INSTITUTIONEN FÖR BIOLOGI OCH MILJÖVETENSKAP

UTVÄRDERING AV BIOTOPVÅRDANDE ÅTGÄRDER I GRIMÅSBÄCKEN

En analys av fysikaliska egenskaper och sammansättning av makroevertebrater

Uppsats för avläggande av naturvetenskaplig kandidatexamen med huvudområdet biologi
BIO603, Examenskurs i Biologi, 30 hp
Grundnivå
Termin/år: Vt 2023 – Ht 2023

Handledare: Johan Höjesjö, Instutitionen för biologi och miljövetenskap
Dan Calderon, Miljöteknik i väst (extern)
Examinator: Frank Götmark, Instutitionen för biologi och miljövetenskap

Björn Andermo

Bild: Björn Andermo 2023-04-03

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning 1
Sammanfattning 2
Abstract 3
Introduktion 4
Introduktion till Grimåsbäcken och Miljöteknik i Väst 4
Syfte 5
Frågeställningar 6
Metod och material 6
Studieområdet 6
Bakgrund till bottenfaunainventering 6
Fysikaliska parametrar 7
Statistik 8
Litteraturstudier: 8
Resultat 8
Makroevertebraterna 8
Biotopkarteringen 11
Diskussion 15
Morfologi 15
..... 16
Återkolonisering 16
Sträckornas beroende 16
Diskussion av metod 17
Fysikaliska faktorer 18
Slutsats 18
Tackord 19
Referenser 19
Artiklar 19
Hemsidor, rapporter och manualer 20
Figurer och bilder 21

Sammanfattning

Många vattendrag har utsatts för omfattande antropogen påverkan till förmån för skogsbruk och jordbruk. Ofta är det frågan om att bäckfåran är sänkt, rätad och rensad vilket leder till en morfologisk karaktär som har svårare att kvarhålla vatten samt förlorad koppling till svämplanet. Vid åtgärder vill man uppnå likheter med vattendragets ursprungliga karaktärer och öka heterogeniteten av habitat. Grimåsbäcken i Säve har tidigare blivit kraftigt påverkad av rätning och rensning till förmån för skogsbruk. Detta har lett till återkommande uttorkning. Bäcken restaurerades med biotopvårdande åtgärder under åren 2021 och 2022 i syfte att öka den kvarhållande förmågan av vatten och att återskapa en mer naturlig strömvattenbiotop. Åtgärderna har bestått av fyra olika behandlingar; 1: spolning och handverktyg, 2: fem tons grävmaskin, 3: spolning och addering av stock i bäcken 4: ett tons grävmaskin. Varje delsträcka behandlades med en av metoderna för att höja bäckbotten, bredda fåran och förhöja retentionen av vatten. Den här studien undersöker den fysikaliska och biologiska responsen efter de olika åtgärdsmetoderna. I undersökningen jämfördes de fyra åtgärdade sträckorna med varandra och med närliggande kontrollsträckor. För varje delsträcka noterades fördelning av bottensubstrat, grad av skuggning, mängden död ved, pH, alkalinitet och temperatur samt bäckbredd i jämförelse med bredd innan åtgärderna. Under registrerad torrperiod gjordes även en visuell uppskattning av bäckens förmåga att kvarhålla vatten. Sammansättningen av makroevertebrater analyserades för att ge en ögonblicksbild av sträckornas ekologiska status. Bäcksländor (Plecoptera) har en hög känslighet för störningar och användes därför som indikatorer. Den fysikaliska analysen visade att bäckbreddens ökning uppnådde ett medelvärde på 800% och mängden vatten i systemet visade en förhöjd potential att kvarhålla vatten. Beträffande bottenfaunan har de åtgärdade sträckorna återkoloniserats av 30% av arterna redan ett år efter utförd habitatförbättring. I två av delsträckorna påträffades dock endast 13% av arterna, i dessa två var mängden död ved från gran påtagligt högre än i de andra. Ett högre individantal kunde påvisas i de sträckor med mindre mängd död ved. Kontrollsträckorna uppvisade en högre familjediversitet (Shannon diversitetsindex) och den orörda sträckan inom åtgärdsområdet hade högst index. Av de behandlade sträckorna var spolning och handverktyg den metod som resulterade i den mest naturtrogna biotopen reflekterat i kontakten med svämplanet och variationen av habitat. Här återfanns också flest taxa, högst individantal och högst antal Plecoptera. Slutsatsen från utvärderingen belyser stora skillnader i komposition av bottenlevande organismer mellan delsträckorna med potentiella samband till attribut som död ved och bottensubstrat. Undersökningen utfördes i ett mycket tidigt successionsstadie och det är därför rekommenderat att återinventera bäcken för att studera utvecklingen efter en längre tid.

Nyckelord: rätade vattendrag, retention, biotopvård, makroevertebrater, bottensubstrat, död ved.

Abstract

Many streams have been exposed to extensive anthropogenic impact for the benefit of forestry and agriculture. The effects has mainly been channelization characterized by lowered and straightened channels. This homogeneous morphology leads to decreased ability to retain water as well as lost connection to the floodplain. Restoration measures aims to achieve similarities with the streams pristine characters and increase the heterogeneity of habitats. Grimåsbäcken in Säve has historically been heavily affected by channelization to gain more land for forestry which has led to recurrent draught. Biotope preservation measures was performed in the years 2021 and 2022 to increase the retention capacity of water and to recreate a more natural stream water biotope. The stream was treated with four different methods; 1: high pressure pump and hand held tools, 2: five ton excavator, 3: high pressure pump and adding log in the stream 4: one ton excavator. Each section was treated with one of the methods to raise the stream bed, widen the furrow and increase the retention of water. This study investigates the physical and biological response following the different restoration methods. In the survey, the four restored reaches were compared with each other and with nearby control reaches. For each reach, the distribution of bottom substrate, degree of shading, amount of woody debris, pH, alkalinity and temperature as well as stream width in comparison with width before the measures were noted. A visual assessment of the streams ability to retain water was made during the dry period. Macroinvertebrate composition was analyzed to provide a snapshot of the ecological status of the reaches. Stoneflies (Plecoptera) have a high sensitivity to disturbances and were therefore used as indicators. The physical analysis showed that stream width increased with 800% and the amount of water in the environment showed an increased potential to retain water. Regarding recolonization of the benthic fauna, 30% of the species found in the control reaches were observed in the restored reaches already one year after the habitat improvement was carried out. In two of the reaches, however, only 13% of the species were found, in these two the amount of dead wood from spruce was significantly higher than in the others. A higher number of individuals could be detected in the reaches with less dead wood from spruce. The controls showed a higher family diversity (Shannon diversity index) and the intact reach within the restored area had the highest index. Of the reaches treated, high pressure pump and hand tools were the method that resulted in the most varied biotope with its connection to the floodplain and alterations of habitats. This reach showed the highest numbers of taxa, individuals and Stoneflies among the restored reaches. The conclusion enlightens the differences in macroinvertebrate composition between the reaches with potential connection to attributes like amount and type of woody debris and substrate. The fact that the succession is at an early stage motivates a restudy in a couple of years to follow up the processes in the stream.

Keywords: Channelized streams, retention, biotope preservation, macroinvertebrates, bottom substrate, woody debris.

Introduktion

Det här arbetet orienterar sig runt en sträcka av en kraftigt modifierad bäck som nyligen åtgärdats för att för att säkerställa vattenföring året runt. Historiskt har markanvändningen runt sträckan varit präglad av skogsbruk. För att maximera ytorna tillgängliga för skogsbruk har bäckfåran utsatts för omfattande rätning och rensning vilket har lett till försämrad kvarhållningsförmåga av vatten och uttorkning under sommaren. Den här undersökningen utvärderar responsen efter åtgärderna där både fysikaliska och biologiska parametrar kvantifieras i bedömningen.

I historiens fotspår har människan utvecklats och präglats i miljöer nära vatten. Nyttjandet av vattnet har skett i stor utsträckning och idag kan vi se vissa av spåren längs de flesta av våra vattendrag. Det finns bestämmelser i svensk lag som säkerställer bevarandet av kulturlämningar som fortsatt skall tala om hur vi levde förr. Vissa lämningar i och intill vatten är tydliga men en del verksamheter som har pågått går nästan inte att se idag. Ett bra exempel är den slåtter som man drev på maderna längs med åar och bäckar för att försörja sitt boskap med hö från högörtsängar (Degerman & Schreiber, 2008). Oavsett aktivitet har människan utgjort en påfrestning och de mest påtagliga spåren på vattendrag kommer från vattenkraft, flottning av timmer (Kuglerová et.al., 2016) och intensivt jord- och skogsbruk. Dessa verksamheter har i varierad grad påverkat vattendragens fysikaliska och biologiska tillstånd (Nilson et.al. 2018), och spåren avslöjas enkelt av morfologiska förändringar som rätning och rensning. I många fall kan man se block och sten och jordmassor som har flyttas från fårorna och deponeras i vallar vid sidan om fåran, som inte allt för sällan också rätats ut för att underlätta flottning eller för att avvattna och tillgängliggöra mark i anslutning till vattendraget. Detta har lett till högre inneslutning av fårorna och mer extrema fluktuationer i flödesförhållanden vilket tillsammans med homogena biotoper inte utgör en god förutsättning för hög artrikedom (Gustavsson et. al. 2013). Spår från vår historia kring vattendragen innebär idag stora behov av habitatförbättrande åtgärder. Idag finns ett uttalat vägledande miljömål för levande sjöar och vattendrag i Sverige. Enligt en fördjupad utvärdering av målen uppnås endast en av elva preciseringar till 2030, och utvecklingen är neutral eller nedåtgående, men förväntas på lång sikt att förbättras (HaV, 2022). Komplexiteten är stor när det kommer till faktorer som påverkar bäckars ekologiska tillstånd. De fysikaliska faktorerna och kemiska sammansättningen i och omkring en bäckbiotop utgör en direktpåverkan på levnadsvillkoren i bäcken. Relationen mellan strömmar och bottensubstrat, tillgång till alloktont material (organiskt material som som härstammar från den terrestra omgivningen) och vattentemperatur är några avgörande fysikaliska parametrar som påverkar biologin i bäcken (Ridl et. al. 2018).

Introduktion till Grimåsbäcken och Miljöteknik i Väst

Delar av Grimåsbäcken i Säve har under många år varit modifierade för att tillgodose behov inom skogsbruket genom rätning, rensning och och fördjupning av fåran. Idag står en skog på uppskattningsvis 60 år i anslutning till delar av bäcken. Effekten av tidigare åverkan har varit stor på bäckens flödesförhållanden, framförallt beträffande kontinuitet av blötläggning under sommaren. Företaget Miljöteknik i Väst har i erfarenhet av biotopvård i limniska miljöer utfört restaurerande åtgärder i Grimåsbäcken under åren 2021 och 2022. Det har handlat om alltifrån manuella krafttag till en del större maskinella grävarbeten. I stora drag har de bestått

av breddning kombinerat med höjning av fåran och igenpluggning av diken för att möjliggöra magasinering av vatten uppströms.

Åtgärderna har utförts i två steg där man vintern 2021 använde sig av metoderna spolning med handverktyg och spolning med stock i bäcken. En högtryckspump som normalt används vid naturbränning har här använts för att spola ner deponierna och de tidigare utgrävda branterna. Handverktyg i form av spadar och hackor har använts i likhet med hartijokimetoden (Degerman & Schreiber, 2008) utifrån definitionen att man jobbar med befintliga substrat som block, sten, grus och fyllnadsmaterial från omgivningen för att uppnå en variationsrik biotop i samband med höjning och breddning av bäcken. Metoden spolning med stock är i det närmaste samma metod som den första, med tillägget att här har nedsågade granar och tallar placerats i bäckfåran för att generera ytterligare höjning.

Steg två bestod av åtgärder med grävmaskiner och utfördes under vintern 2022. Här har man för två olika delsträckor använt en större grävmaskin på fem ton och en mindre variant utan hytt med en vikt på ett ton. I steg två tillkom även fördämningar för att kvarhålla större vattenmassor. Skillnaden i vilken effektivitet som maskiner erbjuder i jämförelse med handverktyg är omfattande, man flyttar helt andra massor på kort tid. Samtidigt kräver grävarbeten överlag en stor acceptans från markägare för att flytta in maskiner i området eftersom en hel del skog går åt och markytor påverkas för att enbart ta ha möjlighet att få fram maskinerna. Stora fördelen med den mindre grävmaskinen på ett ton utan hytt är att den är betydligt enklare att få in utan att det uppstår några maskinskador från transporten genom skogen.

En genomgående strategi för samtliga metoder var att såga ner gran och någon enstaka tall. Detta för att underlätta åtkomst till bäckfåran men också i syfte att släppa in ljus och ge möjlighet åt lövträd att växa längs bäcken. Samtliga åtgärder har syftat till att fördröja vattnet i bäcken i hopp om att uppnå longitudinell konnektivitet med delar av bäcken med mer ursprungligt tillstånd. Man har också försökt återskapa bäckens koppling till den laterala omgivningen och återskapa en variationsrik biotop som gynnar ekosystemet i och runt bäcken.

Undersökningen är kortfattat uppdelad i två delar. En analys av fysikaliska egenskaper i bäcken utifrån standardiserad metod för biotopkartering samt en biologiskt orienterad inblick i bäcken som fokuserar på artsammansättningen av bentiska makroevertebrater. Kontroll sker genom jämförelse med icke åtgärdade sträckor i samma bäck längre uppströms samt lokaler i bäcken nedanför de restaurerade sträckorna. Miljöteknik i väst har tidigare samlat in data som berör bäckfårans höjd samt våta bredden av bäcken vid representativa flödesförhållanden. Nya mätningar har gjorts för att ge en fingervisning om hur bäcken lyckas kvarhålla vatten under eventuella torrperioder. Det finns möjlighet till att insamlad data kan ligga till grund för vidare utvärdering och studier på området i framtiden beträffade återhämtning av bottenfauna.

Syfte

Syftet med undersökningen var att studera delsträckornas nuvarande ekologiska status utifrån mätbara fysikaliska och biologiska faktorer. Mätningarna utfördes för att undersöka i vilken utsträckning de olika habitatförbättrande åtgärderna har påverkat livsmiljöerna i bäcken och hur responsen i faktorerna har sett ut. Utifrån ett fysikaliskt perspektiv gjordes en jämförelse mellan nuvarande tillstånd och tidigare fysikaliska data från bäcken för att ge en möjlighet till att utvärdera de olika metoder som använts vid åtgärderna. Detta i syfte att bidra med kunskap om metodval vid restaurering av rinnande vatten. Detta undersöktes genom följande frågeställningar:

Frågeställningar

- Vilka fysikaliska förutsättningar för biologisk återhämtning finns i form av biotopens variabilitet och komplexitet i bäckens morfologi?

- Hur skiljer sig kompositionen av limniska makroevertebrater åt *mellan* de sträckor som restaurerats med olika metoder, i förhållande till kontrollsträckor?

- Förekommer det något samband mellan delsträckornas fysikaliska egenskaper och framträdande arter?

Metod och material

Studieområdet

Bäcken som studien kretsar kring är belägen mellan Göteborg och Kungälv och rinner från Ligårds mosse genom ett kulturlandskap stundtals starkt präglat av skogsbruk för att slutligen mynna ut i Nordre älv. Den strandnära vegetationen för undersökningsområdet är kraftigt dominerad av gran (*Picea abies*) och tall *(Pinus sylvestris)* med regelbundna påhälsningar av björk (*Betula sp*) och ytterligare men glest spridda inslag av klibbal (*Alnus glutinosa*) ask (*Flaxinus excelsior*), asp (*Populus tremula*) och brakved (*Rhamnus frangula*).
Undersökningen genomfördes under perioden april – juli 2023. Bäcksträckan som ingår i undersökningen är uppdelad i sju delsträckor fördelade över en 0,7 km lång bäcksträcka. En kontrollsträcka återfinns uppströms och en kontroll nedströms från åtgärdsområdet. Fyra sträckor är åtgärdade med fyra olika metoder och en sträcka inom området är lämnad utan åtgärder.

Bakgrund till bottenfaunainventering

Utöver komplexiteten i bäckars morfologi är kompositionen av bentiska makroevertebrater sedan länge en väl använd biologisk indikator för kvaliteten av limniska habitat (Gustavsson et. al. 2013). Biologiska funktioner som makroevertebratsamhällen återhämtar sig snabbt i och med att insekter ofta sprids mellan vattendragen under den terrestra fasen, men för att synliggöra en fullkomlig återhämtning krävs undersökning under lång tid (Lorentz et. al. 2009., Wood & Petts, 1994). Dessa organismer utgör viktiga funktioner i bäcken med avseende på fragmentering av detritus såväl som att utgöra föda för högre trofiska nivåer. De har också en viktig överbryggande roll från bäcken till den terrestra omgivningen där organismernas adulta stadier bidrar till födotillgång för insektsätare på land (Gustavsson et. al. 2013). En jämförelse av bottenfauna före och efter biotopvård är att föredra men det är sällan man har data från innan åtgärderna (Lorentz et. al. 2009). Istället har närliggande sträckor uppströms och nedströms restaureringsområdet använts för att representera bäckens skick innan restaureringen.

Sparkprov

För att studera bottenfaunan har jag samlat in tio replikat från varje delsträcka. Insamling av bottenfauna skedde genom standardiserad metod för sparkprover, SS-EN ISO 10870:2012 (SiS, hämtad 2023-04-04). Sparkprov i kombination med biotopkartering ger en

ögonblicksbild av potentiella samband mellan de bottenlevande organismernas förmåga att återkolonisera habitaten och omgivningens fysikaliska sammansättning.

Varje delsträckas längd stegades och bredd uppskattades till ett medelvärde och detta utgjorde grund för slumpmässiga koordinater för sparkproven. För att få fram slumptal till varje koordinat använde jag mig av funktionen slumpmatris i excel som noterades i varje protokoll. Insamlingen av bentiska makroevertebrater utfördes med finmaskig håv med dimensionerna 25 x 25 cm och med en maskvidd av 0,5 mm som hölls nedströms medan lätta sparkar gjordes i bottensubstratet framför håven under en minut. Innehållet tömdes och silades genom två silar för att lättare kunna urskilja organismerna. Därefter plockades observerade organismer ut med pincett och konserverades i små burkar med etanol (65%). Individantal samt koordinater för varje replikat noterades i loggbok i fält medan processen för taxonomisk bestämning ägde rum i laboratorium. Insamlade individer sorterades in i taxonomiska nivån familjer med hjälp av mikroskop och bestämningsnycklar för limniska evertebrater (Nilsson, 1996, Norling & Sahlen, 1997, Brittain & Saltveit, 1996, Solem & Gullefors, 1996 & Smith, 1997). Taxa och antal individer noterades i tabeller utifrån vilka replikat och delsträckor de observerats i. För att studera artsamhällena gjordes beräkningar av Shannon diversitets index som tar hänsyn till antalet arter och antalet individer av varje art. Beräkningar gjordes för hela bäcksträckan samt varje delsträcka för sig i försök att uppskatta bäckbottens status samt erhålla ett jämförbart mått på jämnhet och fördelning av makroevertebrater i studieområdet.

Fysikaliska parametrar

Biotopkartering

För att beskriva vattendrag används idag biotopkartering som en standardiserad metod vid exempelvis naturvärdesbedömningar, limnisk naturvård och uppföljning av restaurering i vattendrag. En systematisk granskning av vattendragens komplexitet i form av morfologi och fysikaliska egenskaper utgör grunden för metoden. Detta ger dels information om hur bäcken fungerar ekologiskt och bidrar samtidigt med kunskap om exempelvis förekomst av värdefulla livsmiljöer och hur olika delsträckor påverkar varandra (Lst Jönköping, 2017). Standardiserad biotopkartering utfördes i maj/juni enligt manualen *Biotopkartering vattendrag - metodik för kartering av biotoper i och i anslutning till vattendrag* (HaV, 2017). Karteringen utfördes genom en visuell uppskattning av de fysiska egenskaperna under en vandring uppströms längs delsträckororna. Bedömningen berör i första hand biotop, hydromorfologi och flödesdynamik i bäcken. I analysen har ett urval av de fysikaliska egenskaperna från karteringen hanterats. De faktorer som inkluderats är fördelning av bottensubstrat, mängden död ved, strömförhållanden, fårans form och inneslutning, bäckens skuggning av strandnära vegetation samt förekomst av limnisk vegetation.

Mätning av bäckbredd och bottenprofil

Ytterligare granskning av bäckens morfologi gjordes för att utvärdera de fysikaliska effekterna efter åtgärderna. Denna granskning var uppdelad i tre kategorier: bäckbredd, bäckbottenprofil samt visuell kontroll av vattennivåer under torrperiod. Under sommaren har bäckens vattennivåer i tidigare torrlagda sektioner nedströms åtgärdssträckorna studerats. Vid observation av långvarig torka besöktes bäcken och kontrollen innebar en uppskattning av bäckens kvarhållningsförmåga av vatten. Kontrollplatserna fotograferades och vattenföringen noterades enligt klasserna torr, stillastående eller rinnande. Fotografierna jämfördes sedan med dokumenterade bilder från torrperioder tagna innan restaureringen utförts.

Bäckens våta bredd har uppmätts under representativ period för att jämföras med data från tidigare år. En annan morfologisk aspekt som tagits med i utvärderingen är bäckbottens höjd som uppmätts med laser utifrån en given referenshöjd. Mätstock placerades på botten vid 17 kontrollpunkter medan lasern hölls i referensläget och avlästes på mätstocken. Detta gav ett nuvarande värde på antal centimeter till bäckbotten och ökning sedan åtgärderna erhölls enkelt genom att subtrahera det tidigare värdet med nuvarande avstånd till referenshöjden.

Under arbetet med sparkprover observerades en frånvaro av levande organismer i en sektion av bäcken. Därför gjordes ytterligare tester där temperatur, pH och alkalinitets gradient uppmättes för att undersöka om man kunde visa på något samband med individlösa sektionen. Mätningar gjordes under torrperiod vid 16 kontrollstationer längs bäcken och bokfördes i tabell.

Statistik

Samtliga data testades för normalfördelning med hjälp av Shapiro Wilks test. Test för skillnad i familje-rikedom och individtäthet mellan de olika delsträckorna gjordes genom Mann-Whitney U test då datan inte var normalfördelad (problematik kring kriterier tas upp i diskussionen). Där jämfördes varje åtgärdssträcka med kontrollsträcka uppströms respektive nedströms. Korrelations test för samband mellan de observerade fysikaliska egenskaperna och förekomst av bäcksländor gjordes med ett Pearsons korrelationstest.

Litteraturstudier:

För att hitta artiklar från forskning inom området har sökningar utförts i databaserna Web Of Science och Scopus. Följande sökord har varit genomgående i litteratursökandet:

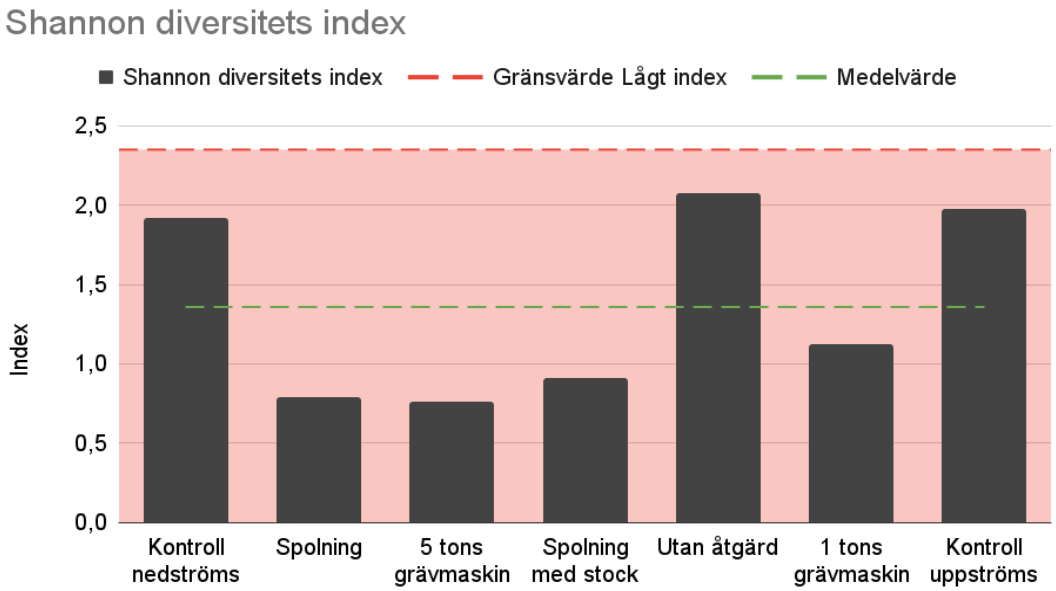
restoration* streams* macroinvertebrates* (All Fields)
straighten* channels* restoration* (All Fields)
habitat* preference* nemouridae* (All fields)

Resultat

Makroevertebraterna

I bottenfaunainventeringen identifierades totalt 26 taxa från hela undersökningsområdet och 51% av individerna representerades av tre taxa inom ordningen Plecoptera. Kontroll nedströms hade markant fler individer (figur 2) än samtliga sträckor förutom spolning och handverktyg som inte visade skillnad i individantal ($p = 0,11$, Mann-Whitney U-test). I den sträcka som behandlats med spolning och handverktyg observerades högst antal individer (figur 6) och högst antal familjer (figur 3) bland de åtgärdade sträckorna, totalt 69 individer varav 81% tillhörde ordningen Plecoptera och familjen Nemouridae (figur 8). Skevheten i fördelningen av familjer resulterade i ett mycket lågt Shannons diversititsindex på 0,78 för denna delsträcka (se figur 1). Samtliga åtgärdade sträckor hade ett index under 1 (figur 1 och tabell 1). Sammantaget hade hela studiesträckan ett index på 2,06. Spolning med stock visade med sitt låga individantal en utmärkande skillnad från de sträckor som lämnats utan åtgärd. I tio sparkprov påträffades endast 8 individer från 3 taxa. Denna sträcka var den enda som saknade representanter från Plecoptera. Här tillhörde instället 62% av de påträffade individerna fåborstmaskar från familjen Lumbriculidae (figur 10). Representanter från denna familj påträffades i samtliga sträckor. Skillnader i antal individer inom sträckorna var störst i de sträckor som behandlats med spolning och handverktyg och ett tons grävmaskin, (se

outliers för Spolning och Gräv1 i figur 2). I dessa erhölls de fyra högsta individantalen per replikat för hela studiesträckan på 25, 26, 19 och 28 individer.

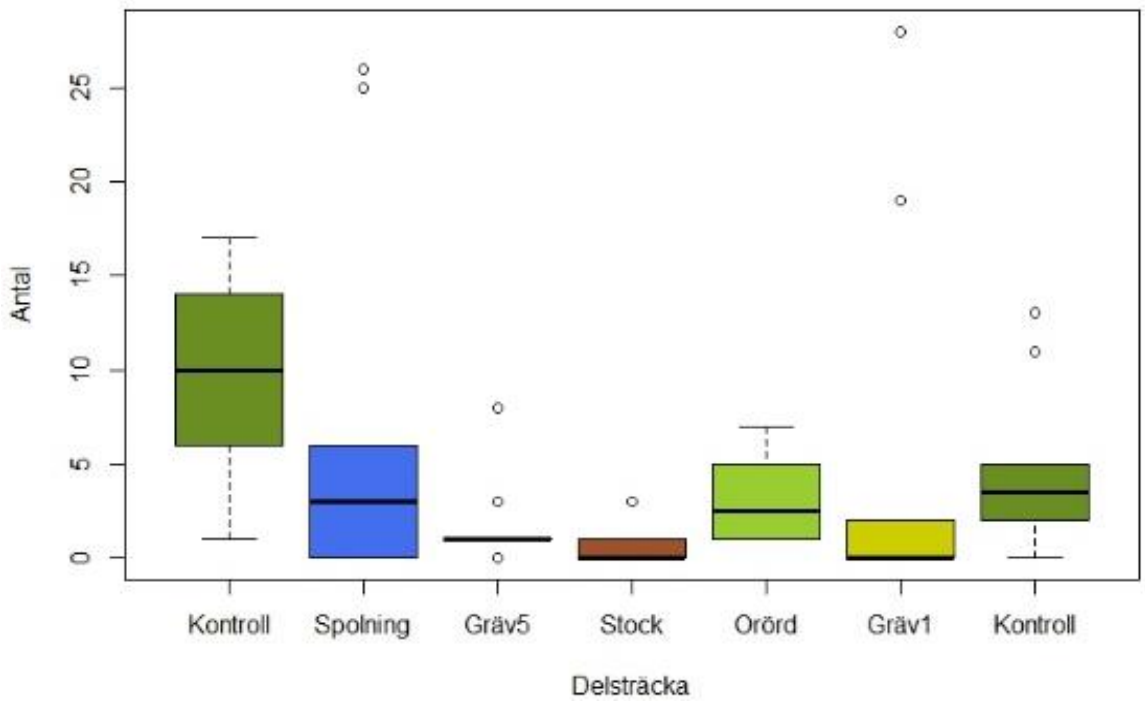


Figur 1. Shannon diversitetsindex för de olika sträckorna. Röda fältet illustrerar området för klassen "mycket lågt index" enligt bedömningsgrunder för rinnande vatten (tabell 1). Grön streckad linje anger medelvärdet för alla sträckorna.

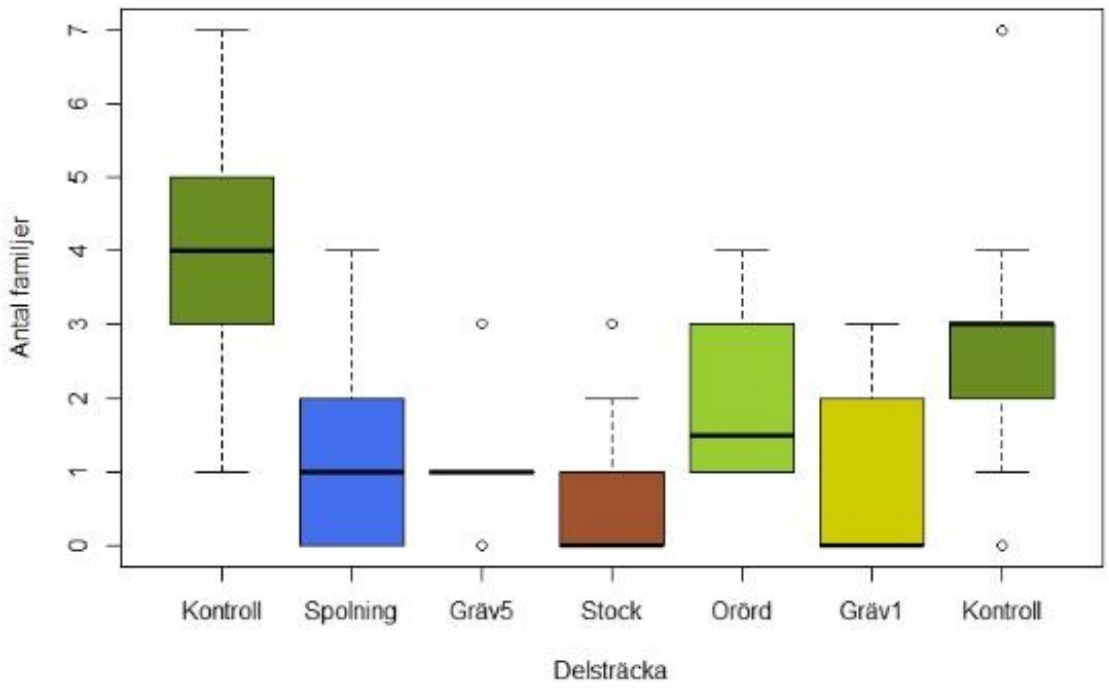
Tabell 1. Indelning av klasser för Shannons diversitetsindex.

	Klassbenämning	Shannon diversitetsindex
1	Mycket högt index	> 4,15
2	Högt index	3,85–4,15
3	Måttligt högt index	2,95–3,85
4	Lågt index	2,35–2,95
5	Mycket lågt index	<2,35

Fem tons grävmaskin och spolning med stock och visade signifikant skillnad i individantal per replikat (figur 2) mot kontroll nedströms ($p \leq 0{,}001$) och kontroll uppströms ($p \leq 0{,}03$) För samma sträckor var även det låga antalet påträffade familjer per replikat (figur 3) statistiskt signifikant mot kontroll nedströms ($p \leq 0{,}0005$) och kontroll uppströms ($p \leq 0{,}001$).



Figur 2. Låddiagram för individantal per sparkprov i de olika delsträckorna. Centralmåttet är medianer vilket ger robusthet mot extremvärden jämfört med vad medelvärden ger (outliers har ändå markerats i grafen). Totalt individantal: Kontroll n=99, Spolning n=69, Gräv5 n=17, Stock n= 8, Orörd n=31, Gräv1 n=50, kontroll n=41.



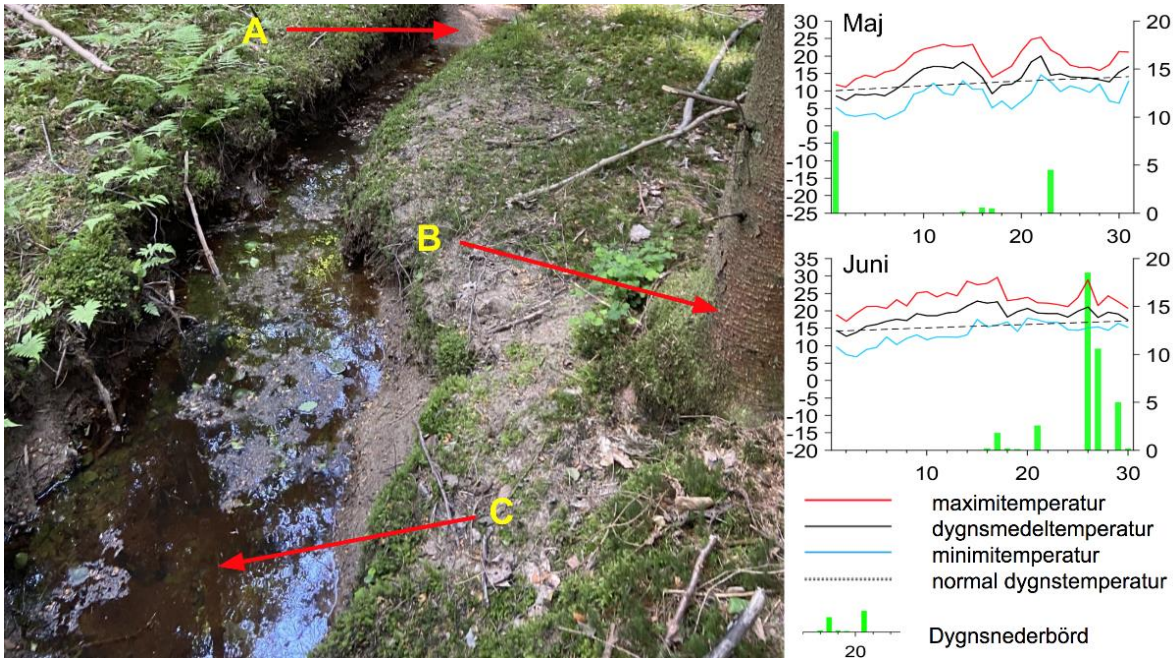
Figur 3. Låddiagram för antalet familjer per sparkprov med centralmåttet medianer. Medianen noll i Stock och Gräv1 indikerar fler sparkprov utan individer än sparkprov med individer. Totalantal familjer: Kontroll =16, Spolning n=7, Gräv5 n=3, Stock n= 3, Orörd n=31, Gräv1 n=50, kontroll n = 41.

Biotopkarteringen

Utifrån observationer i fält har bäcken lyckats kvarhålla en sparsam mängd vatten även under de torraste perioderna av sommaren. Den nionde juni visade ett besök att flertalet stationer fortfarande bar vatten även efter 16 dagar av värme och frånvaro av nederbörd (se figur 4). I delsträckorna som åtgärdats med fem tons grävmaskin och spolning med stock var vattenförekomsten riklig men i de övriga var det partiellt torrlagt och endast till synes stillastående vatten i pölar och svagt strömmande vid kontrollsträcka nedströms. Vid samma fältbesök uppmättes vattentemperaturen på 16 stationer längs bäcken till en medeltemperatur på 12,4 C° (se temperatur per delsträcka i tabell 2).

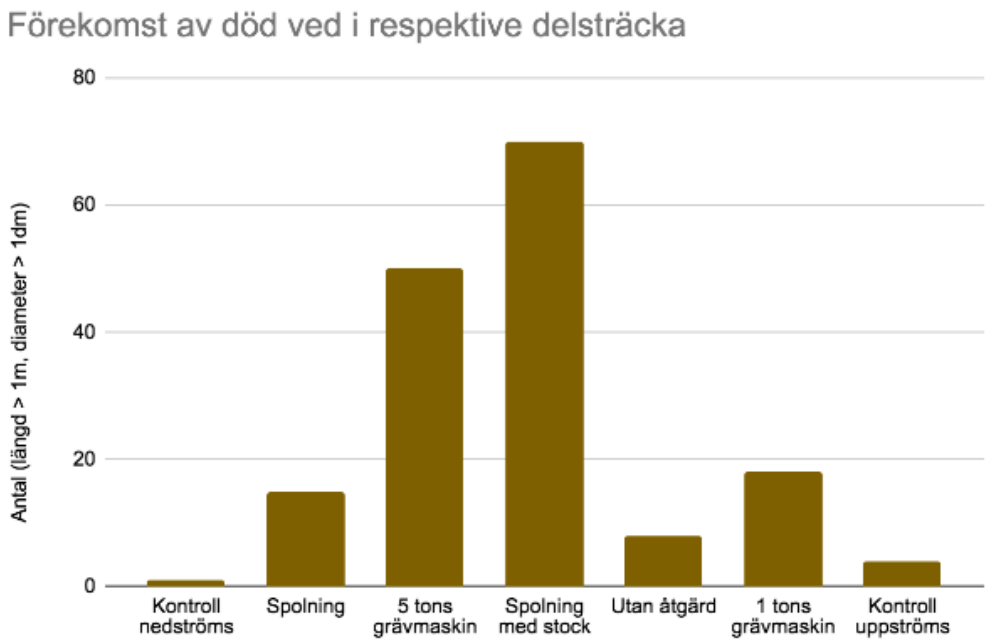
Tabell 2. Antal taxa, individer av bottenlevande organismer från sparkproverna, beräknat Shannon diversitetsindex per delsträcka. samt en sammanställning av fysikaliska egenskaper och förhållanden i de olika delsträckorna från biotopkarteringen och tidigare mätningar av bredd och bäckbottendjup.

Åtgärdsmetod	Antal taxa	Antal ind.	Diversitets index (Shannon)	Dominerande substrat	Död ved (antal)	Ökning i bäckbredd (m)	Ökning av bäckbotten (cm)	Vatten-temp 9/6 (C°)	Fårans skuggning
Kontroll nedströms	15	99	1,91	Sand	1	1,2	9	11,4	50%
Spolning	7	69	0,783	Sand	15	1	10	11,6	60%
5 tons grävmaskin	3	17	0,753	Lera	>50	19,4	86	12,4	30%
Spolning med stock	3	8	0,9	Findetritus	>70	13,9	27	12,4	30%
Utan åtgärd	10	31	2,07	Sand/Grus	8	2,7	28	11,6	70%
1 tons grävmaskin	6	50	1,12	Sand	18	2,2	28	12,5	50%
Kontroll uppströms	12	41	1,97	Sand/vegetation	4	0,3	−3	11,6	30%



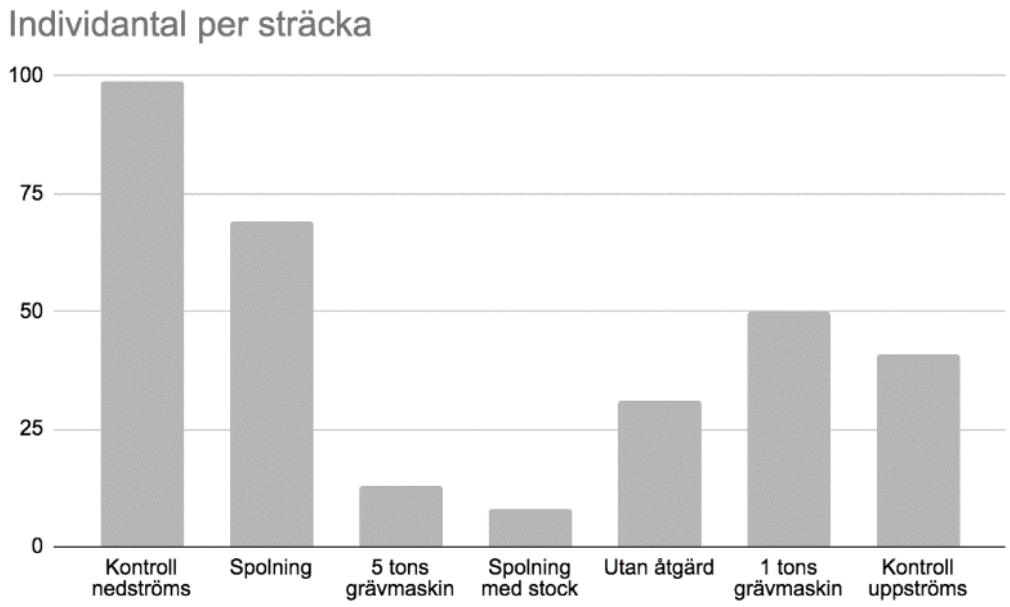
Figur 4. En bild av nedre kontrollsträckan under registrerad torrperiod. Figurerna till höger visar månatlig lufttemperatur och nederbörd i Göteborg för maj och juni (SMHI, temperatur och nederbörd vid 10 mätstationer maj/juni 2023). Bild (till vänster): Björn Andermo 09/06–2023

Punkt A i figur 4 avslöjar att en sandig bäckbotten är blottad och ligger ovanför det vid bildtillfället rådande vattenståndet. Det lilla vattnet som står kvar visar inte upp mycket

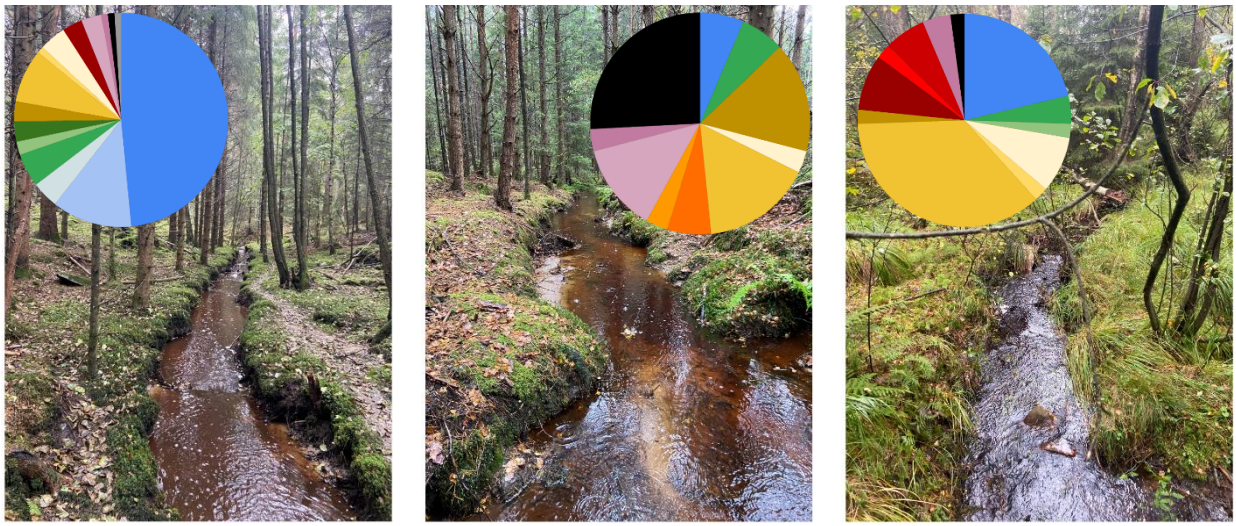


Figur 5. Diagrammet illustrerar observerad mängd död ved per delsträcka. Visuell uppskattning utifrån särskilt storlekskriterium för längd och diameter (se etikett på vertikal axel)

rörelse men vattentemperaturen och ett försiktigt porlande källflöde avslöjade viss rörelse av vattnet. Punkt B är en angivelse till att bäcksträckan är omgiven av växtlighet, i många fall en alternering av granplantering och kryptogamer med inslag av lövträd som al, ask och björk. Variationen i förekomst av död ved visade sig mycket påtaglig mellan de olika sträckorna, i synnerhet mycket höga antal i delsträckorna 5 tons grävmaskin och spolning med stock där >50 respektive >70 attribut observerats (figur 5 och tabell 2). Pearsons korrelationstest för död ved (figur 5) individantal (figur 6) visade en kraftig negativ koefficient (r) men statistiskt starka bevis saknas ($r = -0{,}74$, $p = 0{,}055$, $df = 5$).



Figur 6. Totalt antal observerade individer från respektive delsträcka.

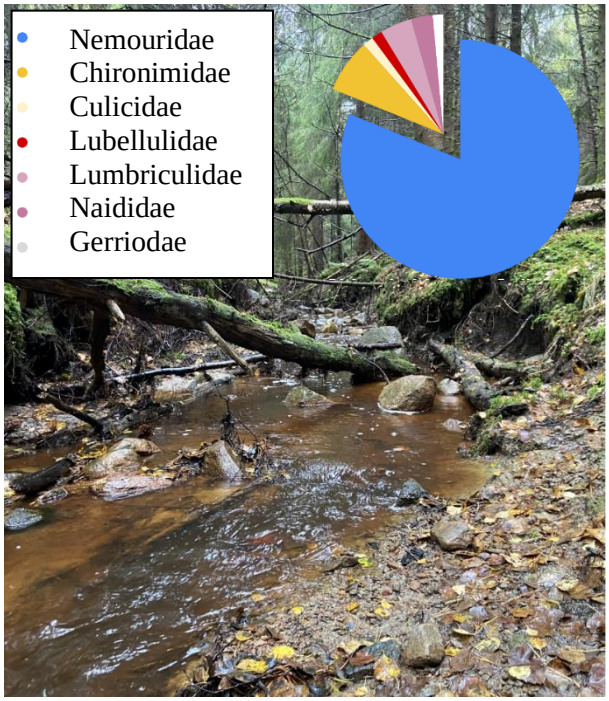


Figur 7. Bilderna visar de tre kontrollsträckornas karaktär, bild 1 kontrollsträcka ned, bild 2 sträcka utan åtgärd och bild 3 kontrollsträcka upp. Cirkeldiagrammen anger procentuell fördelning av familjer i respektive delsträcka. Familjerna har angivits med kulörer utifrån tillhörande ordningar: blå = bäcksländor, gröna = nattsländor, gul/bruna = tvåvingar, Orangea = skalbaggar, röda = trollsländor, rosa = fåborstmaskar, svarta = ärtmusslor, grå = okända.

Kontrollsträckor

Första delsträckan rinner igenom planterad granskog och utgör kontrollsträcka nedströms (Figur 7, bild 1) där ingen behandling utförts. Det finns tydliga tecken på att sträckan är kraftigt rätad i den morfologiska karaktären och lämningar finns i form av deponier av bortgrävd gammal sten och sediment. Bäckbotten är dominerad av sand uppskattat till 70% med spridda inslag av block och sten och grovt alloktont material med vardera 10% täckningsgrad. Habitatet är homogent längs med hela sträckan och innehållet av död ved är lågt (1 st). Få strukturer möjliggör uppbromsning av vattnet och vid högvatten blir energin kraftigare i den inneslutna fåran. Strandnära vegetation varierar från dominans av gran till partier med mer lövinslag från björk, al och ask samt mossor och ormbunksväxter. Sträckan utan åtgärd (Figur 7, bild 2) påminner morfologiskt mycket om kontrollsträcka ned med en tydlig skillnad där en kort sektion av sträckan återtagit sitt lopp i den gamla fåran efter åtgärderna nedströms och uppströms. Eftersom den gamla fåran varit torrlagd under drygt 60 år består bottensubstratet i den sektionen av gammal barrskogsförna.

Kontrollsträckan uppströms (figur 7, bild 3) har inte präglats av samma monokultur som de som rinner igenom granplanteringen. Här uppvisas en stor morfologisk variation med meandrande fåra som följer topografin. Bäcken har låg till måttlig inneslutning och till stor del god kontakt med omgivande mark som består av fuktig gräsmark med alternerande fast mark där tall och lövträd dominerar. Här återfinns till skillnad från övriga sex delsträckor limnisk vegetation som ett attribut i substratfördelningen som i övrigt består av sand (40%) sten (20%) och alloktont material (20%).



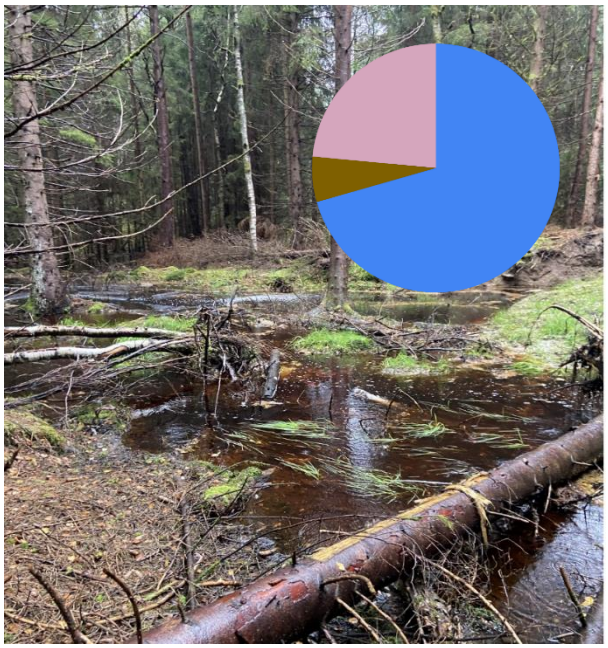
Figur 8. Spolning och handverktyg. Fördelningen av makroevertebrater är mycket ojämn med tydlig dominans av kryssbäcksländor (Nemouridae) . Bild: Björn Andermo

5 tons grävmaskin

I den sträcka som behandlats med 5 tons grävmaskin har man grävt fram nya strukturer i landskapet för att bredda bäcken och höja fåran. Resultatet var påfallande med 2500% breddning av fåran och bäckbotten har höjts med 86 cm i genomsnitt och vilket utgör påverkan på den laterala spridningen av vattnet (figur 9). Genomsnittlig ökning av bredd uppmättes till 19,4 meter, vilket var den största ökningen av alla sträckorna (tabell 2). Runt om och i bäcken har träd fallit eller fällts och uppskattningen av död ved i sträckan var över 50 stockar. Utöver allt trä var substratet på botten till stor del lera (80%) tillsammans med barrskogsförna (15%) samt alloktont material (5%).

Spolning och handverktyg

I metoden har man använt pump för att spola ner sediment från de branta omgivande kanterna. Fåran var breddad med 100% men inneslutningen kan fortfarande betraktas som måttlig på grund av tidigare rensning och sänkning. Bottensubstratet bestod av en variationsrik fördelning av sand (40%) samt grus, sten och grovt alloktont material med 20% vardera. Den här delen av bäcken rinner igenom en grandominerad skog och med en skuggning av bäcken på omkring 60%. Mängden död ved uppmättes till 15 stockar av varierande storlek och ursprung (Figur 8). Sparkprovsanalysen visade att 30% av de familjer som påträffades i kontrollsträckorna hade återkoloniserat habitatet efter åtgärderna.



Figur 9. Sträcka som behandlats med grävmaskin. Cirkeldiagrammet visar fördelningen av de 17 individer och 3 familjer som påträffats vid sparkproverna, fortfarande övervägande andel kryssbäcksländor. Bild: Björn Andermo

Spolning och stock i bäcken

Denna metod är likvärdig med den första metoden när det kommer till spolningen av tillgängligt sediment från omgivande miljö. Men för att höja fåran ytterligare har man lagt ner stockar av gran i bäcken (figur 10). Resultatet har gett en höjning på 27 cm och bredden har ökat med 1500%, på en mätstation hade fåror breddats från 50 cm till drygt 14 meter. Stora delar av vattenansamlingen är mycket lugnflytande men på flera ställen avslöjar sig lite mer strömmande partier. Botten består av gammal granskogsförna (80%) och alloktont material (20%).

Figur 10. Bilden visar sträckan som behandlats med spolning och addering av stock i bäckfåran. Här var fördelningen av makroevertebrater dominerad av källmaskar (Lumbriculidae). Bild: Dan Calderon

Ett tons grävmaskin

Den delsträcka som har den största variationen när det kommer till morfologi är åtgärdad med mindre grävmaskin med en vikt på 1 ton. Återigen är granar dominerande runt såväl som i bäckfåran och täcker med en grad av 50% (figur 11). Man kan tydligt se strukturer som en meandrande fåra och knickpoints vilka båda bidrar till större variation av strömförhållanden. Inneslutningen är måttlig till hög med tillägg att fåran är betydligt bredare än tidigare och den våta delen har uppnått en ökning med 500% och bäckbotten har höjts med 28 cm. Biotopkarteringen lyckades uppräkna antalet död ved till 18 och substratfördelningen av sand, grus, sten och block på botten är relativt jämn med litet inslag av alloktont material och lera. En observation som gjordes var att kalkrikt grus (inringat i rött, figur 11) deponerats vid sidan av bäcken för att motverka surstötar som uppstår vid stora höga vårflöden. I nära anslutning till deponerade gruset påträffades inga levande organismer från sparkproverna.

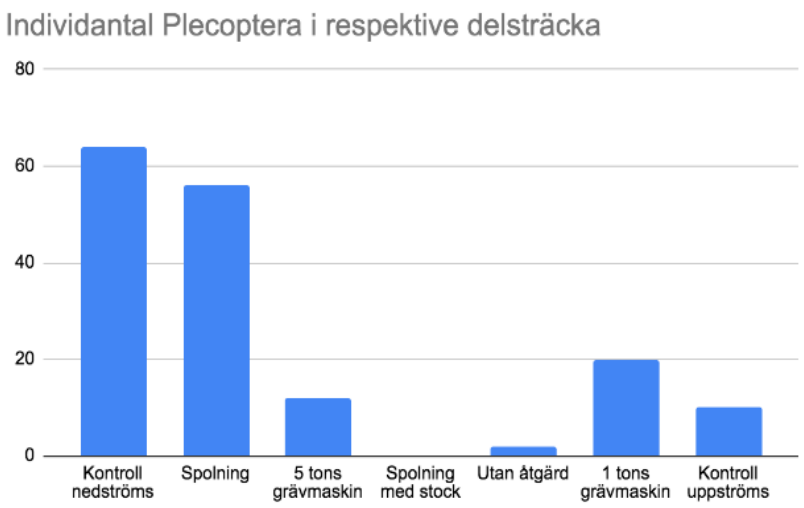
Figur 11. Sträcka som åtgärdats med mindre grävmaskin. Bakom granarna skymtas en grå hög med deponerat kalkrikt grus, inringad i rött. Bild: Björn Andermo

Diskussion

Morfologi

I sträckan som behandlats med spolning och handverktyg var bäckfårans bredd betydligt bredare än innan åtgärden, trots det var översvämningsytan tydligt avskild av branter på båda sidorna bortsett från de framspolade terrasser som fungerar som svämplan men är artificiellt skapade av spolningsmetoden (Se i förgrunden på figur 8).

I sträckan som är åtgärdad med större grävmaskin har kantzonen som tidigare var brant och inneslöt bäckfåran nu begravts och i stället framträder endast en svag lutning mot vattenytan vilket ger bäcken stor möjlighet att breda ut sig i skogslandskapet. Karaktären är starkt präglad av ett dämme nedströms som möjliggör magasinering av stora mängder vatten, här är strömförhållandena mycket lugnflytande (se figur 9).



Figur 12. Diagrammet illustrerar skillnader i observerat antal individer av ordningen Plecoptera (bäcksländor) mellan de olika delsträckorna.

Återkolonisering

Analys av bottenfauna är en metod som kan användas för att ge en indikation på hur ett vattendrag mår, utifrån vetskapen om att olika arter är olika känsliga för störningar och påverkan i form av försurning, eutrofiering och morfologiska förändringar (Ridl et. al. 2018). I denna studie är variationen av Plecopteras förekomst mellan de 70 replikaten väl belyst (figur 7). Bäckens tidigare problematik med torrläggning under sommaren gör att taxa som Plecoptera, Trichoptera och Ephemeroptera är extra intressanta eftersom de är känsliga för uttorkning (Doretto et. al. 2018). Den höga abundansen av Plecoptera är positiv efter åtgärderna samtidigt som det är viktigt att beakta andra faktorer som exempelvis individernas rörlighet upp och nedströms. Bäcken var under sommaren delvis torrlagd med enbart pooler som bar vatten med relativt låga temperaturer. Pooler (tillflyktsorter) tillsammans med makroevertebraters drift (återkolonisering) har studerats som faktorer för motståndskraft mot uttorkning (Doretto et. al. 2018). Det bidrar till utökad komplexitet i avgörandet om en framträdande art förekommer på i ett habitat på grund av fysikaliska attribut eller tack vare gynnsamma förutsättningar för longitudinell förflyttning. I en fördjupad studie skulle man kunna undersöka fler faktorer för akvatiska artsamhällens återkolonisering av restaurerade bäckar. Den variationsrika morfologin i de nedre delarna av Grimåsbäcken innehåller viktiga element som ger motståndskraft för torka och som bibehåller artrikedomen. Under torrperioden observerades en stor mängd Ephemeroptera och Trichoptera i fragmenterade pooler nedströms åtgärdsområdet. Den rikliga strandnära vegetationen bidrar med skugga och således kan låga vattentemperaturer vidhållas i större utsträckning (Turunen et. al. 2020).

Sträckornas beroende

Komplexiteten i bottenfaunalysen blir stor på grund av beroendet mellan sträckorna. Variationen av individantal inom de sträckor utan åtgärd är stor. Kontrollsträckan nedströms har påverkats av samtliga åtgärder genom sedimenttransport och förflyttning av alloktont material. Detta kan bidra till högre antal påträffade individer från sparkproven på grund av ökad tillgång till föda (Wood & Petts, 1994). Det är möjligt att närheten mellan sträckorna har en inverkan på spridningen av organismer inom området. Som exempel kan nedre

kontrollsträckan ses som en artpool för spridning till den intilliggande sträckan som åtgärdats med metoden spolning och handverktyg.

Spatiotemporala skillnader kan fungera som en indikator för fragmentering av habitat och vid störning (exempelvis torka och högflöde) kan skillnaderna ha inverkan på spridningen av organismer longitudinellt (Gomi et. al. 2002). Detta är en högaktuell aspekt när det kommer till makroevertebraternas återkolonisering av bäcken eftersom de olika metoderna åstadkommit stora skillnader i egenskaper mellan de intilliggande delsträckorna. Ytterligare komplexitet beträffande återhämtningen ligger i de tidigare sträckornas ekologiska stabilitet och inneboende motståndskraft för yttre påverkan i de biotiska strukturerna; Wood & Petts (1994) illustrerar återhämtning hos makroevertebrater i vattendrag som utsätts för stress i form av torka. Man påpekar känsligheten i artsamhällena utifrån heterogeniteten av habitat. I Grimåsbäcken är påverkan från åtgärderna mycket påtaglig och det eftersom man i en del sektioner skapat nya habitat som skiljer sig kraftigt från tidigare miljö. Artsammansättningen verkar vara modifierad utifrån tillgången till strömmande vatten och specifika substrat såväl som närvaron av främmande material med stora skillnader från bäckens tidigare skick. Eftersom det har skett ett regimskifte i habitat för vissa sektioner av bäcken är det svårt att dra någon slutsats kring hur bra de olika metoderna varit utifrån analysen av de bottenlevande organismerna.

Diskussion av metod

Vid sidan om bottenfaunastudien gjordes en biotopskartering vilken syftade till att beskriva bäckens fysikaliska status och förhållande för att kunna utvärdera resultatet från de olika metoder som använts vid habitatförbättringen. Att undersöka bottenfauna och fysikaliska egenskaper är ett kraftigt verktyg som kan ge möjlighet att hitta samband som lägger grunden för förutsättningarna för återhämtning. Metodiskt skulle det vara önskvärt att vid sparkprovstillfället notera de förmodade fysikaliska faktorerna för varje sparkprov som påverkar bottenfaunan för att enklare kunna analysera och hitta samband. Exempel på faktorer att inkludera är djup, strömhastighet, temperatur, bottensubstrat, solinstrålning och syresättning i vattnet för att undersöka habitatpreferenser hos de observerade arterna.

Rikliga mängder av alloktont material kom med i sparkproverna. Detta gör letandet efter de små organismerna mycket mödosamt och det är tänkbart att färre andel organismer observeras vid dessa förutsättningar till skillnad från vid strikt sandiga habitat. Ytterligare svårigheter uppdagades då sedimentet övergått till lera och efter bara några sekunder var vattnet runt om provtagningsplatsen mjölkvitt av allt upprört sediment.

Det finns en tydlig problematik med de statistiska verktygen i den här studien. Sträckorna som jämförts med varandra tillhör samma bäck, samma vatten rinner genom alla delsträckorna och det är möjligt för individer från en delsträcka att röra sig till en närliggande. På så vis är stickproven inte oberoende utan starkt beroende och i statistisk mening är samtliga ett urval från samma population. Därför går det inte att använda den signifikans som uppkommit från testerna som statistiska bevis för skillnader eller korrelationer. Den deskriptiva statistiken är desto mer användbar för att belysa successionen i återkolonisering av makroevertebraterna och för att upptäcka potentiella tendenser och samband mellan biologiska och fysikaliska faktorer. Styrkan i studien är att man tittar på sektioner från samma bäck vilket gör att varierande förhållanden blir försumbara. Viktiga faktorer som exempelvis pH-värde, underliggande berggrund, näringstillgång och vattenföring är i stora drag mycket lika i bäcken vilket är positivt i jämförandet av bottenlevande organismer.

Fysikaliska faktorer

Av de femtio individer som hittades fanns 47 distribuerade i två sparkprov vilka härstammade en meter från varandra, nedströms dessa två gjordes 6 replikat som samtliga saknade individer. Längs med denna sträcka har kalkrikt grus deponerats för att motverka surstötar på våren. Mätningar av pH värden visade inga tecken på stora alterationer i surhet. Vidare undersökning behövs för att utreda vad den stora variationen av förekomst av bottenlevande organismer beror på.

Utifrån observation av låg familjerikedom och låga individantal i de sträckor med stora mängder granstockar i vattnet uppkommer nya frågeställningar. Grov död ved från gran har visat sig ackumulera N, P, S och Ca i terrestra sammanhang (Herrman & Bauhus, 2018) om detta är fallet i limniska miljöer vore det intressant att ta reda på skillnaden mellan olika trädarter. Det är viktigt att poängtera att granstockarna i första hand har använts till att höja bäckfåran och inte i direkt syfte att gynna makroevertebrater. I en svensk litteraturstudie om strandnära vegetation framför man mixade trädarter i olika succession med stor andel bredlövade träd som en gynnsam komponent för ekosystemet (Hasselquist et. Al. 2021). Att man vid åtgärderna tagit bort gran från den strandnära vegetationen är ett steg i riktning mot en mer varierad trädzon intill vattendraget vilket förväntas uppstå över tid utan aktiva åtgärder. Observationen av låga individantal vid stora mängder död ved från gran är viktig att belysa i ljuset av ett kort tidsperspektiv såväl som “confounding factors”, på svenska förvillande eller förväxlande faktorer. Det är inte enbart den döda veden som skiljer sträckorna från de andra utan också mängden vatten, sammansättningen av bottensubstrat och lugnflytande strömförhållanden. Dessutom är successionen i och runt bäcken i ett mycket tidigt stadie efter åtgärderna.

Slutsats

Studien har med olika infallsvinklar försökt uppskatta vilka förutsättningar som finns till återhämtning för ekosystemet i Grimåsbäcken. Torrläggningen har motverkats av åtgärderna och variationer i morfologin i form av höljor och dämmen har bidragit till positiva överlevnadsvillkor för organismer i bäcken. Vattnets koppling till den omgivande marken har förbättrats kraftigt och metoderna har lyckats höja bäckens botten och framför allt öka den våta bredden avsevärt.

Det finns tydliga skillnader i sammansättningen av makroevertebrater mellan de olika delsträckorna. Det råder hög komplexitet i analysen om vad skillnaderna beror på, men det finns ett potentiellt samband mellan höga individantal och riklig förekomst av sand som bottensubstrat och *spolning och handverktyg* är den metod som bevarat eller tillgängliggjort det attributet bäst. Denna metod visar sig också som den mest skonsamma för omgivningen och har resulterat i en varierad bäcksträcka som utifrån bottenfaunainventeringen visar gynnsamma förutsättningar för snabb återkolonisering, framför allt av bäcksländor.

Utvärderingen av makroevertebraterna ger en ögonblicksbild av bottnarnas skick och i slutsatsen är det är viktigt att poängtera det starka beroendet mellan sträckorna, de fysikaliska egenskapernas påverkan mellan sträckorna inte är försumbar. Trots vetskapen om att analysen av bäcken har skett i ett mycket tidigt successionsstadie verkar det som att effekterna av gran som död ved behöver undersökas ytterligare. Det positiva med den tidiga utvärderingen är att resultatet kan ligga till grund för fortsatta studier av successionen och återhämtningen av Grimåsbäcken.

Tackord

Stort tack till min fru Anna som stöttat mig på alla sätt genom hela processen. Tack till min handledare Johan Höjesjö som inspirerat, uppmuntrat och hjälpt till att begränsa studien till ett hanterbart format. Tack Dan Calderon från Miljöteknik i Väst som med högt engagemang har introducerat mig till Grimåsbäcken, tillhandahållit värden från mätningar och väglett mig i fältarbetet.

Referenser

Artiklar

Kuglerová L., Botková K. & Jansson R. 2016. Responses of riparian plants to habitat changes following restoration of channelized streams. Ecohydrology 10:1

Nilsson C., Riis T., Sarneel J., & Svavarsdóttir K. 2018. Ecological Restoration as a Means of Managing Inland Flood Hazards. Bio Science 68:2. s. 89-99

Gustavsson S., Österling M., Skurdal J. Schneider L.D. & Calles O. 2013. Macroinvertebrate colonization of a nature-like fishway: The effects of adding habitat heterogeneity. Ecological Engineering. 61:A s. 345-353

Lorenz A., Jähnig S., & Hering D. 2009. Re-Meandering German Lowland Streams: Qualitative and Quantitative Effects of Restoration Measures on Hydromorphology and Macroinvertebrates. Environmental Management 44. s. 745-754

Ridl N., Vilenica M., et. al. 2018. Environmental drivers influencing stonefly assemblages along a longitudinal gradient in karst lotic habitats. Journal of limnology 77(3) s. 412–427

Turunen J., Elbrecht V., Steinke D., & Aronviita J. 2020. Riparian forests can mitigate warming and ecological degradation of agricultural headwater streams. Freshwater Biology 2021:66 s.785-798

Gomi T., Sidle R., & Richardson J. 2002. Understanding processes and downstream Linkages of headwater Systems. BioScience 52:10 s. 905–916

Herrman S. & Bauhus J. 2018. Nutrient retention and release in coarse woody debris of three important central European tree species and the use of NIRS to determine deadwood chemical properties. Forest Ecosystems 5 s. 2-15

Hasselquist E. et. al. 2021. Moving towards multi-layered, mixed-species forests in riparian buffers will enhance their long-term function in boreal landscapes. Forest Ecology and management 493. S. 1-12

Doretto A., Piano E., Falasco E., Fenoglio S., Bruno MC., Bona, F. 2018. Investigating the role of refuges and drift on the resilience of macroinvertebrate communities to drying conditions: An experiment in artificial streams. River research and applications 34: 7, s. 777-785

Nilsson A. 1996. Coleoptera, Introduction: Aquatic insects of northern europe – a taxonomic handbook. (AN Nilsson red.) Apollo Books

Brittain J. & Saltveit S. 1996. Plecoptera, Stoneflies: Aquatic insects of northern europe – a taxonomic handbook. (AN Nilsson red.) Apollo Books

Norling U. & Sahlen G., 1997. Odonata: Dragonflies and Damselflies. Aquatic insects of northern europe – a taxonomic handbook volume 2. (AN Nilsson red.) Apollo Books

Solem J. & Gullefors B. 1996. Trichoptera, Caddisflies: Aquatic insects of northern europe – a taxonomic handbook volume 2. (AN Nilsson red.) Apollo Books

Smith K. 1997. Diptera, Introduction to immature stages: Aquatic insects of northern europe – a taxonomic handbook volume 2. (AN Nilsson red.) Apollo Books

Wood P. & Petts G. 1994. Low flows and recovery of macroinvertebrates in a small regulated chalk stream. Regulated rivers: Research & management, vol 9. s 303-316.

Hemsidor, rapporter och manualer

Havs- och vattenmyndigheten. 2008. *Ekologisk restaurering av vattendrag.* Naturvårdsverket och fiskeriverket, Degerman E. & Schreiber H. https://www.havochvatten.se (hämtad: 2023-11-06)

Havs- och vattenmyndigheten. 2022. *Fördjupad utvärdering av miljökvalitetsmålen 2023.* https://www.havochvatten.se/data-kartor-och-rapporter/rapporter-och-andra-publikationer/pu blikationer/2022-10-03-levande-sjoar-och-vattendrag.html (hämtad 23-03-21)

Havs- och vattenmyndigheten. 2017. *Biotopkartering vattendrag - metodik för kartering av biotoper i och i anslutning till vattendrag.* https://www.havochvatten.se/download/18.5fbc46f615b382fe385d2d7/1491316885906/biotopkartering-vattendrag-170404.pdf

SiS, Svenska institutet för standarder. 2012. Vägledning för val av metoder och utrustning för provtagning av bottenfauna i sötvatten. https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/vattenkvalitet/vatten-som-naturr esurs/sseniso108702012/ (Hämtad 23-04-04)

Länsstyrelserna - Biotopkartering. *Information om biotopkarteringsbasen och biotopkartering.* https://www.biotopkartering.se/manualer-importmallar-och-faltprotokoll/manualer/ (Hämtad 23-04-04)

Länsstyrelsen Skåne - Rapport. 2003. Biotopskartering av Klingstorpabäcken. https://www.lansstyrelsen.se/download/18.6ae610001636c9c68e56198/1527069104109/Klingstorpab%C3%A4cken-Karup%20-%20Biotopkartering_av_Klingstorpabacken1.pdf (Hämtad 23-04-04)

Länsstyrelsen Södermanlands län - Rapport. 2009:6. Bottenfauna i Södermanlands län. https://www.lansstyrelsen.se/download/18.4e0415ee166afb593241b448/1542364966855/2009_6.pdf (Hämtad 23-04-04)

Länsstyrelsen Jönköping. 2017. *Biotopkartering Vattendrag - Metodik för kartering av biotoper i och i anslutning till vattendrag.* https://www.havochvatten.se/download/18.5fbc46f615b382fe385d2d7/1491316885906/biotopkartering-vattendrag-170404.pdf (Hämtad 23-04-04)

Figurer och bilder

SMHI. 2023. Temperatur och nederbörd - Maj 2023 https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.197625!/Meteorologi_karta_2023_05.pdf (hämtad 23-10-04)

SMHI. 2023. Temperatur och nederbörd - Juni 2023 https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.198324!/Meteorologi_karta_2023_06.pdf (hämtad 23-10-04)