>	Klinth, Rota & Erséus, 2017	1	1					1		
<i>Claparedrilus</i> sp. CEA			1					1		2018: <i>Lumbricillus</i> sp I [NORD]
<i>Cognettia asloae</i>	(Martinsson, Klinth & Erséus, 2018)	1	1			1				2018: <i>Chamaedrillus</i> sp A [FROG]
<i>Cognettia chalupskyi</i>	(Martinsson, Rota & Erséus, 2014)	1	1			1				2018: <i>Chamaedrillus chalupskyi</i>
<i>Cognettia chlorophila</i>	(Friend, 1913)	1	1		1					2018: <i>Chamaedrillus chlorophilus</i>
<i>Cognettia cognettii</i>	(Issel, 1905)	1	1		1					2018: <i>Chamaedrillus cognettii</i>
<i>Cognettia glandulosa</i>	(Michaelsen, 1888)	1	1			1				2018: <i>Chamaedrillus glandulosus</i>
<i>Cognettia lapponica</i>	Nurminen, 1965	1	1		1					2018: <i>Chamaedrillus lapponicus</i>
<i>Cognettia pseudosphagnetorum</i>	(Martinsson, Rota & Erséus, 2014)	1	1		1					2018: <i>Chamaedrillus pseudosphagnetorum</i>
<i>Cognettia sphagnetorum</i>	(Vejdovský 1878)	1	1		1					2018: <i>Chamaedrillus sphagnetorum</i>
<i>Cognettia varisetosa</i>	(Martinsson, Rota & Erséus, 2014)	1	1			1				2018: <i>Chamaedrillus varisetosus</i>
<i>Enchytraeus albellus</i>	Klinth, Erséus & Rota, 2019	1	1					1		2018: <i>Enchytraeus "albidus D"</i>
<i>Enchytraeus albidus</i>	Henle, 1837	1	1		1					Även i havsstränder

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Enchytraeus buchholzi</i> CEA	Vejdovský, 1879	1	1		1					2018: <i>Enchytraeus</i> "buchholzi A" [A2]
<i>Enchytraeus buchholzi</i> CEB	Vejdovský, 1879	1	1		1					2018: <i>Enchytraeus</i> "buchholzi B" [nr clav]
<i>Enchytraeus buchholzi</i> CEC	Vejdovský, 1879	1	1		1					2018: <i>Enchytraeus</i> "buchholzi C" [milky]
<i>Enchytraeus buchholzi</i> CED	Vejdovský, 1879		1		1					2018: <i>Enchytraeus</i> "buchholzi D" [VEST]
<i>Enchytraeus buchholzi</i> CEE	Vejdovský, 1879	1	1		1					2018: <i>Enchytraeus</i> "buchholzi E" [RANA]
<i>Enchytraeus buchholzi</i> CEF	Vejdovský, 1879	1	1		1					2018: <i>Enchytraeus</i> "buchholzi F" [GOTL]
<i>Enchytraeus buchholzi</i> CEG	Vejdovský, 1879	1	1		1					2018: <i>Enchytraeus</i> "buchholzi G" [STROM]
<i>Enchytraeus buchholzi</i> CEH	Vejdovský, 1879	1	1		1					2018: <i>Enchytraeus</i> "buchholzi H" [MO]
<i>Enchytraeus buchholzi</i> CEI	Vejdovský, 1879	1	1		1					2018: <i>Enchytraeus</i> "buchholzi I" [smallstiff] & <i>Enchytraeus</i> "buchholzi M" [IB]
<i>Enchytraeus buchholzi</i> CEJ	Vejdovský, 1879	1	1		1					2018: <i>Enchytraeus</i> "buchholzi J" [TAPER]
<i>Enchytraeus buchholzi</i> CEK	Vejdovský, 1879	1	1		1					2018: <i>Enchytraeus</i> "buchholzi K" [JAMT]
<i>Enchytraeus buchholzi</i> CEL	Vejdovský, 1879	1			1					Fynd i växthus i SE, och från grotta i IT. 2018: <i>Enchytraeus</i> "buchholzi K" [CRpot]
<i>Enchytraeus buchholzi</i> CEM	Vejdovský, 1879			DK	1					
<i>Enchytraeus buchholzi</i> CEQ	Vejdovský, 1879	1			1					
<i>Enchytraeus buchholzi</i> L2	Vejdovský, 1879	1			1					
<i>Enchytraeus bulbosus</i>	Nielsen & Christensen, 1959	1	1		1					

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Enchytraeus christenseni</i> CEA	Dózsa-Farkas, 1992	1	1		1					2018: <i>Enchytraeus christenseni</i> (form A)
<i>Enchytraeus christenseni</i> CEB	Dózsa-Farkas, 1992	1			1					Fynd i växthus, införd från Costa Rica? 2018: <i>Enchytraeus christenseni</i> (form B)
<i>Enchytraeus coronatus</i>	Nielsen & Christensen, 1959	1			1					
<i>Enchytraeus dichaeetus</i>	Schmelz & Collado, 2010		1		1					
<i>Enchytraeus dudichi</i>	Dozsa-Farkas, 1995	1			1					Fynd i växthus, införd från Costa Rica? 2018: <i>Enchytraeus nr dudichi</i>
<i>Enchytraeus lacteus</i> CEA	Nielsen & Christensen, 1961	1	1		1					2018: <i>Enchytraeus lacteus</i> (form A)
<i>Enchytraeus lacteus</i> CEB	Nielsen & Christensen, 1961	1	1		1					2018: <i>Enchytraeus lacteus</i> (form B)
<i>Enchytraeus moebii</i>	(Michaelsen, 1885)	1	1					1		
<i>Enchytraeus norvegicus</i>	Abrahamsen, 1968	1	1		1					
<i>Enchytraeus</i> sp. CEA		1			1					2018: <i>Enchytraeus</i> sp A [SOL]
<i>Enchytraeus</i> sp. CEE			1		1					
<i>Enchytraeus</i> sp. CEF		1			1					Fynd i växthus, införd från Costa Rica? 2018: <i>Enchytraeus</i> sp D [CR111]
<i>Enchytraeus</i> sp. CEG		1			1					2018: <i>Enchytraeus</i> sp B [TOMM]
<i>Enchytraeus</i> sp. CEH		1			1					
<i>Enchytraeus</i> sp. CEJ				GB					1	
<i>Enchytraeus</i> sp. CEK				GB					1	
<i>Enchytraeus</i> sp. CEL				DK				1		
<i>Enchytraeus</i> sp. CEM				DK				1		
<i>Enchytraeus</i> sp. CEN		1			1					Fynd i växthus, införd från Costa Rica? 2018: <i>Enchytraeus</i> sp C [2 lateral]
<i>Enchytraeus</i> sp. CEP		1			1					

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Enchytronia baloghi</i>	Dózsa-Farkas, 1988		1		1					2018: <i>Enchytronia parva</i> [form J/OST]
<i>Enchytronia christenseni</i>	Dózsa-Farkas, 1970	1	1		1					
<i>Enchytronia holochaeta</i>	Dózsa-Farkas, 2019	1	1		1					2018: <i>Enchytronia parva</i> [form B/ KDFsp1]
<i>Enchytronia parva</i> CEE	Nielsen & Christensen, 1959	1			1					2018: <i>Enchytronia parva</i> [form E]
<i>Enchytronia parva</i> CEF	Nielsen & Christensen, 1959	1	1		1					2018: <i>Enchytronia parva</i> [form F]
<i>Enchytronia parva</i> CEH	Nielsen & Christensen, 1959		1		1					2018: <i>Enchytronia parva</i> [form H]
<i>Enchytronia parva</i> L1	Nielsen & Christensen, 1959	1	1		1					
<i>Enchytronia parva</i> L2	Nielsen & Christensen, 1959	1	1		1					
<i>Enchytronia parva</i> L3	Nielsen & Christensen, 1959	1	1		1					
<i>Enchytronia parva</i> L5	Nielsen & Christensen, 1959	1	1		1					
<i>Enchytronia</i> sp. CEB		1	1		1					2018: <i>Enchytronia</i> sp B [ADHER]
<i>Enchytronia</i> sp. CEC		1	1		1					2018: <i>Enchytronia</i> sp C [josef]
<i>Enchytronia</i> sp. CED		1	1		1					2018: <i>Enchytronia</i> sp D [RAMM]
<i>Fridericia auritoides</i>	Schmelz, 2003	1	1		1					
<i>Fridericia benti</i>	Schmelz, 2002	1	1		1					
<i>Fridericia bisetosa</i> CEA	(Levinsen, 1884)	1	1		1					2018: <i>Fridericia bisetosa</i> [form A/SON]
<i>Fridericia bisetosa</i> CEB	(Levinsen, 1884)	1	1		1					2018: <i>Fridericia bisetosa</i> [form B/ESPA]
<i>Fridericia bisetosa</i> CEC	(Levinsen, 1884)	1			1					2018: <i>Fridericia</i> sp C [NAVE]
<i>Fridericia bisetosa</i> CED	(Levinsen, 1884)		1		1					
<i>Fridericia bisetosa</i> L1	(Levinsen, 1884)	1	1		1					
<i>Fridericia bisetosa</i> L2	(Levinsen, 1884)	1	1		1					
<i>Fridericia brunensis</i>	Schlaghamerský, 2007			DK	1					
<i>Fridericia bulboides</i>	Nielsen & Christensen, 1959	1	1		1					

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Fridericia christeri</i>	Rota & Healy, 1999	1	1		1					2018: <i>Fridericia christeri</i> [form A & B]
<i>Fridericia connata</i> L1	Bretscher, 1902		1		1					
<i>Fridericia connata</i> L2	Bretscher, 1902	1	1		1					
<i>Fridericia cylindrica</i>	Springett, 1971	1	1		1					2018: <i>Fridericia sohlenii</i>
<i>Fridericia deformis</i> L1	Möller, 1971	1	1		1					
<i>Fridericia discifera</i>	Healy, 1975		1		1					2018: <i>Fridericia cf maculatiformis</i>
<i>Fridericia dura</i>	(Eisen, 1879)	1	1		1					2018: <i>Fridericia ratzeli</i>
<i>Fridericia galba</i> CEA	(Hoffmeister, 1843)	1	1		1					2018: <i>Fridericia galba</i> [form A]
<i>Fridericia galba</i> CEB	(Hoffmeister, 1843)	1	1		1					2018: <i>Fridericia galba</i> [form B]
<i>Fridericia galba</i> CEC	(Hoffmeister, 1843)	1	1		1					2018: <i>Fridericia galba</i> [form C]
<i>Fridericia galba</i> CED	(Hoffmeister, 1843)	1	1		1					2018: <i>Fridericia galba</i> [form D/TOR]
<i>Fridericia galba</i> CEF	(Hoffmeister, 1843)	1			1					2018: <i>Fridericia galba</i> [form F]
<i>Fridericia galba</i> CEG	(Hoffmeister, 1843)		1		1					
<i>Fridericia galba</i> L1	(Hoffmeister, 1843)	1	1		1					
<i>Fridericia galba</i> L2	(Hoffmeister, 1843)	1			1					
<i>Fridericia healyae</i> CEA	Schmelz, 2003	1			1					2018: <i>Fridericia</i> sp D [STORAN]
<i>Fridericia healyae</i> CEB	Schmelz, 2003			DK	1					
<i>Fridericia isseli</i>	Rota, 1994	1			1					
<i>Fridericia larix</i>	Schmelz & Collado, 2005			GB	1					
<i>Fridericia lenta</i>	Schmelz, 2003	1	1		1					2018: <i>Fridericia</i> sp A [TIM]
<i>Fridericia maculatiformis</i>	Dózsa-Farkas, 1972	1	1		1					2018: <i>Fridericia</i> sp B [NARVIK]
<i>Fridericia magna</i>	Friend, 1899	1	1		1					Även i limniska miljöer
<i>Fridericia miraflores</i> CEA	Sesma & Dózsa-Farkas, 1993	1	1		1					2018: <i>Fridericia sylvatica</i> Healy, 1979
<i>Fridericia miraflores</i> CEB	Sesma & Dózsa-Farkas, 1993	1			1					2018: <i>Fridericia</i> sp K [IQUE]
<i>Fridericia nemoralis</i>	Nurminen, 1970	1	1		1					
<i>Fridericia parathalassia</i>	Schmelz, 2002	1	1		1					

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Fridericia paroniana</i> L1A	Issel, 1904	1	1		1					2018: del av <i>F. paroniana</i> [L1]
<i>Fridericia paroniana</i> L1B	Issel, 1904	1			1					2018: del av <i>F. paroniana</i> [L1]
<i>Fridericia paroniana</i> L2	Issel, 1904	1	1		1					
<i>Fridericia perrieri</i> CEA	(Vejdovský, 1878)	1	1		1					2018: <i>Fridericia perrieri</i> [form A]
<i>Fridericia perrieri</i> CEB	(Vejdovský, 1878)	1	1		1					2018: <i>Fridericia perrieri</i> [form A]
<i>Fridericia perrieri</i> CEC	(Vejdovský, 1878)		1		1					2018: <i>Fridericia ulrikae</i>
<i>Fridericia ratzeli</i>	Eisen, 1872	1	1		1					2018: <i>Fridericia eiseni</i> [ENKDF] & <i>eiseni</i> [i Bold]
<i>Fridericia renatae</i>	Möller, 1971	1	1		1					2018: <i>Fridericia cf renatae</i>
<i>Fridericia rendsinata</i>	Dozsa-Farkas, 1972	1			1					2018: <i>Fridericia</i> sp F [SIBB]
<i>Fridericia semisetosa</i>	Dózsa-Farkas, 1970	1			1					
<i>Fridericia striata</i> L1	(Levinsen, 1884)	1	1		1					
<i>Fridericia striata</i> L2	(Levinsen, 1884)	1	1		1					
<i>Fridericia tuberosa</i>	Rota, 1995	1			1					
<i>Fridericia ulrikae</i> CEA	Rota & Healy, 1999	1			1					2018: <i>Fridericia</i> sp J [GULD]
<i>Fridericia ulrikae</i> CEB	Rota & Healy, 1999		1		1					2018: <i>Fridericia nr cylindrica</i>
<i>Fridericia waldenstroemi</i> CEA	Rota & Healy, 1999	1	1		1					2018: del av <i>F. waldenstroemi</i>
<i>Fridericia waldenstroemi</i> CEB	Rota & Healy, 1999	1			1					2018: del av <i>F. waldenstroemi</i>
<i>Fridericia</i> sp. CEH		1	1		1					2018: <i>Fridericia</i> sp H [KIR]
<i>Fridericia</i> sp. CEM		1			1					2018: <i>Fridericia</i> sp L [LUNDBERG-A]
<i>Fridericia</i> sp. CEN		1	1		1					2018: <i>Fridericia</i> sp M [LUNDBERG-B] & sp N [KAISE]
<i>Fridericia</i> sp. CEP		1	1		1					2018: <i>Fridericia auritoides</i>
<i>Fridericia</i> sp. CEQ		1			1					2018: <i>Fridericia</i> sp E [sp3, Öland]
<i>Fridericia</i> sp. CER				DK	1					
<i>Fridericia</i> sp. CES		1			1					
<i>Fridericia</i> sp. CET		1			1					
<i>Fridericia</i> sp. CEU		1			1					

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Fridericia</i> sp. CEV				DE	1					
<i>Fridericia</i> sp. CEW		1			1					2018: <i>F. cf vixdiverticulata</i> Sesma & Dózsa-Farkas, 1993
<i>Fridericia</i> sp. CEX				CZ	1					
<i>Fridericia</i> sp. CEY		1			1					2018: <i>Fridericia</i> sp G [PALI]
<i>Globulidrilus riparius</i> CEA	(Bretscher, 1899)	1	1			1				2018: <i>Globulidrilus riparius</i> [form A]
<i>Globulidrilus riparius</i> CEC	(Bretscher, 1899)	1	1			1				2018: <i>Globulidrilus riparius</i> [form C]
<i>Globulidrilus riparius</i> CED	(Bretscher, 1899)	1	1			1				2018: <i>Globulidrilus riparius</i> [form D]
<i>Globulidrilus riparius</i> CEE	(Bretscher, 1899)			US		1				
<i>Globulidrilus riparius</i> CEF	(Bretscher, 1899)	1				1				2018: <i>Globulidrilus riparius</i> [form F]
<i>Globulidrilus riparius</i> CEG	(Bretscher, 1899)		1			1				2018: <i>Globulidrilus riparius</i> [form G]
<i>Globulidrilus riparius</i> CEH	(Bretscher, 1899)		1			1				2018: <i>Globulidrilus riparius</i> [form H]
<i>Grania maricola</i>	Southern, 1909	1	1				1			
<i>Grania occulta</i>	De Wit & Erséus, 2010	1					1			
<i>Grania ovitheca</i>	Erséus, 1977	1					1			Finns också i Östersjön
<i>Grania postclitellochaeta</i>	(Knöllner, 1935)	1	1				1			
<i>Grania pusilla</i>	Erséus, 1974	1	1				1			
<i>Grania variochaeta</i>	Erséus & Lasserre, 1976	1	1				1			
<i>Grania vikinga</i>	Rota & Erséus, 2003	1	1				1			
<i>Grania</i> sp. CEC		1					1			2018: <i>Grania</i> sp C [koster]
<i>Hemifridericia parva</i> CEA	Nielsen & Christensen, 1959	1	1		1					2018: <i>Hemifridericia parva</i> [form A]
<i>Hemifridericia parva</i> CEB	Nielsen & Christensen, 1959	1	1		1					2018: <i>Hemifridericia parva</i> [form B]
<i>Henlea glandulifera</i> CEA	Nurminen, 1970	1	1		1					2018: <i>Henlea glandulifera</i> [form A]
<i>Henlea glandulifera</i> CEB	Nurminen, 1970		1		1					2018: <i>Henlea glandulifera</i> [form B]
<i>Henlea helectropha</i>	Stephenson, 1922		1		1					
<i>Henlea montana</i>	Rota, 1994	1	1		1					
<i>Henlea nasuta</i> CEA	(Eisen, 1878)	1			1					2018: <i>Henlea nasuta</i> [form A]
<i>Henlea nasuta</i> CEB	(Eisen, 1878)	1	1		1					2018: <i>Henlea nasuta</i> [form B]
<i>Henlea perpusilla</i>	Friend, 1911	1	1		1					

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Henlea similis</i>	Nielsen & Christensen, 1959	1			1					
<i>Henlea ventriculosa</i> L1	(d'Udekem, 1854)	1	1		1					2018: <i>Henlea cf andreae</i>
<i>Henlea ventriculosa</i> L3	(d'Udekem, 1854)	1	1		1					2018: <i>Henlea ventriculosa</i>
<i>Henlea</i> sp. CEA		1	1		1					2018: <i>Henlea</i> sp A [nr perp]
<i>Henlea</i> sp. CEB		1	1		1					2018: <i>Henlea</i> sp B [OLAN]
<i>Lumbricillus arenarius</i>	(Michaelsen, 1889)	1	1					1		
<i>Lumbricillus buelowi</i>	Nielsen & Christensen, 1959	1	1					1		
<i>Lumbricillus crymodes</i>	(Stephenson, 1922)		1					1		2018: <i>Lumbricillus</i> sp Q [BOLD2]
<i>Lumbricillus dubius</i>	(Stephenson, 1911)	1						1		
<i>Lumbricillus fennicus</i>	Nurminen, 1964	1						1		
<i>Lumbricillus kaloensis</i>	Nielsen & Christensen, 1959	1	1					1		
<i>Lumbricillus knoellneri</i>	Nielsen & Christensen, 1959	1	1					1		
<i>Lumbricillus latithecatus</i>	Klinth, Rota & Erséus, 2017	1						1		
<i>Lumbricillus lineatus</i>	(Müller, 1774)	1	1					1		
<i>Lumbricillus pagenstecheri</i> A	(Ratzel, 1869)	1	1					1		2018: <i>Lumbricillus pagenstecheri</i> [form A]
<i>Lumbricillus pagenstecheri</i> B	(Ratzel, 1869)		1					1		2018: <i>Lumbricillus pagenstecheri</i> [form B]
<i>Lumbricillus pagenstecheri</i> C	(Ratzel, 1869)		1					1		2018: <i>Lumbricillus pagenstecheri</i> [form C]
<i>Lumbricillus pagenstecheri</i> D	(Ratzel, 1869)		1					1		2018: <i>Lumbricillus pagenstecheri</i> [form D]
<i>Lumbricillus pumilio</i>	Stephenson, 1932			GB				1		
<i>Lumbricillus rivalis</i>	Levinsen, 1883	1	1					1		
<i>Lumbricillus rubidus</i>	Finogenova & Streltsov, 1978	1	1					1		
<i>Lumbricillus rutilus</i>	Welch, 1914	1	1					1		
<i>Lumbricillus scandicus</i>	Klinth, Rota & Erséus, 2017	1	1					1		
<i>Lumbricillus tuba</i>	Stephenson, 1911	1	1					1		
<i>Lumbricillus verrucosus</i>	(Claparède, 1861)	1	1					1		
<i>Lumbricillus viridis</i>	Stephenson, 1911		1					1		
<i>Lumbricillus</i> sp. CEB			1					1		2018: <i>Lumbricillus</i> sp B [B/F]

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Lumbricillus</i> sp. CEC			1					1		2018: <i>Lumbricillus</i> sp C [C/G]
<i>Lumbricillus</i> sp. CEH			1					1		2018: <i>Lumbricillus</i> sp H [GARD]
<i>Lumbricillus</i> sp. CEJ			1					1		2018: <i>Lumbricillus</i> sp J [NORB]
<i>Lumbricillus</i> sp. CEK			1					1		2018: <i>Lumbricillus</i> sp K [SIMA]
<i>Lumbricillus</i> sp. CEL		1	1					1		2018: <i>Lumbricillus</i> sp L [ESP]
<i>Lumbricillus</i> sp. CEM			1					1		2018: <i>Lumbricillus</i> sp M [DAGA]
<i>Lumbricillus</i> sp. CEN			1					1		2018: <i>Lumbricillus</i> sp N [AGDA]
<i>Lumbricillus</i> sp. CEO			1					1		2018: <i>Lumbricillus</i> sp O [SKATE]
<i>Lumbricillus</i> sp. CEP			1					1		2018: <i>Lumbricillus</i> sp P [SULA]
<i>Lumbricillus</i> sp. CER			1					1		
<i>Lumbricillus</i> sp. CES				DK				1		
<i>Lumbricillus</i> sp. CET				DK				1		
<i>Marionina aporus</i>	(Stephenson, 1925)		1			1				
<i>Marionina argentea</i> CEA	(Michaelsen, 1889)		1			1				2018: <i>Marionina argentea</i> [form A]
<i>Marionina argentea</i> CEB	(Michaelsen, 1889)	1	1			1				2018: <i>Marionina argentea</i> [form B]
<i>Marionina argentea</i> CEC	(Michaelsen, 1889)	1	1			1				2018: <i>Marionina argentea</i> [form C]
<i>Marionina argentea</i> CED	(Michaelsen, 1889)	1	1			1				2018: <i>Marionina argentea</i> [form D]
<i>Marionina argentea</i> CEE	(Michaelsen, 1889)	1	1			1				2018: <i>Marionina argentea</i> [form E]
<i>Marionina argentea</i> CEF	(Michaelsen, 1889)	1	1						1	2018: <i>Marionina argentea</i> [form F]
<i>Marionina argentea</i> CEG	(Michaelsen, 1889)	1	1			1				2018: <i>Marionina argentea</i> [form G]
<i>Marionina argentea</i> CEH	(Michaelsen, 1889)	1	1			1				2018: <i>Marionina argentea</i> [form H]
<i>Marionina argentea</i> CEI	(Michaelsen, 1889)	1	1			1				2018: <i>Marionina argentea</i> [form I]
<i>Marionina clavata</i> CEA	Nielsen & Christensen, 1961	1				1				2018: <i>Enchytronia clavata</i>
<i>Marionina clavata</i> CEB	Nielsen & Christensen, 1961	1				1				
<i>Marionina communis</i>	Nielsen & Christensen, 1959	1	1			1				
<i>Marionina deminuta</i>	Rota, 2013	1	1			1				
<i>Marionina filiformis</i> CEA	Nielsen & Christensen, 1959	1	1			1				2018: <i>Enchytronia filiformis</i>
<i>Marionina filiformis</i> CEB	Nielsen & Christensen, 1959	1				1				2018: <i>Enchytronia</i> sp E [stiff]
<i>Marionina glandulifera</i> CEA	(Jansson, 1960)	1	1					1		2018: <i>Marionina glandulifera</i>
<i>Marionina glandulifera</i> CEB	(Jansson, 1960)	1						1		

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Marionina mendax</i> CEA	Rota, 2013	1	1			1				2018: <i>Marionina mendax</i> [form A]
<i>Marionina mendax</i> CEB	Rota, 2013	1	1			1				2018: <i>Marionina mendax</i> [form B]
<i>Marionina mendax</i> CEC	Rota, 2013	1	1			1				2018: <i>Marionina mendax</i> [form C]
<i>Marionina mendax</i> CED	Rota, 2013	1	1			1				2018: <i>Marionina mendax</i> [form D]
<i>Marionina mendax</i> CEF	Rota, 2013	1				1				2018: <i>Marionina</i> sp F [RTY]
<i>Marionina mimula</i>	Rota, 2013	1	1			1				
<i>Marionina minutissima</i> CEA	Healy, 1975	1	1		1					2018: <i>Enchytronia</i> nr <i>minutissima</i>
<i>Marionina minutissima</i> CEB	Healy, 1975		1		1					2018: <i>Enchytronia</i> sp A [SIR]
<i>Marionina nothachaeta</i>	Matamoros, Rota & Erséus, 2012	1						1		
<i>Marionina simillima</i>	Nielsen & Christensen, 1959	1	1		1					2018: <i>Enchytronia simillima</i> [form A]
<i>Marionina sjaelandica</i>	Nielsen & Christensen, 1961	1	1					1		
<i>Marionina southerni</i>	(Cernosvitov, 1937)	1	1					1		Även limnisk; ibland i källor
<i>Marionina spicula</i> CEA	(Leuckart, 1847)	1	1					1		2018: <i>Marionina spicula</i> [form A/X]
<i>Marionina spicula</i> CEB	(Leuckart, 1847)		1					1		2018: <i>Marionina spicula</i> [form B/NORTH]
<i>Marionina spicula</i> CEC	(Leuckart, 1847)	1	1					1		2018: <i>Marionina spicula</i> [form C]
<i>Marionina spicula</i> CED	(Leuckart, 1847)	1	1					1		2018: <i>Marionina spicula</i> [form D/BOF]
<i>Marionina spicula</i> CEE	(Leuckart, 1847)	1	1					1		2018: <i>Marionina spicula</i> [form E/OWN]
<i>Marionina spicula</i> CEF	(Leuckart, 1847)		1					1		2018: <i>Marionina spicula</i> [form F/NOR]
<i>Marionina spicula</i> CEG	(Leuckart, 1847)	1						1		2018: <i>Marionina spicula</i> [form G/PVC]
<i>Marionina spicula</i> CEH	(Leuckart, 1847)	1						1		2018: <i>Marionina spicula</i> [form H/KOST]
<i>Marionina spicula</i> CEI	(Leuckart, 1847)		1					1		2018: <i>Marionina spicula</i> [form I/RIS]
<i>Marionina spicula</i> CEJ	(Leuckart, 1847)		1					1		2018: <i>Marionina spicula</i> [form J/ROLV]

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Marionina sublitoralis</i> CEA	Erséus, 1976	1	1				1			2018: <i>Marionina sublitoralis</i> [form A]
<i>Marionina sublitoralis</i> CEB	Erséus, 1976		1				1			2018: <i>Enchytronia parva</i> [form I]
<i>Marionina sublitoralis</i> CEC	Erséus, 1976	1					1			
<i>Marionina subterranea</i> CEA	(Knöllner, 1935)	1						1		2018: <i>Marionina subterranea</i>
<i>Marionina subterranea</i> CEB	(Knöllner, 1935)			GB				1		
<i>Marionina subterranea</i> CEC	(Knöllner, 1935)			GB				1		
<i>Marionina vesiculata</i>	Nielsen & Christensen, 1959	1	1		1					2018: <i>Enchytronia simillima</i> [form B]
<i>Marionina</i> sp. CEA			1					1		2018: <i>Marionina</i> sp A [TROMS]
<i>Marionina</i> sp. CEB		1	1					1		2018: <i>Marionina</i> sp B [SPIC]
<i>Marionina</i> sp. CEC			1					1		2018: <i>Marionina</i> sp C [TJELD]
<i>Marionina</i> sp. CED			1					1		2018: <i>Marionina</i> sp D [GRE1]
<i>Marionina</i> sp. CEE			1					1		2018: <i>Marionina</i> sp E [GRE2]
<i>Marionina</i> sp. CEH		1	1			1				2018: Del av <i>Marionina</i> sp H [FROSON]
<i>Marionina</i> sp. CEI		1						1		2018: <i>Marionina</i> sp I [TWO]
<i>Marionina</i> sp. CEJ		1				1				2018: <i>Marionina</i> sp J [slender]
<i>Marionina</i> sp. CEL		1				1				
<i>Marionina</i> sp. CEM		1				1				
<i>Marionina</i> sp. CEN		1			1					
<i>Marionina</i> sp. CEO		1				1				
<i>Marionina</i> sp. CEP		1	1		1					
<i>Marionina</i> sp. CEQ		1				1				2018: Del av <i>Marionina</i> sp H [FROSON]
<i>Marionina</i> sp. CER		1	1			1				2018: <i>Marionina mendax</i> [form E]
<i>Marionina</i> sp. CES		1				1				
<i>Mesenchytraeus armatus</i> CEA	(Levinsen, 1884)	1	1			1				2018: <i>Mesenchytraeus armatus</i> [form A]
<i>Mesenchytraeus armatus</i> CEB	(Levinsen, 1884)	1	1			1				2018: <i>Mesenchytraeus armatus</i> [form B]
<i>Mesenchytraeus armatus</i> CEC	(Levinsen, 1884)	1	1			1				2018: <i>Mesenchytraeus armatus</i> [form C]

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Mesenchytraeus beumeri</i>	(Michaelsen, 1886)		1		1					
<i>Mesenchytraeus flavus</i>	(Levinsen, 1884)	1	1		1					
<i>Mesenchytraeus glandulosus</i>	(Levinsen, 1884)	1	1		1					
<i>Mesenchytraeus pelicensis</i>	Issel, 1905	1	1		1					
<i>Mesenchytraeus</i> sp. 2 KDF			1		1					
<i>Oconnorella cambrensis</i>	(O'Connor, 1963)	1	1		1					
<i>Oconnorella tubifera</i>	(Nielsen & Christensen, 1959)	1	1		1					
<i>Stercutus niveus</i> CEA	Michaelsen, 1888	1	1		1					2018: Del av <i>Stercutus niveus</i> [form A/H]
<i>Stercutus niveus</i> CEB	Michaelsen, 1888	1			1					2018: <i>Stercutus niveus</i> [form B]
<i>Stercutus niveus</i> CEC	Michaelsen, 1888	1	1		1					2018: Del av <i>Stercutus niveus</i> [form C/E]
<i>Stercutus niveus</i> CED	Michaelsen, 1888	1			1					2018: <i>Stercutus niveus</i> [formD]
<i>Stercutus niveus</i> CEE	Michaelsen, 1888	1			1					2018: Del av <i>Stercutus niveus</i> [form C/E]
<i>Stercutus niveus</i> CEF	Michaelsen, 1888		1		1					2018: <i>Stercutus niveus</i> [form F]
<i>Stercutus niveus</i> CEH	Michaelsen, 1888		1		1					2018: Del av <i>Stercutus niveus</i> [form A/H]
<i>Stercutus niveus</i> CEI	Michaelsen, 1888		1		1					2018: <i>Stercutus niveus</i> [form I]
Propappidae										
<i>Propappus volki</i>	(Michaelsen, 1916)	1				1				I åar, indikerar kalkrikt vatten. 2018: <i>P. volki</i> [form A]
<i>Propappus</i> sp. CEB		1							1	Även ytvatten. 2018: <i>P. volki</i> [form B]
<i>Propappus</i> sp. CEC				NL		1				
Haplotaxida										
Haplotaxidae										

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Haplotaxis</i> sp. CEA		1							1	1 känd lokal i Sverige. 2018: <i>H. gordioides</i> (Hartmann, 1821); identiteten osäker idag
Lumbriculida										
Lumbriculidae										
<i>Lamprodrilus isoporus</i>	Michaelsen, 1901	1				1				Indikerar oligotrofa vatten
<i>Lumbriculus variegatus</i> I	(Müller, 1774)	1	1			1				Vanlig i hela landet. 2018: <i>L. variegatus</i> [art I]
<i>Lumbriculus variegatus</i> II	(Müller, 1774)	1	1			1				Vanlig i hela landet. 2018: <i>L. variegatus</i> [art II]
<i>Lumbriculus variegatus</i> III	(Müller, 1774)	1	1			1				Alpin art, sällsynt i Skandinavien. 2018: <i>L. variegatus</i> [art IV]
<i>Rhynchelmis limosella</i>	Hoffmeister, 1843			NL		1				Antagligen ej i Sverige, trots rapporterade fynd
<i>Rhynchelmis tetratheca</i>	Michaelsen, 1920	1	1			1				Mindre vanlig
<i>Stylodrilus brachystylus</i>	Hrabě, 1929		1			1				Spridda lokaler i Norge. 2018: Lumbriculidae gen.sp. B [TING]
<i>Stylodrilus heringianus</i>	Claparède, 1862	1	1			1				Vanlig i oligotrofa vatten, men också i ytligt grundvatten
<i>Stylodrilus lemani</i> CEA	(Grube, 1879)			NL		1				
<i>Stylodrilus lemani</i> CEB	(Grube, 1879)			NL		1				
<i>Styloscolex</i> sp. CEA		1				1				Ett fynd, Lappland. 2018: Lumbriculidae gen.sp. A [8515]
<i>Tatriella longiatriata</i>	Popčenko, 1976	1	1			1				Ett fynd, Lappland; spridd i norska fjällen. 2018: ? <i>Tatriella</i> sp A & ?T. spB [LHA & LHB]
<i>Trichodrilus allobrogum</i>	Claparède, 1862	1							1	I källor, sällsynt. 2018: <i>Trichodrilus</i> sp B [tricho1]
<i>Trichodrilus strandi</i>	Hrabě, 1936			CZ					1	

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Trichodrilus</i> sp. CEA		1							1	I utsipprande grundvatten, sällsynt. 2018: <i>Trichodrilus</i> cf. <i>claparedei</i> Hrabě, 1937
<i>Trichodrilus</i> sp. CEE		1							1	I källor, sällsynt. 2018: <i>Trichodrilus</i> sp C [EYE]
Tubificida										
Naididae										
Limnodriloidinae										
<i>Limnodriloides agnes</i>	Hrabě, 1967			ES, FR, GB			1			
<i>Limnodriloides scandinavicus</i>	Erséus, 1982	1	1				1			
Naidinae										
<i>Amphichaeta leydigi</i>	Tauber, 1879		1			1				
<i>Amphichaeta sannio</i>	Kallstenius, 1892	1	1					1		
<i>Arcteonais lomondi</i>	(Martin, 1907)	1				1				
<i>Chaetogaster cristallinus</i> CEF	Vejdovský, 1884	1	1			1				2018: <i>Chaetogaster</i> sp F
<i>Chaetogaster cristallinus</i> CEK	Vejdovský, 1884	1	1			1				2018: <i>Chaetogaster</i> sp K [NY4]
<i>Chaetogaster diaphanus</i> CEA	(Gruithuisen, 1828)	1	1			1				2018: <i>Chaetogaster</i> diaphanus
<i>Chaetogaster diaphanus</i> CEB	(Gruithuisen, 1828)			US		1				
<i>Chaetogaster diastrophus</i> CEI	(Gruithuisen, 1828)	1	1			1				2018: <i>Chaetogaster</i> sp I [NY2]
<i>Chaetogaster limnaei</i> CEA	van Baer, 1827	1				1				I mantelhålan av snäckor. 2018: <i>Chaetogaster</i> limnaei
<i>Chaetogaster limnaei</i> CEB	van Baer, 1827	1	1			1				I mantelhålan av snäckor. 2018: <i>Chaetogaster</i> sp N [nrBOLD]
<i>Chaetogaster setosus</i> CEA	Svetlov, 1925			NL		1				
<i>Chaetogaster setosus</i> CEB	Svetlov, 1925			NL		1				
<i>Chaetogaster setosus</i> CEC	Svetlov, 1925	1				1				
<i>Chaetogaster</i> sp. CEC		1	1			1				2018: <i>Chaetogaster</i> sp C2
<i>Chaetogaster</i> sp. CED		1	1			1				2018: <i>Chaetogaster</i> sp D

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Chaetogaster</i> sp. CEE		1	1			1				2018: <i>Chaetogaster</i> sp E
<i>Chaetogaster</i> sp. CEG		1	1			1				2018: <i>Chaetogaster</i> sp G
<i>Chaetogaster</i> sp. CEH		1	1			1				2018: <i>Chaetogaster</i> sp H [NY1]
<i>Chaetogaster</i> sp. CEJ		1	1			1				2018: <i>Chaetogaster</i> sp J [NY3]
<i>Chaetogaster</i> sp. CEL			1			1				2018: <i>Chaetogaster</i> sp L [NY5]
<i>Chaetogaster</i> sp. CEM		1	1			1				2018: <i>Chaetogaster</i> sp M (ALD)
<i>Chaetogaster</i> sp. CEN		1				1				
<i>Chaetogaster</i> sp. CEO		1				1				
<i>Chaetogaster</i> sp. CEP		1	1			1				
<i>Chaetogaster</i> sp. CEQ		1	1			1				2018: <i>Chaetogaster diastrophus</i>
<i>Chaetogaster</i> sp. CER				NL		1				
<i>Dero digitata</i> CEA	(Müller, 1773)	1				1				2018: <i>Dero digitata</i> [form A]
<i>Dero digitata</i> CEB	(Müller, 1773)	1				1				2018: <i>Dero digitata</i> [form B]
<i>Dero dorsalis</i>	Ferroniere, 1899	1				1				
<i>Dero furcata</i>	(Müller, 1773)			DE		1				Sydlig art, i växthus med vattenväxter
<i>Dero nivea</i>	Aiyer, 1929	1	1			1				
<i>Nais alpina</i>	Sperber, 1948	1	1			1				
<i>Nais barbata</i>	Müller, 1774	1	1			1				2018: Del av <i>Nais barbata</i>
<i>Nais bretscheri</i> CEA	Michaelsen, 1899	1	1			1				2018: <i>Nais bretscheri</i>
<i>Nais bretscheri</i> CEB	Michaelsen, 1899		1			1				2018: <i>Nais</i> sp N [HOV]
<i>Nais christinae</i>	Kasprzak, 1973	1	1			1				
<i>Nais communis</i> A1A2	Piguet, 1906	1	1			1				
<i>Nais communis</i> A3	Piguet, 1906	1	1			1				
<i>Nais communis</i> A4	Piguet, 1906	1	1			1				
<i>Nais elinguis</i>	Müller, 1774	1	1					1		Även i sötvatten, t. ex. källor
<i>Nais pseudobtusa</i> CEA	Piguet, 1906	1	1			1				2018: Del av <i>Nais</i> sp M [M]
<i>Nais pseudobtusa</i> CEB	Piguet, 1906	1	1			1				2018: Del av <i>Nais</i> sp M [M]
<i>Nais pseudobtusa</i> CEC	Piguet, 1906	1	1			1				2018: Del av <i>Nais</i> sp M [M]
<i>Nais pseudobtusa</i> CED	Piguet, 1906	1	1			1				2018: Del av <i>Nais barbata</i>
<i>Nais pseudobtusa</i> CEE	Piguet, 1906	1				1				

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Nais stolci</i>	Hrabě, 1981	1	1			1				
<i>Nais variabilis</i>	Piguet, 1906	1	1			1				2018: <i>Nais</i> sp K [K]
<i>Ophidonais serpentina</i>	(Müller, 1774)	1	1			1				
<i>Paranais botniensis</i>	Sperber, 1948	1	1					1		
<i>Paranais litoralis</i> CEA	(Müller, 1784)	1	1					1		
<i>Paranais</i> sp. CED		1						1		2018: <i>Paranais litoralis</i> [form D]
<i>Paranais</i> sp. CEE		1	1					1		2018: <i>Paranais litoralis</i> [form E]
<i>Paranais</i> sp. CEF		1						1		2018: <i>Paranais frici</i> Hrabě, 1941 [form F1]
<i>Paranais</i> sp. CEG		1						1		2018: <i>Paranais frici</i> [form G]
<i>Paranais</i> sp. CEH		1	1					1		2018: <i>Paranais</i> sp H
<i>Paranais</i> sp. CEI		1				1				2018: <i>Paranais</i> sp I [LID]
<i>Piguetiella blanci</i>	(Piguet, 1906)	1	1			1				
<i>Ripistes parasita</i>	(Schmidt, 1847)	1	1			1				
<i>Slavina appendiculata</i>	(Udekem, 1855)	1	1			1				
<i>Specaria josinae</i>	(Vejdovský, 1884)	1	1			1				
<i>Stylaria lacustris</i>	(Linnaeus, 1767)	1	1			1				
<i>Uncinais uncinata</i>	(Ørsted, 1842)	1	1			1				
<i>Vejdovskyella comata</i>	(Lastočkin, 1921)	1	1			1				
<i>Vejdovskyella intermedia</i>	(Bretscher, 1896)			NL		1				
<i>Vejdovskyella</i> sp. CEB			1			1				2018: <i>Vejdovskyella macrochaeta</i> (Lastočkin, 1921)
Phallodrilinae										
<i>Adelodrilus cooki</i>	Erséus, 1978	1	1					1		
<i>Adelodrilus pusillus</i>	Erséus, 1978	1						1		
<i>Aktedrilus arcticus</i>	(Erséus, 1978)	1	1					1		
<i>Aktedrilus monospermathecus</i>	(Knöllner, 1935)	1	1					1		
<i>Aktedrilus</i> sp. CEA			1					1		2018: <i>Aktedrilus</i> sp A [Krag]
<i>Aktedrilus</i> sp. CEB				DK				1		

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Aktedrilus</i> sp. CEC				NL		1				
<i>Bathydriulus rarisetis</i>	(Erséus, 1975)		1				1			
<i>Gianius aquaedulcis</i>	(Hrabě, 1960)	1							1	Även i ytvatten
<i>Mexidrilus minutissimus</i>	(Erséus, 1987)	1					1			
<i>Mexidrilus</i> sp. CEA			1					1		2018: <i>Phallogdrilinae</i> gen. sp. [GURA]
<i>Paraktedrilus bakeri</i>	Kossmagk-Stephan & Erséus, 1985	1	1					1		
<i>Pirodrilus minutus</i>	(Hrabě, 1973)	1	1					1		
<i>Spiridion insigne</i>	Knöllner, 1935	1	1					1		2018: <i>Spiridion modricensis</i> (Hrabě, 1973)
<i>Thalassodrilus prostatus</i>	(Knöllner, 1935)	1	1					1		
Pristininae										
<i>Pristina aequisetata</i> CEA	Bourne, 1891	1	1			1				2018: <i>Pristina aequisetata</i>
<i>Pristina aequisetata</i> CEB	Bourne, 1891	1				1				2018: <i>Pristina</i> sp D [D1-D2-D3]
<i>Pristina aequisetata</i> CED	Bourne, 1891	1				1				2018: <i>Pristina</i> sp J
<i>Pristina bilobata</i> CEA	(Bretscher, 1903)	1	1			1				2018: <i>Pristina</i> sp N
<i>Pristina bilobata</i> CEB	(Bretscher, 1903)	1				1				
<i>Pristina foreli</i> CEA	(Piguet, 1907)	1	1			1				2018: Del av <i>Pristina</i> sp D [D1-D2-D3]
<i>Pristina foreli</i> CEB	(Piguet, 1907)	1	1			1				2018: Del av <i>Pristina</i> sp D [D1-D2-D3]
<i>Pristina idrensis</i>	(Stephenson, 1931)	1	1			1				2018: <i>Pristina jenkiniae</i> (Stephenson, 1931)
<i>Pristina longisetata</i> CEA	Ehrenberg, 1828	1	1			1				2018: <i>Pristina longisetata</i>
<i>Pristina longisetata</i> CEB	Ehrenberg, 1828	1	1			1				2018: <i>Pristina</i> sp K [ST]
<i>Pristina osborni</i>	(Walton, 1906)	1	1			1				
<i>Pristina</i> sp. CEE		1	1			1				2018: <i>Pristina</i> sp E
<i>Pristina</i> sp. CEF		1				1				2018: <i>Pristina</i> sp F

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
Rhyacodrilinae										
<i>Bothrioneurum vej dovsky anum</i> CEA	Stolc, 1886	1	1			1				2018: <i>B. vej dovsky anum</i> [form A]
<i>Bothrioneurum vej dovsky anum</i> CEB	Stolc, 1886	1	1			1				2018: <i>B. vej dovsky anum</i> [form B]
<i>Branchiura sowerbyi</i> CEA	Beddard, 1892	1				1				Termofil, global, känd från Mälaren. 2018: <i>B. sowerbyi</i>
<i>Epirodri lus pygmaeus</i>	(Hrabě, 1935)	1				1				
<i>Monopylephorus irroratus</i>	(Verrill, 1873)		1					1		
<i>Monopylephorus rubroniveus</i>	Levinsen, 1884	1	1					1		
<i>Rhyacodrilus coccineus</i> CEA	(Vej dovský, 1875)	1	1			1				2018: <i>Rhyacodrilus coccineus</i> [form A]
<i>Rhyacodrilus coccineus</i> CEC	(Vej dovský, 1875)	1				1				2018: <i>Rhyacodrilus coccineus</i> [form C]
<i>Rhyacodrilus coccineus</i> CED	(Vej dovský, 1875)	1	1			1				2018: <i>Rhyacodrilus coccineus</i> [form D]
<i>Rhyacodrilus falciformis</i>	Bretscher, 1901	1	1						1	Indikerar grundvattensutflöde
<i>Rhyacodrilus subterraneus</i>	Hrabě, 1963	1	1						1	Indikerar grundvattensutflöde
<i>Rhyacodrilus</i> sp. CEA		1				1				2018: <i>Rhyacodrilinae</i> sp A [TORNE1]
<i>Rhyacodrilus</i> sp. CEB		1				1				2018: <i>Rhyacodrilinae</i> sp A [TORNE2]
<i>Rhyacodrilus</i> sp. CEC				GB					1	
Tubificinae										
<i>Aulodrilus japonicus</i>	Yamaguchi, 1953	1	1			1				Indikerar eutrofi
<i>Aulodrilus limnobius</i> CEA	Bretscher, 1899	1	1			1				2018: <i>Aulodrilus</i> sp A [ARR]
<i>Aulodrilus limnobius</i> CEB	Bretscher, 1899	1	1			1				2018: <i>Aulodrilus</i> sp B [MJOS] & C [BERB]
<i>Aulodrilus pigueti</i>	Kowalewski, 1914			US		1				
<i>Aulodrilus pluriseta</i>	(Piguet, 1906)	1	1			1				Indikerar eutrofi
<i>Aulodrilus</i> sp. CEC		1				1				Införd från Nordamerika? 2018: Tubificinae gen.sp. C [PAPI]

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Baltidrilus costatus</i>	(Claparède, 1863)	1	1				1			
<i>Clitellio arenarius</i> CEA	(Müller, 1776)	1	1				1			2018: <i>Clitellio arenarius</i> [form A]
<i>Clitellio arenarius</i> CEB	(Müller, 1776)	1	1				1			2018: <i>Clitellio arenarius</i> [form B]
<i>Clitellio arenarius</i> CEC	(Müller, 1776)		1				1			2018: <i>Clitellio arenarius</i> [form C]
<i>Clitellio arenarius</i> CED	(Müller, 1776)		1				1			2018: <i>Clitellio arenarius</i> [form KARELIA]
<i>Embolocephalus velutinus</i>	(Grube, 1879)			NL		1				
<i>Haber speciosus</i>	(Hrabě, 1931)			BE		1				
<i>Haber</i> sp. CEA		1	1			1				2018: <i>Haber</i> sp., unidentified
<i>Ilyodrilus templetoni</i>	(Southern, 1909)	1				1				2018: <i>Ilyodrilus templetoni</i> [form A + C]
<i>Ilyodrilus</i> sp. CEB		1	1			1				2018: <i>Ilyodrilus</i> sp [form B] & <i>Ilyodrilus</i> sp [form D]
<i>Limnodrilus claparedianus</i>	Ratzel, 1868	1	1			1				
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> s.str. (IX)	Claparède, 1862	1				1				Former av <i>L. hoffmeisteri</i> indikerar eutrofi
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> I		1				1				
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> IV				GB, US, SI		1				
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> VII		1	1			1				
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> VIII		1	1			1				
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> X		1	1			1				
<i>Limnodrilus maumeensis</i>	Brinkhurst & Cook, 1966			NL, US		1				
<i>Limnodrilus paraclaparedianus</i>	Zhou & Cui in Zhou, Peng, Wang, Erséus & Cui, 2021	1				1				
<i>Limnodrilus profundicola</i>	(Verrill, 1871)	1	1			1				Indikerar oligotrofi
<i>Limnodrilus udekemianus</i>	Claparède, 1862	1	1			1				
<i>Lophochaeta ignota</i>	Stolc, 1886	1	1			1				2018: <i>Lophochaeta ignota</i> [form A]
<i>Peipsidrilus saamicus</i>	(Timm, 1978)	1	1			1				2018: Tubificinae gen.sp. A [TANS/STOR]

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Potamothenrix bavaricus</i>	(Öschmann, 1913)			DE, DK, EE, IT		1				
<i>Potamothenrix bedoti</i> CEA	(Piguet, 1913)			EE		1				2018: Del av <i>Potamothenrix bedoti</i>
<i>Potamothenrix bedoti</i> CEB	(Piguet, 1913)	1	1			1				2018: Del av <i>Potamothenrix bedoti</i>
<i>Potamothenrix hammoniensis</i>	(Michaelsen, 1901)	1	1			1				Indikerar eutrofi
<i>Potamothenrix heuscheri</i>	(Bretscher, 1900)	1				1				Indikerar eutrofi
<i>Potamothenrix moldaviensis</i>	Vejdovský & Mrázek, 1902	1				1				
<i>Potamothenrix vejdvskyi</i>	(Hrabě, 1941)			EE, NL		1				
<i>Potamothenrix</i> sp. CEA		1	1			1				2018: <i>Potamothenrix</i> sp A [nr heuscheri]
<i>Psammoryctides albicola</i>	(Michaelsen, 1901)	1				1				
<i>Psammoryctides barbatus</i>	(Grube, 1861)	1	1			1				Ofta i oligotrofa vatten
<i>Quistadrilus multisetosus</i> CEA	(Smith, 1900)	1				1				
<i>Quistadrilus multisetosus</i> CEB	(Smith, 1900)			NL		1				
<i>Spirosperma ferox</i> CEA	Eisen, 1879	1	1			1				Vanlig i oligotrofa vatten. 2018: <i>Spirosperma ferox</i> [form A]
<i>Spirosperma ferox</i> CEB	Eisen, 1879	1				1				2018: <i>Spirosperma ferox</i> [form B]
<i>Tasserkidrilus acapillatus</i>	(Finogenova, 1972)	1				1				2018: <i>Tasserkidrilus</i> sp [VAT]
<i>Tasserkidrilus kessleri</i>	(Hrabě, 1962)			NL		1				
<i>Tubifex nerthus</i>	Michaelsen, 1908	1	1				1			2018: <i>Tubificoides</i> sp B [LOFO]
<i>Tubifex smirnowi</i>	Lastočkin, 1927	1	1			1				
<i>Tubifex tubifex</i> CEA	(Müller, 1774)	1	1			1				Former av <i>T. tubifex</i> finns både oligotroft & eutroft. 2018: <i>Tubifex tubifex</i> [form A, C, D, F & G]
<i>Tubifex tubifex</i> CEB	(Müller, 1774)	1	1			1				2018: <i>Tubifex tubifex</i> [form B & E]
<i>Tubifex</i> sp. CEH		1				1				2018: <i>Tubifex tubifex</i> [form H]
<i>Tubifex</i> sp. CEI		1				1				2018: <i>Tubifex tubifex</i> [form I]
<i>Tubificoides amplivasatus</i>	(Erséus, 1975)	1	1				1			
<i>Tubificoides benedii</i>	(Udekem, 1855)	1	1						1	I täta populationer i organiskt belastade stränder

Taxon	Auktor	SE	NO	Landskod	Ter	Lim	Mar	Brv	Grv	Noteringar
<i>Tubificoides fraseri</i>	Brinkhurst, 1986	1							1	
<i>Tubificoides kozloffii</i>	Baker, 1983	1	1				1			
<i>Tubificoides mackiei</i>	Kvist & Erséus, 2018	1	1						1	2018: <i>Tubificoides pseudogaster</i> [form B]
<i>Tubificoides pseudogaster</i>	(Dahl, 1960)	1	1						1	2018: <i>Tubificoides pseudogaster</i> [form A]
<i>Tubificoides swirencowi</i>	Jaroschenko, 1948	1					1			
<i>Tubificoides</i> sp. CEA			1						1	2018: <i>Tubificoides</i> sp A [ATL]
<i>Tubificoides</i> sp. CEC			1						1	2018: <i>Tubificoides pseudogaster</i> [form C]
<i>Tubificoides</i> sp. CED			1						1	2018: <i>Tubificoides pseudogaster</i> [form D]
<i>Tubificinae</i> gen sp. CEA	släkte okänt	1				1				
<i>Tubificinae</i> gen sp. CEB	släkte okänt	1				1				2018: <i>Lophochaeta ignota</i> [form E]
Totalt antal arter: 602										
Arter funna i Sverige		471								
Arter funna i Norge		400								
Arter i företrädesvis terrestra miljöer					231					
Arter i företrädesvis limniska miljöer (ytvatten)						226				
Arter i företrädesvis marina sublitorala miljöer							34			
Arter i företrädesvis marina litorala miljöer och/eller brackvatten								87		
Arter starkt associerade med grundvatten									24	

Bilaga 2

Del 1: Förteckning över publikationer om Skandinaviens gördelmaskar (1974-2022), av Christer Erséus med medarbetare

- Erséus, C. 1974. *Grania pusilla* sp.n. (Oligochaeta, Enchytraeidae) from the west coasts of Norway and Sweden. With some taxonomic notes on the genus *Grania*. Sarsia 56: 87-94.
- Erséus, C. 1975. *Peloscolex amplivasatus* sp.n. and *Macroseta rarisetis* gen. et sp.n. (Oligochaeta, Tubificidae) from the west coast of Norway. Sarsia 58: 1-8.
- Erséus, C. 1975. On the systematic position of *Rhyacodrilus prostatus* Knöllner (Oligochaeta, Tubificidae). Zoologica Scripta 4: 33-35.
- Erséus, C. 1976. Littoral Oligochaeta (Annelida) from Eyjafjörður, North coast of Iceland. Zoologica Scripta 5: 5-11.
- Erséus, C. 1976. Marine subtidal Tubificidae and Enchytraeidae (Oligochaeta) of the Bergen area, western Norway. Sarsia 62: 25-48.
- Erséus, C. & Lasserre, P. 1976. Taxonomic status and geographic variation of the marine enchytraeid genus *Grania* Southern (Oligochaeta). Zoologica Scripta 5: 121-132.
- Erséus, C. & Lasserre, P. 1976. Morphological differentiation between geographically separated populations or marine enchytraeids (Oligochaeta). Inter- or intraspecific variation. Abstract. Zoologica Scripta 5: 187. (Proceedings of the First Scandinavian Symposium on Systematic Zoology, Stockholm 7-9 Jan. 1976.)
- Erséus, C. 1977. Marine Oligochaeta from the Koster area, west coast of Sweden, with descriptions of two new enchytraeid species. Zoologica Scripta 6: 293-298.
- Erséus, C. 1978. New species of *Adelodrilus* and a revision of the genera *Adelodrilus* and *Adelodriloides* (Oligochaeta, Tubificidae). Sarsia 63: 135-144.
- Erséus, C. 1978. Two new species of the little-known genus *Bacescuella* Hrabě (Oligochaeta, Tubificidae) from the North Atlantic. Zoologica Scripta 7: 263-267.
- Erséus, C. 1979. Re-examination of the marine genus *Spiridion* Knöllner (Oligochaeta, Tubificidae). Sarsia 64: 183-187.
- Erséus, C. 1979. Taxonomic revision of the marine genera *Bathydrilus* Cook and *Macroseta* Erséus (Oligochaeta, Tubificidae), with descriptions of six new species and subspecies. Zoologica Scripta 8: 139-151.
- Erséus, C. 1979. Taxonomic revision of the marine genus *Phallogdrilus* Pierantoni (Oligochaeta, Tubificidae), with descriptions of thirteen new species. Zoologica Scripta 8: 187-208.
- Erséus, C. 1980. New species of *Phallogdrilus* (Oligochaeta, Tubificidae) from the Arctic deep sea and Norwegian fjords. Sarsia 65: 57-60.

- Erséus, C. 1980. Morphology and taxonomy of the marine tubificid subfamily Phallo-drilinae Brinkhurst, 1971 (Oligochaeta). Ph.D. thesis. University of Göteborg, Göteborg.
- Erséus, C. 1980. Taxonomic studies on the marine genera *Akteredrilus* Knöllner and *Bacescuella* Hrabě (Oligochaeta, Tubificidae), with descriptions of seven new species. *Zoologica Scripta* 9: 97-111.
- Baker, H.R. & Erséus, C. 1982. A new species of *Bacescuella* Hrabě (Oligochaeta, Tubificidae) from the Pacific coast of Canada. *Canadian Journal of Zoology* 60: 1951-1954.
- Erséus, C. 1982. Taxonomic revision of the marine genus *Limnodriloides* (Oligochaeta: Tubificidae). *Verhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg (Neue Folge)* 25: 207-277.
- Kossmagk-Stephan, K. & Erséus, C. 1985. *Phallo-drilus bakeri* sp.n. (Oligochaeta, Tubificidae) from the Baltic coast of Western Germany and Denmark. *Microfauna Marina* 2: 383-388.
- Helgason, G.V. & Erséus, C. 1987. Three new species of *Tubificoides* (Oligochaeta, Tubificidae) from the North-west Atlantic and notes on geographic variation in the circumpolar *T. kozloffii*. *Sarsia* 72: 159-169.
- Erséus, C. & Diaz, R.J. 1989. Population dynamics of *Tubificoides amplivasatus* (Oligochaeta, Tubificidae) in the
- Erséus, C. 1992. A generic revision of the Phallo-drilinae (Oligochaeta, Tubificidae). *Zoologica Scripta* 21: 5-48.
- Erséus, C., Omodeo, P. & Rota, E. 1994. First records of the allochthonous species *Dichogaster saliens* and *D. bolau* (Oligochaeta: Octochaetidae) from Sweden. *Megadrilogica* 6(2):17-20.
- Erséus, C. 1995. Daggmaskar i badrum - nya inslag i faunan. [In Swedish.] *Fauna och Flora, Stockholm* 90: 34-39.
- Erséus, C. 1997. Tvåsvansad daggmask i Roslagen. [In Swedish.] *Fauna och Flora, Stockholm* 92(4): 22.
- Erséus, C. & Brattegard, T. 1997. Class Oligochaeta (phylum Annelida). In *Distribution of marine, benthic macro-organisms in Norway* (T. Brattegard & T. Holthe, eds.): 142-145. Research Report for DN 1997-1. Directorate for Nature Management, Trondheim.
- Gustavsson, L. & Erséus, C. 1997. Morphogenesis of the genital ducts and spermathecae in *Clitellio arenarius*, *Heterochaeta costata*, *Tubificoides benedii* (Tubificidae) and *Stylaria lacustris* (Naididae)(Annelida, Oligochaeta). *Acta zoologica* 78: 9-31.
- Rota, E. & Erséus, C. 1997. First record of *Dendrobaena attemsi* (Michaelsen) (Oligochaeta, Lumbricidae) in Scandinavia, with a critical review of its morphological variation, taxonomic relationships and geographical range. *Annales zoologici fennici* 34: 89-104.

- Timm, T., Erséus, C. & Lundberg, S. 1997. New and unusual records of freshwater Oligochaeta from the Scandinavian Peninsula. *Nordic Journal of Freshwater Research* 72 (1996): 15-29.
- Erséus, C., Grimm, R., Healy, B., Lundberg, S., Rota, E. & Timm, T. 1998. A survey of Clitellata in Nationalstadsparken, an urban national park in Stockholm. The complete report. 20 pp. Available from Department of Invertebrate Zoology, Swedish Museum of Natural History, Stockholm.
- Lundberg, S., Erséus, C. & Lundin, K. 1998. Inventering av bottenfaunan i Sävåns vattenområde, juni 1997. Svenska Maskprojektet, Naturhistoriska riksmuseet. 22 pp. + appendices. Report available from Department of Invertebrate Zoology, Swedish Museum of Natural History, Stockholm.
- Rota, E., Healy, B. & Erséus, C. 1998. Biogeography and taxonomy of terrestrial Enchytraeidae (Oligochaeta) in northern Sweden, with comparative remarks on the genus *Henlea*. *Zoologischer Anzeiger* 237: 155-169.
- Erséus, C., Grimm, R., Healy, B., Lundberg, S., Rota, E. & Timm, T. 1999. Clitellate diversity in Nationalstadsparken, an urban national park in Stockholm, Sweden. *Hydrobiologia* 406: 101-110.
- Gustavsson, L.M. & Erséus, C. 1999. Development of the genital ducts and spermathecae in the rhyacodrilines *Rhyacodrilus coccineus* and *Monopylephorus rubroniveus* (Oligochaeta, Tubificidae). *Journal of Morphology* 242: 141-156.
- Erséus, C. & Healy, B. 2001. Oligochaeta. In M. J. Costello, C. Embrow & R. White (eds), *European register of marine species. A check-list of marine species in Europe and a bibliography of identification guides*: 231-234. Muséum National d'Histoire Naturelle, Institute d'Écologie et de Gestion de la Biodiversité Service du Patrimoine Naturel, Paris.
- Rota, E. & Erséus, C. 2003. New records of *Grania* (Clitellata, Enchytraeidae) in the Northeast Atlantic (from Tromsø to the Canary Islands), with descriptions of seven new species. *Sarsia* 88: 210-243.
- Erséus, C., Rota, E., Timm, T., Grimm, R., Healy, B. & Lundberg, S. 2005. Riverine and riparian clitellates of three drainages in southern Sweden. *Annales de Limnologie* 41: 183-194.
- Erséus, C. 2005. *Haplotaxis gordioides* – oväntat fynd i Sverige av en sällsynt ringmask. *Fauna och Flora* 100: 42-43. [In Swedish.]
- Erséus, C. & Kvist, S. 2007. COI variation in Scandinavian marine species of *Tubificoides* (Annelida, Clitellata, Tubificidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 87: 1121-1126.
- Envall, I., Erséus, C. & Gustavsson, L. 2008. Ultrastructural investigation of coelomocytes in representatives of Naidinae and Rhyacodrilinae (Annelida, Clitellata, Tubificidae). *Journal of Morphology* 269: 1157-1167.
- Gustafsson, D.R., Price, D.A. & Erséus, C. 2009. Genetic variation in the popular lab worm *Lumbriculus variegatus* (Annelida: Clitellata: Lumbriculidae) reveals cryptic speciation. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 51: 182-189.

- Erséus, C., Rota, E., Matamoros, L. & De Wit, P. 2010. Molecular phylogeny of Enchytraeidae (Annelida, Clitellata). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 57: 849-858.
- Kvist, S., Sarkar, I. N. & Erséus, C. 2010. Genetic variation and phylogeny of the cosmopolitan marine genus *Tubificoides* (Annelida: Clitellata: Naididae: Tubificinae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 57: 687-702.
- De Wit, P. & Erséus, C. 2010. Genetic variation and phylogeny of Scandinavian species of *Grania* (Annelida: Clitellata: Enchytraeidae), with the discovery of a cryptic species. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 48: 285-293.
- Kvist, S., Ocegüera-Figueroa, A.F., Siddall, M.E. & Erséus, C. 2010. Barcoding, types and the *Hirudo* files: using information content to critically evaluate the identity of DNA barcodes. *Mitochondrial DNA* 21:198-205.
- James, S.W., Porco, D., Decaëns, T., Richard, B., Rougerie, R. & Erséus, C. 2010. DNA Barcoding reveals cryptic diversity in *Lumbricus terrestris* L., 1758 (Clitellata): resurrection of *L. herculeus* (Savigny, 1826). *PLoS ONE* 5 (12): e15629.
- De Wit, P., Erséus, C. & Gustavsson, L. 2011. Ultrastructure of the body wall of three species of *Grania* (Annelida: Clitellata: Enchytraeidae). *Acta Zoologica* 92: 1-11. doi: 10.1111/j.1463-6395.2009.00431.x
- De Wit, P., Rota, E. & Erséus, C. 2011. Phylogeny and character evolution in *Grania* (Annelida, Clitellata). *Zoologica Scripta* 40: 509-519. doi:10.1111/j.1463-6409.2011.00486.x
- Epp, L.S., Boessenkool, S., Bellemain, E., Haile, J., Esposito, A., Riaz, T., Erséus, C., Gusarov, V., Edwards, M.E., Johnsen, A., Stenoien, H.K., Hassel, K., Kauserud, H., Yoccoz, N.G., Bråthen, K.A., Willerslev, E., Taberlet, P., Coissac E. & Brochmann, C. 2012. New environmental metabarcodes for analysing soil DNA: potential for studying past and present ecosystems. *Molecular Ecology* 21(8): 1821-1833. doi:10.1111/j.1365-294X.2012.05537.x
- Envall, I., Gustavsson, L.M., & Erséus, C. 2012. Genetic and chaetal variation in *Nais* worms (Annelida: Clitellata: Naididae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 165: 495-520. doi: 10.1111/j.1096-3642.2012.00828.x
- Matamoros, L., Rota, E. & Erséus, C. 2012. Cryptic diversity among the achaetous *Marionina* (Annelida, Clitellata, Enchytraeidae). *Systematics and Biodiversity* 10: 509-225. doi: 10.1080/14772000.2012.723640
- Coulson, S.J., Fjellberg, A., Gwiazdowicz, D.J., Lebedeva, N.V., Melekhina, E., N., Solhøy, T., Erséus, C., Maraldo, K., Miko, L., Schatz, H., Schmelz, R.M., Søli, G., & Stur, E. 2013. Introduction of invertebrates into the High Arctic via imported soils: the case of Barentsburg in the Svalbard. *Biological Invasions* 15: 1-5. doi: 10.1007/s10530-012-0277-y
- Achurra, A. & Erséus, C. 2013. DNA barcoding and species delimitation: the *Stylogdrilus heringianus* case (Annelida, Clitellata, Lumbriculidae). *Invertebrate Systematics* 27:118-128.

- Coulson, S.J., Fjellberg, A., Gwiazdowicz, D.J., Lebedeva, N.V., Melekhina, E., N., Solhøy, T., Erséus, C., Maraldo, K., Miko, L., Schatz, H., Schmelz, R.M., Søli, G., & Stur, E. 2013. The invertebrate fauna of the anthropogenic soils in the High Arctic settlement of Barentsburg; Svalbard. *Polar Research* 32, 19273
<http://dx.doi.org/10.3402/polar.v32i0.19273>
- Martinsson, S., Achurra, A., Svensson, M. & Erséus, C. 2013. Integrative taxonomy of the freshwater worm *Rhyacodrilus falciformis* s.l. (Clitellata: Naididae), with the description of a new species. *Zoologica Scripta* 42: 612-622. doi:10.1111/zsc.12032
- Martinsson, S., & Erséus, C. 2014. Cryptic diversity in the well-studied terrestrial worm *Cognettia sphagnetorum* (Clitellata: Enchytraeidae). *Pedobiologia* 57: 27-35.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.pedobi.2013.09.006>
- Martinsson, S., Rota, E., & Erséus, C. 2015 (Published online 24 Dec 2014). Revision of *Cognettia* (Clitellata, Enchytraeidae): re-establishment of *Chamaedrilus* and description of cryptic species in the *sphagnetorum* complex. *Systematics and Biodiversity* 13: 257-277. doi:10.1080/14772000.2014.986555
- Martinsson, S., Rota, E., & Erséus, C. 2015. On the identity of *Chamaedrilus glandulosus* (Michaelsen, 1888) (Clitellata, Enchytraeidae), with the description of a new species. *ZooKeys* 501: 1-14. doi: 10.3897/zookeys.501.9279
- Martinsson, S., Rota, E., & Erséus, C. 2015. Corrigenda: Martinsson S, Rota E, Erséus, C (2015) On the identity of *Chamaedrilus glandulosus* (Michaelsen, 1888) (Clitellata, Enchytraeidae), with the description of a new species. *ZooKeys* 501: 1–14. doi: 10.3897/zookeys.501.9279. *Zookeys* 504: 153-154. doi: 10.3897/zookeys.504.9972
- Martinsson, S., Rhodén, C. & Erséus, C. 2017. Barcoding gap, but no support for cryptic speciation in the earthworm *Aporrectodea longa* (Clitellata: Lumbricidae). *Mitochondrial DNA* 28: 147-155.
<http://dx.doi.org/10.3109/19401736.2015.1115487>; published online 28 Dec 2015
- Klinth, M.J, Martinsson, S. & Erséus, C. 2017. Phylogeny and species delimitation of North European *Lumbricillus* (Clitellata, Enchytraeidae). *Zoologica Scripta* 46: 96-110. <http://dx.doi.org/10.1111/zsc.12187>
- Martinsson, S., & Erséus, C. 2017. Cryptic speciation and limited hybridisation within *Lumbricus* earthworms (Clitellata: Lumbricidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 106: 18-27.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ympev.2016.09.011> ; available online 14 Sep 2016
- Liu, Y.K., Fend, S.V., Martinsson, S. & Erséus, C. 2017. Extensive cryptic diversity in the cosmopolitan sludge worm *Limnodrilus hoffmeisteri* (Clitellata, Naididae). *Organisms Diversity and Evolution* 17: 477-495.
<http://dx.doi.org/10.1007/s13127-016-0317-z> ; open access
- Liu, Y.K., Fend, S.V., Martinsson, S., Luo, X., Ohtaka, A. & Erséus, C. 2017. Multi-locus phylogenetic analysis of the genus *Limnodrilus* (Annelida: Clitellata: Naididae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 112: 244-257.
<https://doi.org/10.1016/j.ympev.2017.04.019>
- Klinth, M. & Erséus, C. 2017. Klättrande daggmaskar bifångst i Malaisefällor. *Fauna och Flora* 112 (2): 27-31.

- Erséus, C., Envall, I., De Wit, P. & Gustavsson, L. M. 2017. Molecular data reveal a tropical freshwater origin of Naidinae (Annelida, Clitellata, Naididae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 115: 155-127.
<https://doi.org/10.1016/j.ympev.2017.07.016>
- Klinth, M.J., Rota, E. & Erséus, C. 2017. Taxonomy of North European *Lumbricillus* (Clitellata, Enchytraeidae). *ZooKeys* 703: 15-96.
<https://doi.org/10.3897/zookeys.703.13385>
- Prantoni, A.L., Lana, P.C. & Erséus, C. 2017. Global checklist of species of *Grania* (Clitellata: Enchytraeidae) with remarks on their geographic distribution. *European Journal of Taxonomy* 391: 1-44. <https://doi.org/10.5852/ejt.2017.391>
- Martinsson, S. & Erséus, C. 2018. Cryptic diversity in supposedly species-poor genera of Enchytraeidae (Annelida: Clitellata). *Zoological Journal of the Linnean Society* 183: 749–762.
<https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlx084/4708253> (Published online, Dec 2017)
- Erséus, C. 2018. Svenska gördelmaskar (Clitellata) och DNA streckkodning – En rapport om kunskapsläget. [In Swedish]. Report commissioned by the Swedish Environmental Protection Agency. 60 pp. Available online at:
<https://gup.ub.gu.se/publication/267238>
- Martinsson, S. & Erséus, C. 2018. Hybridisation and species delimitation of Scandinavian *Eisenia* spp. (Clitellata: Lumbricidae). *European Journal of Soil Biology* 88: 41-47. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2018.06.003>
- Rota, E., Martinsson, S. & Erséus, C., 2018. Two new bioluminescent *Henlea* from Siberia and lack of molecular support for *Hepatogaster* (Annelida, Clitellata, Enchytraeidae). *Organisms, Diversity and Evolution* 18: 291-312.
<https://doi.org/10.1007/s13127-018-0374-6>
- Martinsson, S., Klinth, M. & Erséus, C. 2018. A new Scandinavian *Chamaedrillus* species (Clitellata: Enchytraeidae), with additional notes on others. *Zootaxa* 4521: 417–429. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4521.3.7>
- Lammers, Y., Clarke, C.L., Erséus, C., Brown, A.G., Edwards, M.E., Gielly, L., Hafli-dason, H., Mangerud, J., Rota, E., Svendsen, J.E. & Alsos, I.G. 2019. Clitellate worms (Annelida) in late-glacial and Holocene sedimentary DNA records from the Polar Urals and northern Norway. *Boreas* 48: 317-329.
<https://doi.org/10.1111/bor.12363>
- Erséus, C., Klinth, M.J., Rota, E., De Wit, P., Gustafsson, D. & Martinsson, S. 2019. The popular model annelid, *Enchytraeus albidus*, is only one of the species in a complex of seashore white worms (Clitellata, Enchytraeidae). *Organisms, Diversity and Evolution* 19:105-133. <https://doi.org/10.1007/s13127-019-00402-6>
- Iwama, R.E., Oceguera-Figueroa, A., De Carle, D., Manglicmot, C., Erséus, C., Morning-Song Mile, N.T.N., Siddall, M.E., & Kvist, S. 2019. Broad geographic sampling and DNA barcoding do not support the presence of *Helobdella stagnalis* (Linnaeus, 1758) in North America. *Zootaxa* 4671(1): 001-025.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4671.1.1>

- Klinth, M.J., Kreiling, A.-K. & Erséus, C. 2019. Investigating the Clitellata (Annelida) of Icelandic springs with alternative barcodes. *Fauna Norvegica* 39: 119-132. <https://doi.org/10.5324/fn.v39i0.3043>
- Phillips, A.J., Dornberg, A., Zapfe, K.L., Anderson, F.E., James, S.W., Erséus, C., Moriarty Lemmon, E., Lemmon, A.R. & Williams, B.W. 2019. Expression of concern: Phylogenomic analysis of a putative missing link sparks reinterpretation of leech evolution. *Genome Biology and Evolution* 11: 1882. <https://doi.org/10.1093/gbe/evz145>
- Phillips, A.J., Dornberg, A., Zapfe, K.L., Anderson, F.E., James, S.W., Erséus, C., Moriarty Lemmon, E., Lemmon, A.R. & Williams, B.W. 2019. Phylogenomic analysis of a putative missing link sparks reinterpretation of leech evolution. *Genome Biology and Evolution* 11: 3082-3093. <https://doi.org/10.1093/gbe/evz120>
- Erséus, C., Williams, B.W., Horn, K.M., Halanych, K.M., Santos, S.R., James, S.W., Creuzé des Châtelliers, M., & Anderson, F.E. 2020. Phylogenomic analyses reveal a Paleozoic radiation and support a freshwater origin for clitellate annelids. *Zoologica Scripta* 49: 614-640. <http://dx.doi.org/10.1111/zsc.12426>
- Martinsson, S., Klinth, M. & Erséus, C. 2020. Testing species hypotheses for *Fridericia magna*, an enchytraeid worm (Annelida, Clitellata) with great mitochondrial variation. *BMC Evolutionary Biology* 20, 116 <http://doi.org/10.1186/s12862-020-01678-5>
- Martinsson, S., Klinth, M. & Erséus, C. 2021. Distribution and genetic diversity of two earthworms, *Helodrilus oculatus* and *Satchellius mammalis* (Clitellata: Lumbricidae) in Scandinavia. *Fauna Norvegica* 41: 1-14. <https://doi.org/10.5324/fn.v41i0.38744>

Del 2: Förteckning över publikationer som hittills kommit från projektet (2019–2022)

- Erséus, C., Klinth, M.J., Rota, E., De Wit, P., Gustafsson, D. & Martinsson, S. 2019. The popular model annelid, *Enchytraeus albidus*, is only one of the species in a complex of seashore white worms (Clitellata, Enchytraeidae). *Organisms, Diversity and Evolution* 19:105-133. <https://doi.org/10.1007/s13127-019-00402-6>
- Martinsson, S. 2019. A morphology-based identification key to the *Cognettia* species of the world (Clitellata: Enchytraeidae). *Soil Organisms* 91: 37-43. <https://doi.org/10.25674/so911103>
- Schmelz, R.M., Klinth, M.J., Chalkia, C., Anastasiadou, P., & Vavoulidou, E. 2019. *Enchytraeus demutatus* sp. nov. (Enchytraeidae, Oligochaeta) has characters hitherto unrecorded in the genus. *Soil Organisms*, 91: 87–96. <https://doi.org/10.25674/so911iss3pp87>
- Horn, K.M., Williams, B.W., Erséus, C., Halanych, K.M., Santos, S.R., Creuzé des Châtelliers, M. & Anderson, F.E. 2019. Na⁺/K⁺-ATPase gene duplications in clitellate annelids are associated with freshwater colonization. *Journal of Evolutionary Biology* 32: 580-591. <https://doi.org/10.1111/jeb.13439>

Iwama, R.E., Oceguera-Figueroa, A., De Carle, D., Manglicmot, C., Erséus, C., Morning-Song Mile, N.T.N., Siddall, M.E., & Kvist, S. 2019. Broad geographic sampling and DNA barcoding do not support the presence of *Helobdella stagnalis* (Linnaeus, 1758) in North America. *Zootaxa* 4671(1): 001-025.

<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4671.1.1>

Klinth, M.J., Kreiling, A.-K. & Erséus, C. 2019. Investigating the Clitellata (Annelida) of Icelandic springs with alternative barcodes. *Fauna Norvegica* 39: 119-132. <https://doi.org/10.5324/fn.v39i0.3043>

Phillips, A.J., Dornberg, A., Zapfe, K.L., Anderson, F.E., James, S.W., Erséus, C., Moriarty Lemmon, E., Lemmon, A.R. & Williams, B.W. 2019. Expression of concern: Phylogenomic analysis of a putative missing link sparks reinterpretation of leech evolution. *Genome Biology and Evolution* 11: 1882.

<https://doi.org/10.1093/gbe/evz145>

Phillips, A.J., Dornberg, A., Zapfe, K.L., Anderson, F.E., James, S.W., Erséus, C., Moriarty Lemmon, E., Lemmon, A.R. & Williams, B.W. 2019. Phylogenomic analysis of a putative missing link sparks reinterpretation of leech evolution. *Genome Biology and Evolution* 11: 3082-3093. <https://doi.org/10.1093/gbe/evz120>

Erséus, C., Williams, B.W., Horn, K.M., Halanych, K.M., Santos, S.R., James, S.W., Creuzé des Châtelliers, M., & Anderson, F.E. 2020. Phylogenomic analyses reveal a Paleozoic radiation and support a freshwater origin for clitellate annelids. *Zoologica Scripta* 49: 614-640. <http://dx.doi.org/10.1111/zsc.12426>

Schmelz, R.M., Klinth, M.J., Wisdom, R., & Bolger, T. 2020. *Astacopsidrilus hibernicus* sp. nov. (Phreodrilidae, Oligochaeta, Annelida) from Irish peatlands. *Zoosymposia* 17: 34-44. <https://doi.org/10.11646/zoosymposia.17.1.6>

Martinsson, S., Klinth, M. & Erséus, C. 2020. Testing species hypotheses for *Fridericia magna*, an enchytraeid worm (Annelida, Clitellata) with great mitochondrial variation. *BMC Evolutionary Biology* 20, 166.

<http://doi.org/10.1186/s12862-020-01678-5>

Jiang, W., Zhou, T.T., Wang, H.Z., Yu, P., Erséus, C., & Cui, Y.D. 2021. Genetic and morphological analyses uncover a new record and a cryptic species in *Allonais* (Clitellata, Naididae). *Biologia* 76: 1704-1714.

<https://doi.org/10.2478/s11756-020-00663-z>

Martinsson, S. & Erséus, C. 2021. Cryptic Clitellata: Molecular species delimitation of clitellate worms (Annelida): an overview. *Diversity* 13, 36.

<https://doi.org/10.3390/d13020036>

Erséus, C., Martin, P., Martinsson, S. & Timm, T. 2021. Case 3826 – *Propappus* Michaelsen, 1905 and PROPAPPIDAE Coates, 1986 (Annelida, Clitellata): proposed conservation by suppression of *Propappus* Seeley, 1888 (Vertebrata, Reptilia). *Bulletin of Zoological Nomenclature* 78: 17-25. <https://doi.org/10.21805/bzn.v78.a006>

Glasby, C.J., Erséus, C. & Martin, P. 2021. Annelids in extreme aquatic environments: diversity, adaptations and evolution. *Diversity* 13, 98.

<https://doi.org/10.3390/d13020098>

Martinsson, S., Klinth, M. & Erséus, C. 2021. Distribution and genetic diversity of two earthworms, *Helodrilus oculatus* and *Satchellius mammalis* (Clitellata: Lumbricidae) in Scandinavia. *Fauna Norvegica* 41: 1-14.
<https://doi.org/10.5324/fn.v41i0.38744>

Klinth., M., Rota., E., Martinsson, S., Prantoni, A.L. & Erséus, C. 2021. New insights into the systematics of *Lumbricillus* and *Marionina* (Clitellata: Enchytraeidae) inferred from Southern Hemisphere samples, including three new species. *Zoological Journal of the Linnean Society* 194: 1103-1133.
<https://doi.org/10.1093/zoolinnean/zlab073>

Zhou, T.-T., Peng, Y., Wang, H.-Z., Erséus, C. & Cui, Y.-D. 2021 Molecular taxonomy and description of a new species of *Limnodrilus* (Naididae, Clitellata, Annelida) in China. *Zootaxa* 5082(4): 301-321. DOI: 10.11646/ZOOTAXA.5082.4.1

Schmelz, R.M., Erséus, C., Martin, P., Van Haaren, T. & Timm, T. 2021. A proposed order-level classification in Oligochaeta (Annelida, Clitellata). *Zootaxa* 5040: 589-597. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5040.4.9>

Bilaga 3

Primers and programs used for amplification and sequencing of fragments of the mitochondrial 16S and COI and nuclear ITS and H3 markers

Gene	Primer	Sequence 5'-3'	Reference	Amplification program
16S	16SAR-L	CGCCTGTTTAT- CAAAAACAT	Palumbi et al. (1991)	95°C for 5 min, 35 cycles each of 95°C for 30 sec, 50°C for 30 sec and 72°C for 60 sec, finally, 72°C for 8 min.
	16SBRH	CCGGTCTGAACTCA- GATCACGT	Palumbi et al. (1991)	
COI	LCO1490	GGTCAACAAATCATA- AAGATATTGG	Folmer et al. (1994)	95°C for 5 min, 35 cycles each of 95°C for 40 sec, 45°C for 45 sec and 72°C for 60 sec, finally, 72°C for 8 min.
	HCO2198	TAAACTT- CAGGGTGAC- CAAAAAATCA	Folmer et al. (1994))	
	COI-E	TATACTTCT- GGGTGTCCGAA- GAATCA	Bely and Wray (2004)	
ITS	ITS-5	GGAAGTAAAAGTCG- TAACAAGG	White et al. (1990)	95°C for 5 min, 35 cycles each of 95°C for 30 sec, 50°C for 30 sec and 72°C for 90 sec, finally, 72°C for 8 min.
	5.8mussR	GATGTCGATGTT- CAATGTGCTCTGC	Källersjö et al. (2005)	
	5.8mussF	CGCAGCCAGCT- GCGTGAATTAATGT	Källersjö et al. (2005)	
	ITS-4	TCCTCCGCTTATTGA- TATGC	White et al. (1990)	
	606F	GTCGATGAAGAGCG- CAGCCA	Liu and Erséus (2017)	
	1082R	TTAGTTTCTTTTCCTC- CGCTT	Liu and Erséus (2017)	
H3	H3F	ATGGCTCGTACCAAG- CAGACVGC	Brown et al. (1999)	95°C for 5 min, 35 cycles each of 95°C for 30 sec, 50°C for 30 sec and 72°C for 90 sec, finally, 72°C for 8 min.
	H3R	ATATCCTTRGGCAT- KATRGTGAC	Brown et al. (1999)	

References

- Bely, A.E., Wray, G.A., 2004. Molecular phylogeny of naidid worms (Annelida: Clitellata) based on cytochrome oxidase I. *Mol Phylogenet Evol* 30, 50-63.
- Brown, S., Rouse, G., Hutchings, P., Colgan, D., 1999. Assessing the usefulness of histoneH3, U2 snRNA and 28S rDNA in analyses of polychaete relationships. *Aust J Zool* 47, 499-516.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., Vrijenhoek, R., 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Mol Mar Biol Biotechnol* 3, 294-299.
- Källersjö, M., von Proschwitz, T., Lundberg, S., Eldenäs, P., Erséus, C., 2005. Evaluation of ITS rDNA as a complement to mitochondrial gene sequences for phylogenetic studies in freshwater mussels: an example using Unionidae from north-western Europe. *Zool Scripta* 34, 415-424.
- Palumbi, S.R., Martin, A., Romano, S., Mc-Millan, W.O., Stice, L., Grabawski, G., 1991. The simple fool's guide to PCR, version 2.0. Privately published, compiled by S. Palumbi., University of Hawaii, Honolulu.
- White, T., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J., 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics., In: Innis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J., White, T.J. (Eds.), *PCR protocols: a guide to methods and applications*. Academic Press, San Diego, pp. 315-322.
- Liu, Y., Erséus, C., 2017. New specific primers for amplification of the Internal Transcribed Spacer region in Clitellata (Annelida). *Ecol Evol* 7, 10421-10439.

Rapporten uttrycker nödvändigtvis inte Naturvårdsverkets ställningstagande. Författarna svarar själv för innehållet och anges vid referens till rapporten.

Etablering av bibliotek av DNA-streckkoder från svenska gördelmaskar (Annelida)

Forskarna har använt en molekylär (DNA-baserad) metod för att ta fram sekvenser av särskilda DNA-markörer, så kallade streckkoder, som används för att identifiera arter, till och med från DNA-spår som olika organismer lämnat i naturen.

Forskningsprojektet har fokuserat på gördelmaskar (Clitellata) som är en särskild klass bland ringmaskarna. Daggmaskarna är den mest välbekanta gruppen inom Clitellata, och de har bland annat en viktig funktion i nedbrytningen av organiskt material i marken. Syftet med projektet är att ta fram DNA-streckkoder för gördelmaskar i ett så kallat referensbibliotek som ska kunna användas för att identifiera arter i framtida miljöövervakning och miljöforskning.

Utifrån 21 000 DNA-prover från främst nordvästra Europa kunde uppskattningsvis 602 arter av gördelmaskar identifieras, varav många är nya för vetenskapen. Detta forskningsprojekt innebär en början på ett omfattande arbete som behöver kompletteras och vidareutvecklas i syfte att utveckla miljöövervakningen.

Etablering av bibliotek av DNA-streckkoder från svenska gördelmaskar (Annelida) är ett av åtta forskningsprojekt i Naturvårdsverkets och Havs- och vattenmyndighetens satsning på DNA-metoder inom miljöövervakning.

Projektet har finansierats med medel från Naturvårdsverkets miljöforskningsanslag som finansierar forskning till stöd för Naturvårdsverkets och Havs- och vattenmyndighetens kunskapsbehov.