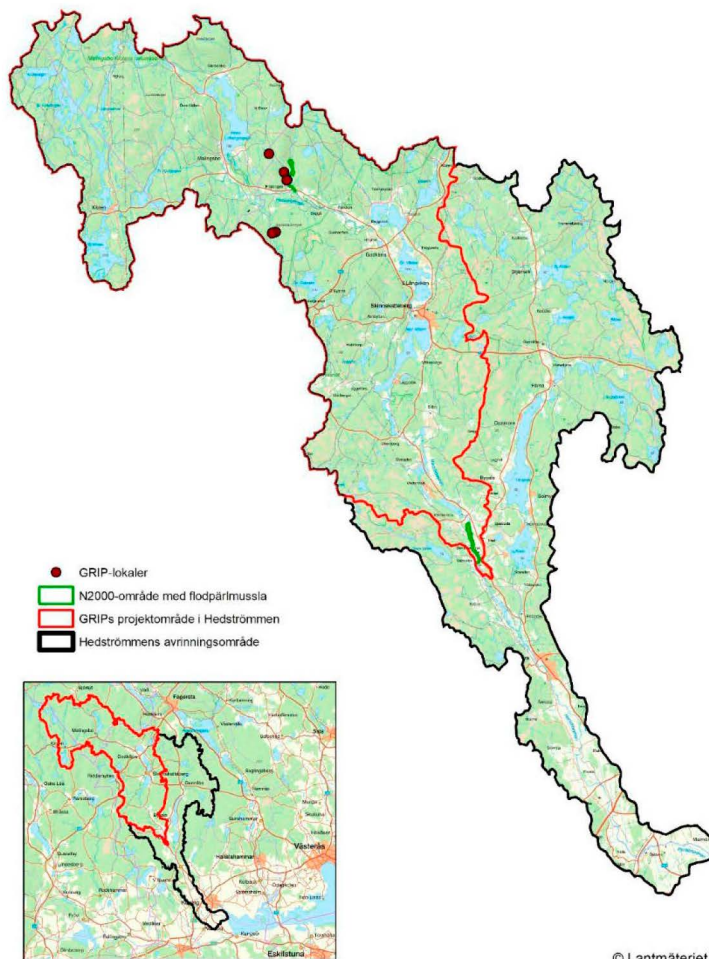




Uppföljning av dikesigenläggning

Sammanställning av vattenkemi och nivåer 2020-2023

2024-05-31



Myndigheten har hela ansvaret för innehållet (text och bilder) i denna sammanställning. Innehållet ska inte tolkas som Europeiska unionens eller EU-kommissionens officiella ståndpunkt.

The authority has full responsibility for the content of this report (text and images). The content should not be interpreted as the official view of the European Commission or the European Union.

ISBN

978-91-986872-2-4

Grip on Lifes rapportserie

2024.01

Författare

Magnus Lindh, Skogsstyrelsen (åtgärdsbeskrivning)
Carolina Lind, Länsstyrelsen i Västmanlands län (beskrivning av uppföljningen)
Ingrid Nygren, Institutionen för vatten och miljö, SLU (analysresultat)
Karin Eklöf, Institutionen för vatten och miljö, SLU

Rådgivande forskare

Karin Eklöf, Institutionen för vatten och miljö, SLU

Beställare

Carolina Lind, Länsstyrelsen i Västmanlands län

Omslag

Karta över projektområdet i Hedströmmens avrinningsområde, © Lantmäteriet

Diarienummer hos Länsstyrelsen i Västmanlands län

580-6445-2023



Med bidrag från Europeiska unionens LIFE-program

Innehåll

Förord	5
Åtgärdsbeskrivning	8
Kungamossen	8
Området	8
Skyddsåtgärder	8
Utförda åtgärder	9
Detaljer	9
Djurgårdsmossen	10
Området	10
Dämd yta	10
Skyddsåtgärder	11
Utförda åtgärder	11
Detaljer	12
Uppföljning av åtgärder	14
Vattenprovtagning	15
Provplatser vattenkemi	15
Omprioritering av provtagningsplatser	15
Nivå- och grumlighetsmätningar	25
Analysresultat	27
Väderförhållanden under provtagningsperioden	28
Parametrar som analyseras	30
Hantering av extremvärden	30
Statistisk utvärdering av kemidata	31
pH, TOC och alkalinitet	32
Fakta om analysparametrarna	32
Temporala variationer i koncentrationer för Kungamossens åtgärdsområde	33
Temporala variationer i koncentrationer för Djurgårdsmossen	34
Restaureringens effekter	37
Partiklar	38
Fakta om turbiditet och suspenderade ämnen	38
Temporala variationer i koncentrationer för Kungamossen	41
Temporala variationer i koncentrationer för Djurgårdsmossen	42
Restaureringens effekter	43
Metylkviksilver	44
Fakta om metylkvicksilver	44
Temporala variationer i koncentrationer för Kungamossen	45
Temporala variationer i koncentrationer för Djurgårdsmossen	45

Restaureringens effekter_____	46
Näringsämnen _____	47
Fakta om näringsämnen_____	47
Temporala variationer i koncentrationer för Kungamossen _____	47
Temporala variationer i koncentrationer för Djurgårdsmossen_____	49
Restaureringens effekter_____	49
Sammanfattning av analysresultat _____	51
Diskussion _____	52
Referenser _____	53

Förord

Den här rapporten har tagits fram av Institutionen för vatten och miljö, SLU, på uppdrag av Länsstyrelsen i Västmanlands län inom ramen för projektet Grip on Life. Rapporten syftar till att följa upp effekterna av igenläggningarna av diken som Skogsstyrelsen har genomfört i Kungamossen och Djurgårdsmossen och som ligger i de övre delarna av Hedströmmens avrinningsområde i Västmanlands län. Effekterna av åtgärderna har följts upp genom dels vattenkemisk provtagning som Länsstyrelsen har utfört, dels genom mätning av nivåer och turbiditet (grumlighet) med sensorer av konsult (Mitta AB). Rapporten inleds med en beskrivning av åtgärderna i Kungamossen och Djurgårdsmossen. Huvudfokus i rapporten är uppföljningen av åtgärderna.

Syftet med igenläggningen av skogsdikena i det här projektet är bland annat att minska tillförseln av slam från dikena till nedströmsliggande vattenmiljöer. Syftet med uppföljningen är att undersöka om igenläggningen av diken har någon påverkan på nedströmsliggande vattenmiljöer. Parametrar som är särskilt viktiga att bevaka är halterna av metylkvicksilver och grumlighet.

Uppföljningen av åtgärderna har pågått under en kortare tidsperiod, tre år, men kan delvis ändå bidra till en ökad kunskap om vilka initiala effekter som kan uppstå efter igenläggning av diken. Uppföljningen påbörjades i juli 2020 och avslutades i juni 2023. Den här rapporten omfattar hela perioden. Två kortare sammanställningar har tidigare tagits fram i projektet varav den första sammanställningen omfattar det första året före åtgärd och den andra sammanställningen omfattar de två första åren (juli 2020-juni 2022).

Tack till alla som har varit med och bidragit till den här rapporten. Ett extra varmt tack till Karin Eklöf, rådgivande forskare på Institutionen för vatten och miljö, SLU för ditt värdefulla bidrag kring metylkvicksilver och förklaringar hur vattenkemiska data kan tolkas.

Västerås, maj 2024

Carolina Lind

Vattenhandläggare, Länsstyrelsen Västmanland

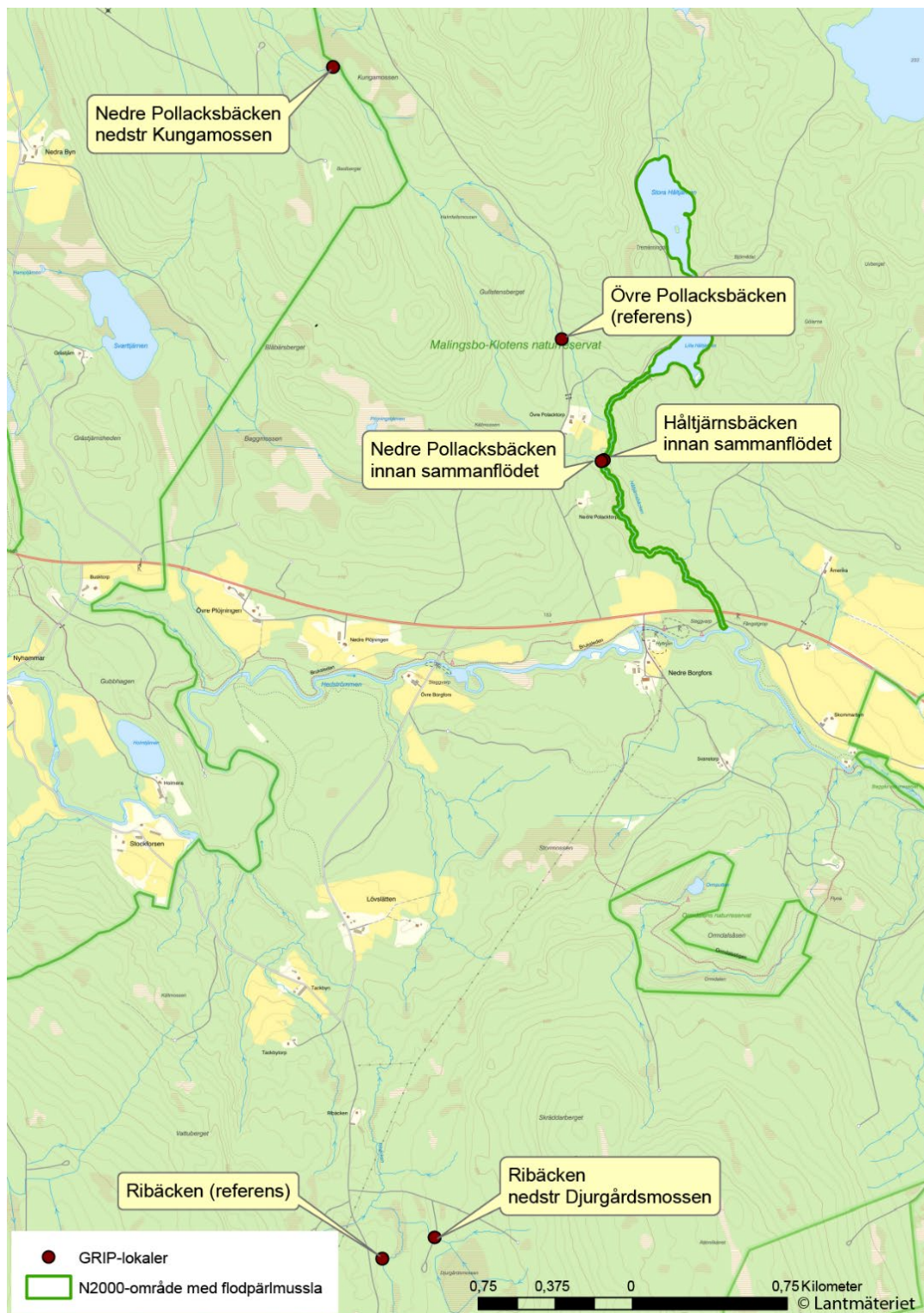
Sammanfattning

Under perioden juli 2020 till juni 2023 har Länsstyrelsen i Västmanlands län följt upp två av de dikespluggningar som Skogsstyrelsens har genomfört inom projektområdet för Grip on Life IP (se karta på omslaget). Syftet med dikespluggningarna var främst att minska transporten av slam till nedströms liggande vattensystem. Dikespluggningarna genomfördes i Kungamossen och Djurgårdsmossen i september 2021. Uppföljningen har bestått i månadsvis vattenprovtagning på sex platser (Figur 1) och kontinuerliga mätningar av vattennivåer (som översätts till vattenflöden) och turbiditet (grumling) med sensorer på fyra platser. Syftet med uppföljningen var att öka kunskapen kring dikespluggningens effekter, speciellt vad gäller flöden, grumling och halterna av metylkvicksilver. Vattenproverna har även analyserats med avseende på bland annat pH, alkalinitet, TOC och näringsämnen.

Resultaten från uppföljningen visar på generellt försämrad vattenkvalitet genom brunare vatten, lägre pH och mer näringsämnen. Det ska dock ses som initiala effekter som inte nödvändigtvis kommer hålla i sig över tid eftersom tidigare studier av våtmarksrestaurering har identifierat kraftiga öknings av TOC (totalhalt organiskt kol i vattnet) direkt efter restaureringen, som sedan avtagit inom en femårsperiod (Koskinen et al. 2017).

Resultaten visar att de negativa effekterna är lokala och inte har någon större påverkan i nedströms vatten. En bit nedströms Kungamossen (Nedre Pollacksbäcken innan sammanflödet med Håltjärnsbäcken) syns i princip ingen försämrad vattenkvalitet. I förhållande till värdena i referensvattendragen har inte heller turbiditet eller suspenderade ämnen förändrats signifikant efter restaurering. Vid några tillfällen har partikelhalten varit kraftigt förhöjd, framför allt vid låga flöden, men detta har aldrig synts vid punkten längre ned i Nedre Pollacksbäcken vilket tyder på att det inte skett någon större slamtransport. Det har inte heller gått att se någon ökad grumling i samband med utförandet av dikespluggningen.

Ett annat positivt resultat är att trots att halterna av TOC ökade har ingen signifikant ökning av metylkvicksilver kunnat påvisas.



Figur 1 Samtliga sex provpunkter för vattenkemi och vattenflöden inom projektet och deras läge i förhållande till Hedströmmen. De fyra översta ligger i Kungamossens åtgärdsområde och de två nedersta ligger i Djurgårdsmossens åtgärdsområde.

Åtgärdsbeskrivning

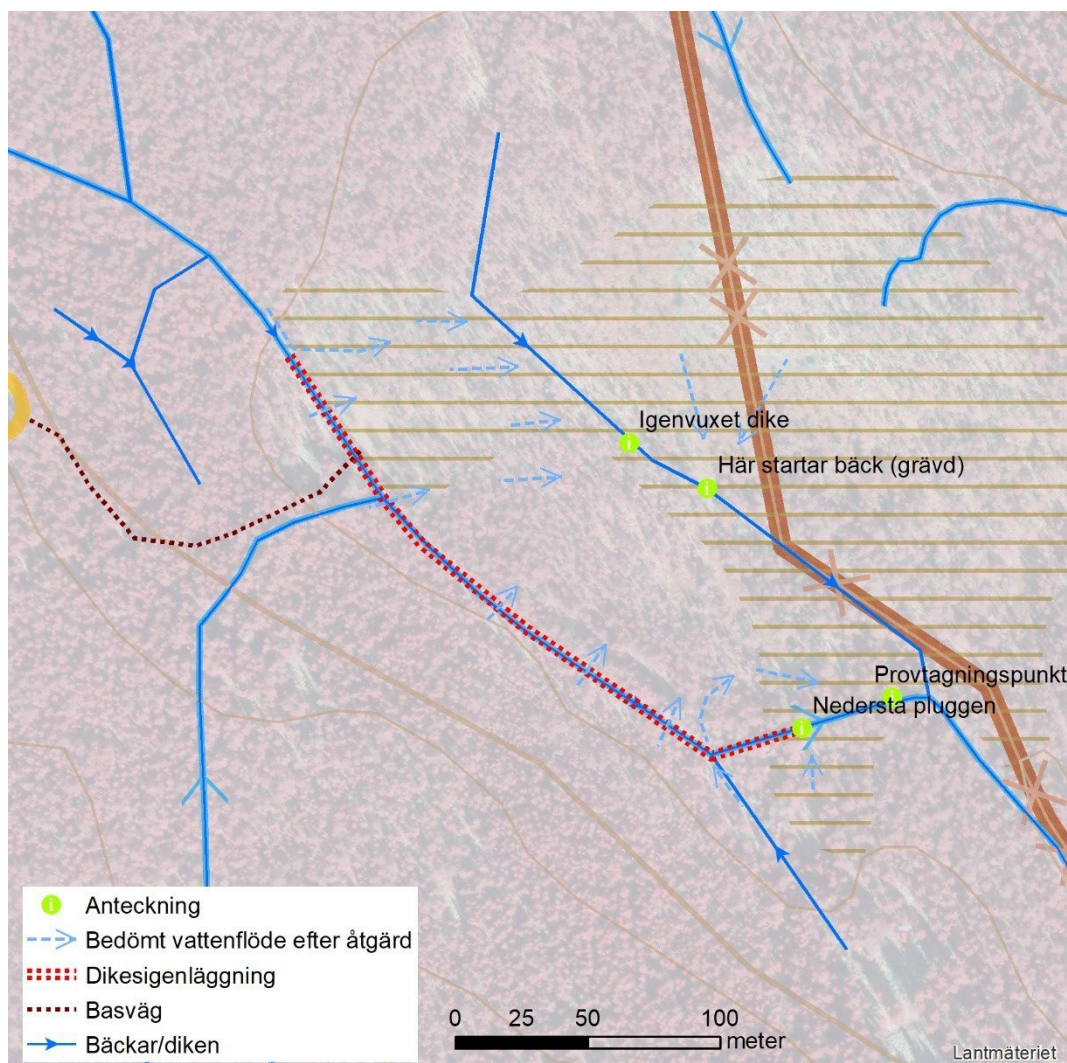
Kungamossen

Området

Avrinningsområdet är cirka 28 hektar stort. Terrängen lutar upp från åtgärdsområdet och den maximala höjdskillnaden är omkring 30 meter. Nedströms området finns en provtagningspunkt där projektet Grip on Life tar vattenprover och mäter flöden (figur 2).

Skyddsåtgärder

- Maskinella åtgärder gjordes vid mycket lågt vattenstånd samt innan 30 september för att inte störa eventuell öringlek vid eventuell grumling.
- Körskador undveks genom planering av basvägar, risning och kavling (trädstammar att köra på).
- Igenläggningen av diket påbörjades längst uppströms. Detta leder till att det inte rinner till något nytt vatten och det vatten som fanns i diket rinner ur området. Igenläggningen kunde ske i nästan torrt dike.



Figur 2. Karta över genomförda åtgärder i Kungamossen september 2021 samt flödespilar som visar i vilken riktning vattnet rinner.

Utförda åtgärder

Innan åtgärd har skogen avverkats på ena sidan av diket. Det har inte varit möjligt att transportera ut virket så virket har tryckts ned i marken eller grävts ned. Diket har lagts igen med torv som tagits i gropar bredvid diket. Med jämna mellanrum har det byggts pluggar (förstärkningar) för att tillse att dämningseffekter blir tillräcklig och för att minska risken för erosion. Pluggarna har byggts med torv eller mineraljord från platsen, ibland med förstärkning av rundvirke. Den nedersta pluggen har förstärkts med en plankpalissad. Det har även byggts vallar eller grunda fåror för att styra vattenflöden så att de mer efterliknar de naturliga vattenflödena. Nedströms området finns en provtagningspunkt där projektet tar vattenprover och mäter flöden.

Detaljer

- 2021-09-15 Förröjning
- 2021-09-16 Avverkningsarbeten
- 2021-09-27 - 2021-09-28 Grävningsarbeten



Bild 1 och 2. Till vänster byggs plugg av enbart torv. Till höger används en förstärkning av rundvirke tvärs diket. Rundvirket täckts helt med torv. Foto: Magnus Lindh



Bild 3 och 4. Till vänster läggs diket igen med torv. Det täcks sedan med vegetationstorvor eller strösslager för att gynna vegetationsetablering. Till höger syns plankpalissaden på sista pluggen. Hela palissaden täcks sedan med torv och byggs cirka 0,5 m högre än omgivande mark. Foto: Magnus Lindh

Djurgårdsmossen

Området

Djurgårdsmossens tillrinningsområde är ca 96 ha (hektar) fördelat på huvudsakligen tre diken. Avrinningsområdena för de tre diken är A: 26 ha, B: 68 ha och C: 2 ha (Figur 3). Produktionseffekten på skogen av de grävda diken har varit mycket liten med dagens perspektiv. Ökningen av skogsproduktionen har nästan uteslutande kommit på mark som ändå inte brukas för skogsbruk. Mossen har interna höjdskillnader vilket gör att det finns naturlig sänka i mitten där dike B ligger. Uppföljning av vattenkvalitet och flöden sker i en provtagningspunkt nedströms trumman under vägen. Till provtagningspunkten tillkommer även ett avrinningsområde på 20 ha som inte påverkas av dikespluggningsåtgärder.

Dämd yta

Den dämnda ytan blir oftast ganska lokal men en viss grundvattenhöjning förväntas ske även utanför det dämnda området. Det dämnda området bedöms bli 1,3 ha stort. Skulle man räkna med områden där grundvattenytan höjs men inte ligger lika nära markytan blir det totalt kanske 2 till 3 ha.

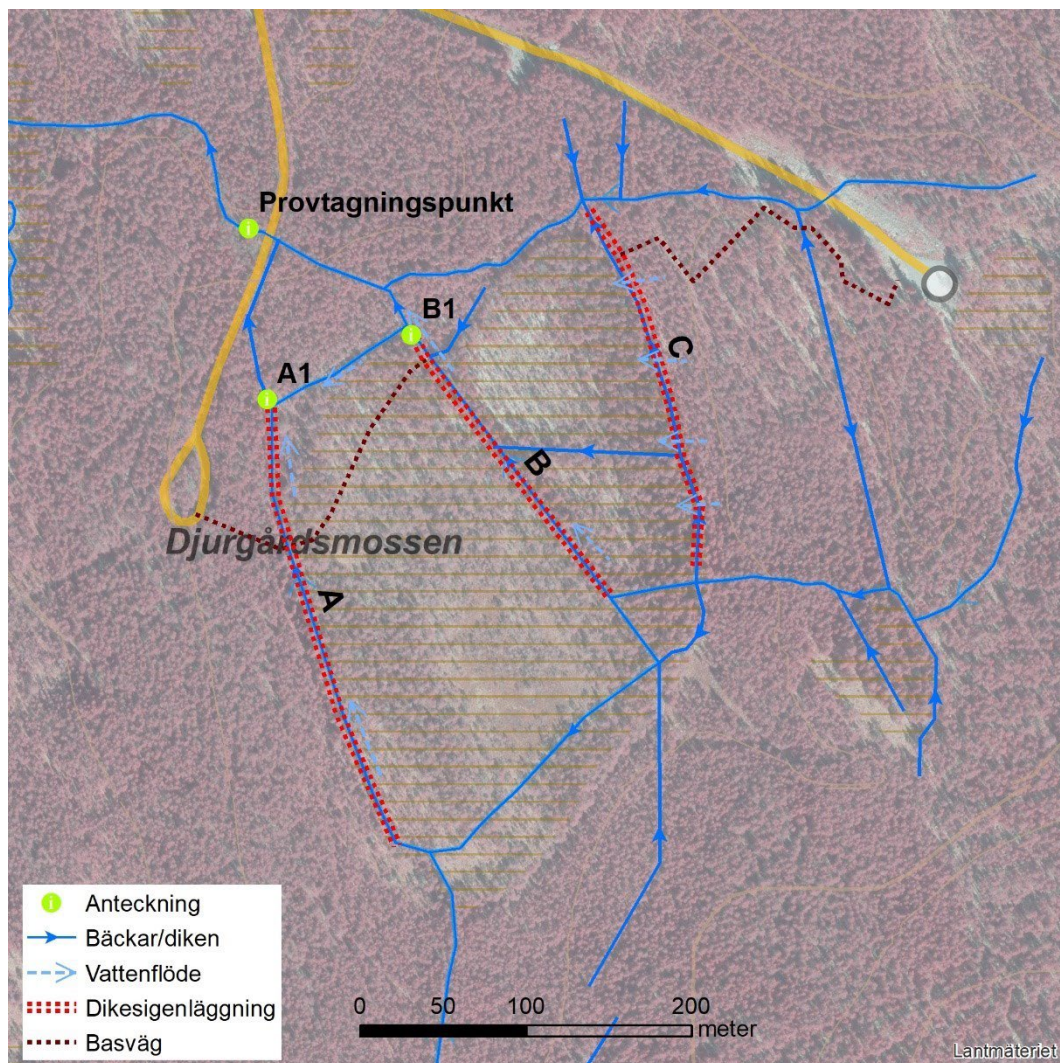
Skyddsåtgärder

- Dikesigenläggning skedde vid mycket låga vattenstånd. Igenläggning skedde uppifrån så att arbete skedde i så torrt dike som möjligt.
- Vid behov gjordes kavling (trädstammar att köra på) eller risning i körvägar så att inte körskador uppkom. Körvägar och överfarter placeras så att körskador inte uppkom.
- Humifieringsgraden på torven bedömdes låg vilket gör att risken för grumling bedömdes låg.

Utförda åtgärder

Avverkning av stora och små träd gjordes längs diken med skördare och röjsåg. Igenläggning av diken har skett med grävmaskin. För att gynna vegetationsetablering har den störda marken ”strösslats” med humuslager eller så har det lagts torvor med vegetation.

- På dike A och B har pluggar byggts med jämna mellanrum (30–50 meter). Pluggarna har förstärkts med rundvirke.
- De nedersta pluggarna A1 och B1 har förstärkt med liggande plankpalissad. Plugg A1 är byggd med mineraljord och plugg B1 med torv.
- Dike B var stort och låg i en fördjupning. Det bedömdes gå åt orimligt mycket material att lägga igen hela fördjupningen. Diket lades till cirka 20 cm under marknivå.
- Dike C var ett avskärande dike som var mycket litet och marken där hade mycket grunt torvdjup. Eftersom marken var stenig under torven tog det lång tid att lägga igen diket. Stenarna gjorde att det var svårt att få tag i material att lägga i diket.
- Pluggen A1 eroderade ca 30 cm i kanten och på baksidan av pluggen efter någon månad. En grov uppskattning är att 20–30 liter mineraljord eroderade bort och de mindre partiklarna fördes vidare med avrinnande vatten. Pluggen reparerades och förstärktes sommaren 2022. De stråk där vattnet kommer att rinna rensades också på ris och några partier erosionssäkrades med sten.
- Även pluggen B1 har gått sönder på de övre delarna och den övre delen av plankorna syns. Detta skedde antagligen under våren 2022. Antagligen har något eller enstaka tiotal liter torv förts bort i avrinnande vatten. Pluggen har reparerats, förstärkts och omledningsfåran rensats på avverkningsrester.



Figur 3 Karta genomförda åtgärder september 2021 och samt flödespilar som visar i vilken riktning vattnet rinner i Djurgårdsmossen.

Detaljer

- 2021-09-13 Avverkning kring dike C med skördare och röjsåg.
- 2021-09-14 Avverkning kring dike A och B med skördare och röjsåg.
- 2021 -09-20 Grävningsarbeten dike C
- 2021-09-21 - 2021-09-22 Grävningsarbeten dike B.
- 2021-09-22 - 2021-09-23 Grävningsarbeten dike A.
- 2022-07-04 Manuella reparationsarbeten plugg A1.
- 2022-10-04 Manuella reparationsarbeten plugg B1.



Bild 5 och 6. På bilden till vänster syns den liggande palissaden vid plugg A1. Palissaden täcktes sedan helt av mineraljord så att den blev cirka 0,5 meter högre än marken. Det var omständligt att använda liggande palissad och efter detta tillfälle används stående palissad i möjligaste mån. Till höger har samma plugg reparerats för hand och täckts med vegetationstorvor. Till vänster på den bilden syns partiet på kanten av pluggen som eroderat bort. Där har nu pluggen förstärkts och erosionsskydd med stenar lagts dit. Foto: Magnus Lindh



Bild 7 och 8. Tvärs över diket grävs en "grav" djupare än diket och bredare än diket. Virke läggs i för att stabilisera pluggen. Torv packas runt virket. Foto: Magnus Lindh



Bild 9. Igenläggning av dike C. Foto: Magnus Lindh



Bild 10, 11 och 12. Foton på en plugg med tvärgående vall. Första fotot med bar torv, andra fotot där vegetationstorvor lagts på och tredje fotot efter knappt ett år. Foto: Magnus Lindh

Uppföljning av åtgärderna

Uppföljningen av åtgärderna består av två delar – vattenprovtagning och kontinuerliga mätningar av nivåer och turbiditet (grumlighet) med sensorer. Länsstyrelsen har utfört den vattenkemiska provtagningen och skickat proverna till Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) för analys på det vattenkemiska laboratoriet vid institutionen för vatten och miljö. För analys av metylkvicksilver har laboratoriet skickat proverna till sin underleverantör IVL.

Resultaten från de vattenkemiska analyserna lagras i den nationella databasen för sjöar och vattendrag. SLU är datavärd för databasen. Alla analysdata finns som bilaga till denna rapport samt tillgängliga via internet på databasens webbportal via direktlänken:

<https://miljodata.slu.se/MVM/Query?sites=26554,44201,48373,48374,48375,48376,48377&studies=325&products=0,3,4,18,6,8&startdate=2020-07-01&enddate=2023-06-30>

Metodförteckning med mätområden och mätosäkerheter återfinns på institutionens hemsida under vattenkemiska laboratoriet:

<https://www.slu.se/globalassets/ew/org/inst/vom/laboratorier/Ackrediterade-vattenanalyismetoder.pdf>

Nivå- och grumlighetsmätningar har konsult Mitta AB utfört. Mätresultat fram till 2023-07-13 bifogas som bilaga till denna rapport.

Vattenprovtagning

Den vattenkemiska provtagningen genomfördes vid sex platser, varav fyra ligger i Kungamossens åtgärdsområde och de två återstående i Djurgårdsmossens åtgärdsområde (figur 1). Enligt plan skulle den vattenkemiska provtagningen ske en gång per månad under sommaren 2020 till och med sommaren 2023. Provtagningen har uteblivit vid några tillfällen, på grund av att det vid torka har varit för lite vatten i vattendragen för att prover skulle kunna tas eller till följd av isläggning på vattendragen. En annan orsak till utebliven provtagning har varit att det inte har gått att ta sig till provtagningsplatserna på grund av för mycket snö på vägarna eller på grund av halka.

Provplatser vattenkemi

Direkt nedströms åtgärdsområdena Kungamossen och Djurgårdsmossen valdes två provtagningsplatser ut för uppföljning av åtgärderna — Nedre Pollacksbäcken nedströms Kungamossen och Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen. När provtagningsplatsen nedströms Kungamossen skulle väljas ut var det svårt att förutse var vattnet skulle rinna efter åtgärden var genomförd, om det mesta av vattnet skulle gå förbi den här punkten eller om det skulle ta en annan väg. För att kunna jämföra om åtgärderna ger någon effekt eller påverkan på vattendragen valdes även två platser ut som referenser. För åtgärdsområdet Kungamossen valdes Övre Pollacksbäcken ut som referens. För åtgärdsområdet Djurgårdsmossen valdes en plats i Ribäcken som referens. Från början var planen att även lägga igen diken i Kammen (ett dikessystem som i terrängkartan påminner om en kam) som ligger nedströms Kungamossen. Vattnet från dikessystemet rinner in i Nedre Pollacksbäcken och därför lades även en provtagningspunkt i Kammen uppströms utloppet till Nedre Pollacksbäcken. Samtliga provtagningsplatser ligger i små vattendrag/skogsdiken.

Enligt plan skulle provtagningen ske varje månad förutom i Kammen där provtagningen skulle genomföras varannan månad. I juli 2020 startade den vattenkemiska provtagningen på fem platser:

För åtgärdsområdet Kungamossen:

1. Nedre Pollacksbäcken nedströms Kungamossen,
2. Kammen (rinner in i Nedre Pollacksbäcken nedströms Kungamossen),
3. Övre Pollacksbäcken (referens till Nedre Kungamossen),

För åtgärdsområdet Djurgårdsmossen:

4. Ribäcken (referens till Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen)
5. Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen.

Omprioritering av provtagningsplatser

Kort tid efter att den vattenkemiska provtagningen hade kommit i gång gjordes en omprioritering av provtagningsplatserna för åtgärdsområde Kungamossen. Uppföljningen vid Kammen togs bort för att möjliggöra uppföljning vid två andra platser: 1) Nedre Pollacksbäcken innan sammanflödet med Håltjärnsbäcken och 2) Håltjärnsbäcken.

Nedre Pollacksbäcken innan sammanflödet med Håltjärnsbäcken valdes ut för att kunna följa upp om halterna förändras längre ned i Nedre Pollacksbäcken efter åtgärderna i

Kungamossen. Om det skulle visa sig att halterna är höga på den här platsen efter att åtgärderna genomförts skulle det kunna bli aktuellt att även följa upp en plats nedströms sammanflödet för att se hur långt ned påverkan kunde spåras. Den andra lokalen som valdes ut var Håltjärnsbäcken innan sammanflödet med Nedre Pollacksbäcken.

Provtagningsplatsen valdes ut för att följa vattenkemin i bäcken och på det viset få en bild över hur vattenkemin är i den här delen av projektområdet. Håltjärnsbäcken är ett utpekat värdefullt vatten och ingår i ett N2000-område. I bäcken finns höga värden, både flodpärlmussla, flodkräfta, strömstationär öring av lokal stam samt stensimpa. (I sjön som mynnar i bäcken har på senare år även blodigel hittats, vilket är den första kända lokalen i Västmanlands län.) Det sker en viss föryngring av populationen av flodpärlmusslorna i bäcken. Men eftersom det finns så få små musslor, mindre än 5 cm, bedöms statusen för populationen som ”ej livskraftig”.

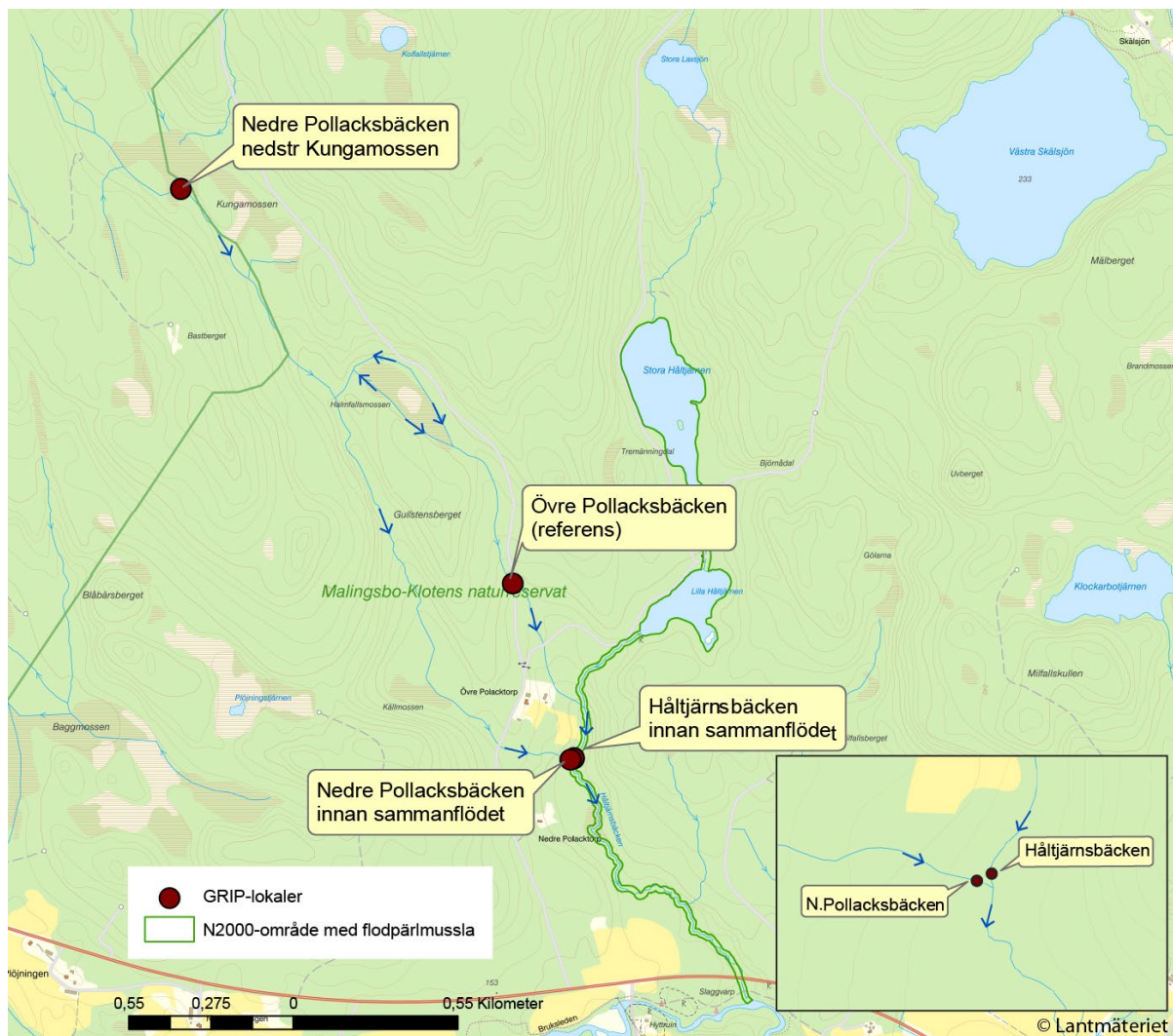
De sex provtagningsplatserna efter omprioriteringen (figur 4 och 5) redovisas nedan:

Åtgärdsområde Kungamossen (bild 13–27)

- 1) Nedre Pollacksbäcken nedströms Kungamossen
- 2) Övre Pollacksbäcken (referens till Nedre Pollacksbäcken nedströms Kungamossen)
- 3) Nedre Pollacksbäcken innan sammanflödet med Håltjärnsbäcken
- 4) Håltjärnsbäcken innan sammanflödet med Nedre Pollacksbäcken

Åtgärdsområde Djurgårdsmossen (bild 28–35)

- 1) Ribäcken (referens till Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen)
- 2) Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen



Figur 4 Provpunkter i åtgärdsområde Kungamossen. Inklippt kartbild visar sammanflödet mellan Nedre Pollacksbäcken och Håltjärnsbäcken i förstoring.



Bild 13–16. Foton på provtagningsplatsen vid fyra olika tillfällen i Nedre Pollacksbäcken nedströms Kungamossen, som ligger i åtgärdsområdet Kungamossen. Fotona på övre raden från vänster är tagna 2020-07-01 respektive 2020-11-26. Bilderna på den nedre raden från vänster är tagna 2022-05-12 respektive 2023-05-31. Foto: Carolina Lind



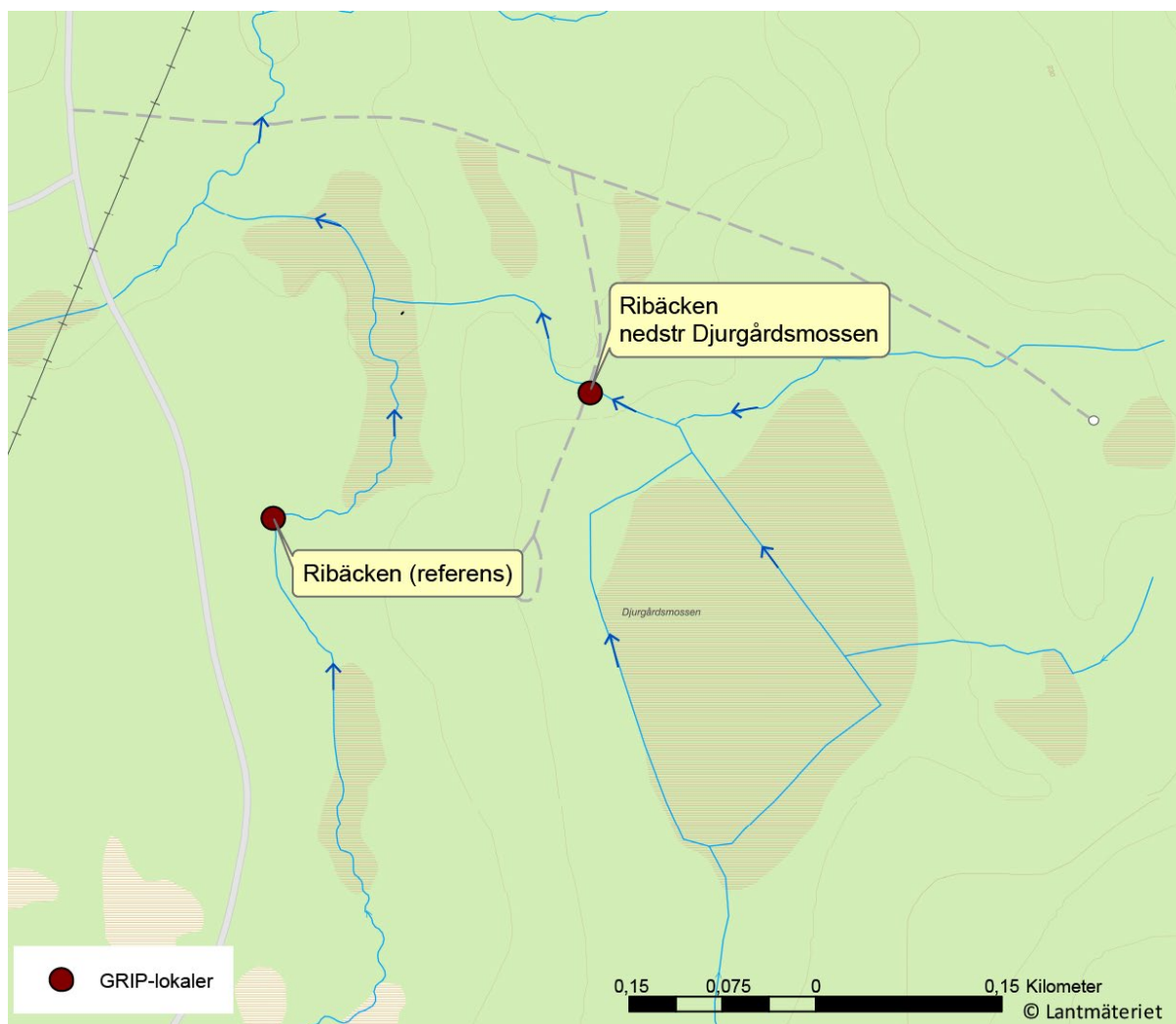
Bild 17–20. Foton på provtagningsplatsen vid fyra olika tillfällen i Övre Pollacksbäcken (referens till Nedre Pollacksbäcken nedströms Kungamossen), som ligger i åtgärdsområdet Kungamossen. Fotona på övre raden från vänster är tagna 2020-07-01 respektive 2021-01-14. Bilderna längst ned från vänster är tagna 2022-05-12 respektive 2023-05-31. Foto: Carolina Lind



Bild 21–23. Foton på provtagningsplatsen vid tre olika tillfällen i Nedre Pollacksbäcken innan sammanflödet med Håltjärnsbäcken, som ligger i åtgärdsområdet Kungamossen. Bilderna visar hur miljöerna skiljer sig åt i vattendraget vid tre olika tillfällen. De övre bilderna med början från vänster är tagna 2020-11-26 respektive 2021-01-14. Den nedersta bilden är ifrån 2023-05-31. Vid det tillfället var det väldigt låga vattennivåer i vattendraget. Foto: Carolina Lind



Bild 24–27. Foton på provtagningsplatsen vid fyra olika tillfällen i Håltjärnsbäcken innan sammanflödet med Nedre Pollacksbäcken, som ligger i åtgärdsområdet Kungamossen. De två översta bilderna är tagna cirka 5 meter närmare sammanflödet med Nedre Pollacksbäcken. Övre bilden till vänster togs 2020-11-26 och den övre bilden till höger är från 2021-01-14. Den nedre bilden till vänster är från 2022-05-12 och den nedre bilden till höger från 2023-05-31. Foto: Carolina Lind



Figur 5 Provpunkter i åtgärdsområde Djurgårdsmossen.



Bild 28–31. Foton på provtagningsplatsen vid fyra olika tillfällen i Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen, som ligger i åtgärdsområdet Djurgårdsmossen. De övre bilderna med start från vänster är tagna 2020-11-26 respektive 2021-01-14. Bilderna på nedre raden med start från vänster är från 2022-05-12 respektive 2023-05-31. Foto: Carolina Lind



Bild 32–35. Foton på provtagningsplatsen vid fyra olika tillfällen i Ribäcken (referens till Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen), som ligger i åtgärdsområdet Djurgårdsmossen. Den vänstra övre bilden är tagen 2020-07-01 och den högra bilden 2020-11-26. De nedre bilderna med start från vänster är från 2022-05-12 respektive 2023-05-31. På tre av bilderna syns flödesmätaren. Foto: Carolina Lind

Nivå- och grumlighetsmätningar

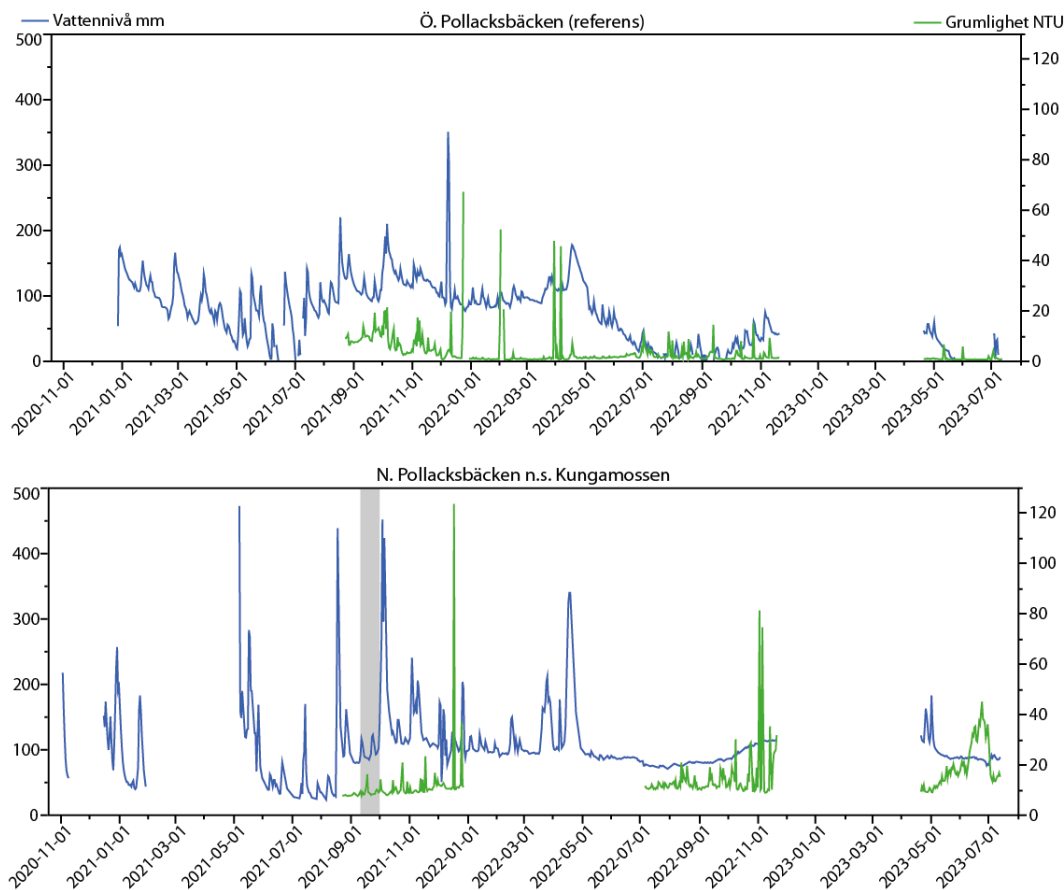
Konsult Mitta AB har haft hand om de kontinuerliga mätningarna av nivåer och turbiditet (grumlighet) med sensorer. Nivåerna mäts med tryckgivare och kan efter kalibrering räknas om till flöden. Vattennivåerna har räknats om till flöden för alla provpunkter utom för en (Nedre Pollacksbäcken nedströms Kungamossen) då vattennivåerna varit för låga för flödesbestämningar.

Mätningarna sker automatiskt och kontinuerligt och har skett på fyra platser. Platserna valdes ut utifrån två kriterier. Dels skulle platserna vara nära provtagningsplatserna för vattenkemi, dels platsens lämplighet för mätningarna. I mitten av oktober 2020 installerade konsult Mitta AB nivåmätare på tre platser: 1) Nedre Pollacksbäcken nedströms Kungamossen, 2) Ribäcken referens och 3) Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen. I den fjärde platsen, Övre Pollacksbäcken som har en ganska stenig botten och en viss lutning, bedömdes ett Thomson-överfall vara den bästa lösningen för mätningarna. I december samma år installerades Thomson-överfallet i bäcken, d v s en metallplatta med ett v-format utskov som sitter tvärs över vattendraget. Eftersom bäcken är sur, inga kända värden finns i vattendraget och fisk inte kan ta sig upptill bäcken genom den nedströms liggande mossen ansågs Thomson-överfallet som lämplig. Annars ska man förstås inte uppföra vandringshinder i bäckar.

I september 2021 utökades mätningarna till att även innefatta grumlighet (turbiditet) vid de fyra platserna. Data från nivå- och grumlighetsmätningarna skickas kontinuerligt till webbplats ehp-data.com samt redovisas grafiskt nedan (figur 6 och 7).



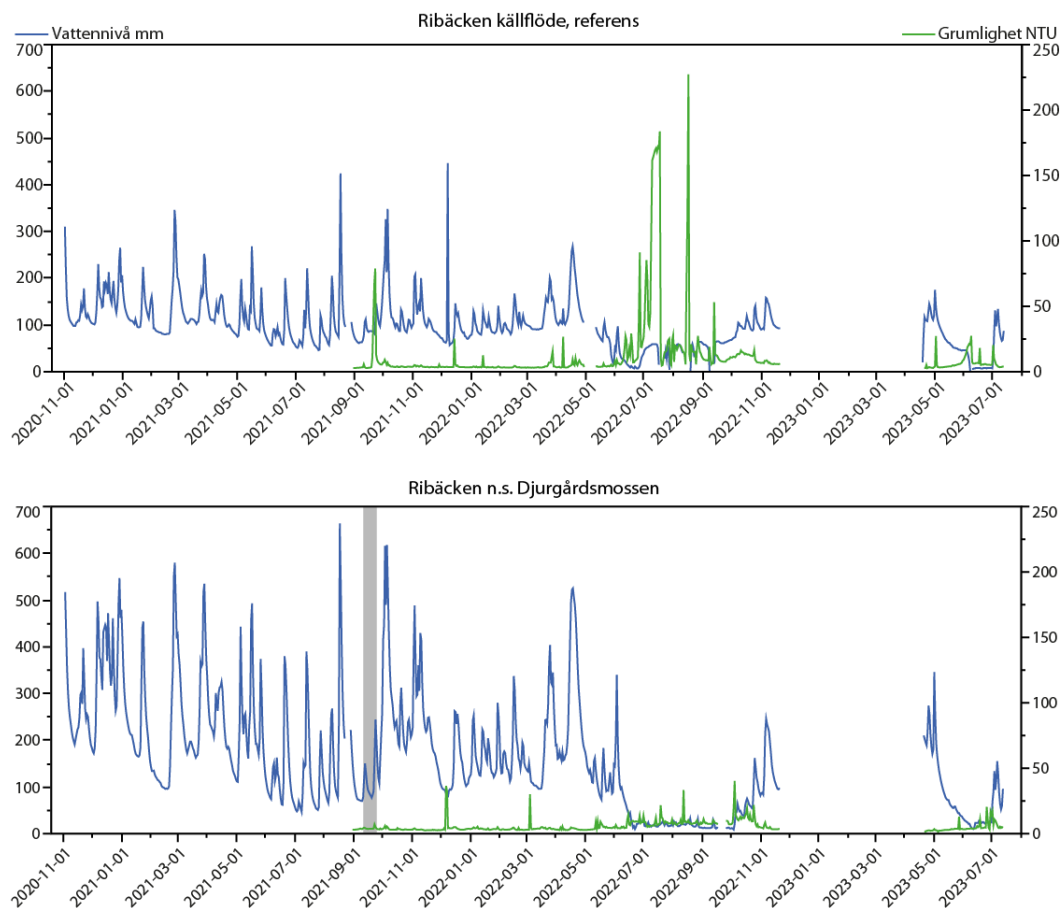
Bild 36 och 37. Mätutrustning i Övre Pollacksbäcken. Till vänster en översiktsbild och till höger närbild på Thomsonöverfall och sensorer. Foto: Carolina Lind



Figur 6 Vattennivåer för perioden december 2020 – juni 2023 samt mätningar av grumlighet för perioden september 2021 – juni 2023 i Kungamossens åtgärdsområde.

Figur 6 innehåller två diagram som visar vattennivåer för perioden december 2020 – juni 2023 respektive mätningar av grumlighet för perioden september 2021 – juni 2023 i Kungamossens åtgärdsområde. Det övre diagrammet visar data från referenspunkten i Övre Pollacksbäcken medan det nedre diagrammet visar data från Nedre Pollacksbäcken nedströms åtgärdsområdet. Den grå stapeln i det nedre diagrammet visar perioden då åtgärdsarbete utfördes. Figur 6 visar att variationerna i vattennivå i Nedre Pollacksbäcken, Kungamossen jämfört med referensen övre Pollacksbäcken följer ungefär samma mönster både före och efter restaureringsåtgärder. Under sommaren 2022 och 2023 är referensen i princip uttorkad medan det fortfarande finns lite vatten i Nedre Pollacksbäcken. Ser man till provtagarkommentarerna verkar inte skillnaden i vattennivå varit påtaglig då prov uteblivit, ibland från det ena och ibland från det andra vattendraget, på grund av för lite vatten.

Sensorn som mäter grumlighet i Nedre Pollacksbäcken nedströms Kungamossen gick sönder vintern 2021/2022 men reparerades och återinstallerades i juli 2022. Under perioden som sensorn var trasig har därför inga mätningar av grumlighet gjorts. Påföljande vinter, 2022/2023, togs alla sensorer upp för att undvika ytterligare frysskador.



Figur 7 Vattennivåer för perioden november 2020 – juni 2023 samt mätningar av grumlighet för perioden september 2021 – juni 2023 i Djurgårdsmossens åtgärdsområde.

De två diagrammen i figur 7 visar vattennivåer för perioden december 2020 – juni 2023 respektive mätningar av grumlighet för perioden september 2021 – juni 2023 i Djurgårdsmossens åtgärdsområde. Det övre diagrammet visar data från referenspunkten uppströms åtgärdsområdet och det nedre diagrammet visar data från vattendraget nedströms åtgärdsområdet. Den grå stapeln i det nedre diagrammet visar perioden då åtgärdsarbete utfördes. Även i Ribäcken följer variationerna ett likartat mönster vid referenspunkten som nedströms Djurgårdsmossen både före och efter åtgärder. Även här var det mycket låga nivåer under somrarna 2022 och 2023 och provtagning omöjlig vissa månader på grund av för lågt vatten.

Jämförelser mellan provtagningsresultat och sensormätningar av grumlighet återfinns i delen Analysresultat.

Analysresultat

Även om restaurering av våtmarker kan bidra till flera ekosystemtjänster så kan det åtminstone initialt innebära en ökning av vissa oönskade ämnen. Till exempel kan man förvänta sig en ökad metylering av kvicksilver i den översvämmade marken då lägre syrgashalter gynnar kvicksilvermetylerande mikroorganismer. Dessa organismer stimuleras också av större tillgång till organiskt material (både som TOC och som fast material såsom löv, grenar m.m.), framför allt färsk kolkällor som frisätts från marken

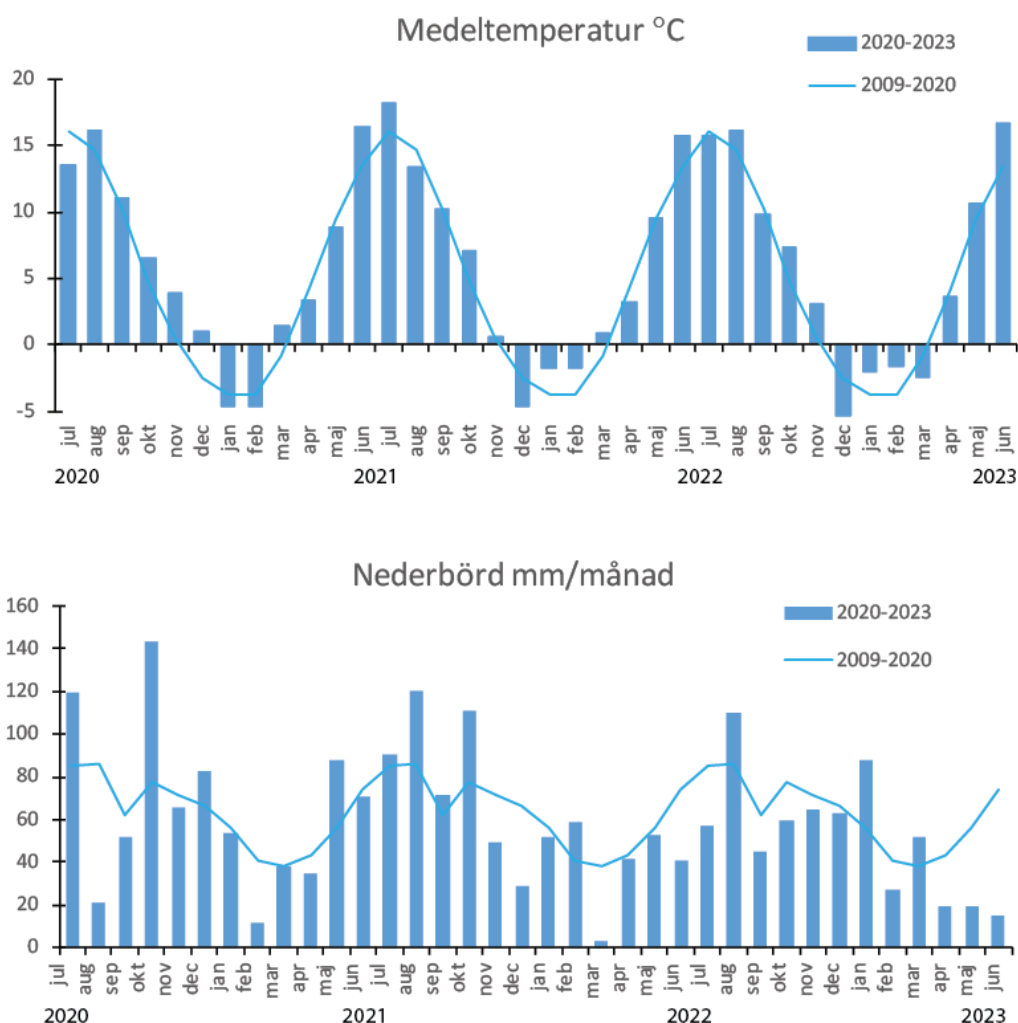
då vattennivån stiger. Om halten organiskt material ökar i vattnet så finns också risk att pH-värdet sjunker på grund av en ökad halt organiska syror. Översvämmad mark kan fungera både som en fälla och en källa för såväl organiskt material som för näringsämnen. Å ena sidan frisätts dessa ämnen från marken med stigande vattennivå men å andra sidan bromsas flödet upp vilket gör att partiklar hinner sedimentera. Det kan innebära att partikulärt bundna ämnen inte transporteras vidare nedströms i samma grad som tidigare.

Denna rapport omfattar data insamlade både före och efter utförda åtgärder. Vid ett flertal tillfällen har prover uteblivit på grund av att vattendrag varit uttorkade, bottenfrusna eller att snö- och isförhållanden omöjliggjort provtagning. Den plats där detta inträffat flest gånger är Nedre Pollacksbäcken Kungamossen som inte går att nå om det är mycket snö eller is.

I tidsseriediagrammen för de olika analysparametrarna visas resultaten från referenspunkterna i respektive diagram i blått medan resultaten från punkterna direkt nedströms åtgärdsområdena visas i rött. Provtagning har även skett längre ner i Nedre Pollacksbäcken samt i Håltjärnsbäcken strax innan dessa två bäckar rinner samman. Dessa resultat visas i orange för Nedre Pollacksbäcken innan sammanflödet med Håltjärnsbäcken och grönt för Håltjärnsbäcken.

Väderförhållanden under provtagningsperioden

Temperatur och nederbördsdata från mätstationen i Kloten under perioden juli 2020 till juni 2023 (Figur 8) har hämtats från SMHI:s hemsida ([Ladda ner meteorologiska observationer | SMHI](#)). Kloten ligger i Hedströmmens avrinningsområde i Dalarnas län, uppströms områdena som följs upp i den här sammanställningen och bedöms vara den SMHI-mätstation som representerar nederbördssituationen bäst.



Figur 8 Medeltemperatur och nederbörd vid mätstationen i Kloten A under perioden juli 2020 – juni 2023. Linjen visar normalvärden för referensperioden 1991–2020. Data från SMHI.

I juli 2020 var det kyligt för årstiden i större delen av Sverige men framför allt i de västra delarna av landet. I augusti återkom värmen och sedan följde en mild höst som varade ända in i december. Efter några kalla vintermånader kom det milda vädret tillbaka i mars 2021. April och maj bjöd på måttliga temperaturer medan juni och juli var rekordvarma i stora delar av landet. Efter ännu en mild höst slogintervädret till i december och det blev en kall avslutning på året. En bit in i januari 2022 kom mildluften tillbaka och resten av vintern låg temperaturen något över det normala. April och maj hade tämligen normala temperaturer men i juni kom högsommarvärmen lagom till midsommar och gjorde att medel för månaden blev över det normala. Även augusti, september och oktober bjöd på temperaturöverskott medan december var mycket kallt jämfört med referensperioden. I januari och februari 2023 blev det åter mildare medan mars var kall för årstiden.

När det kommer till nederbörd så har perioden bjudit på både stora och mindre mängder. Det har förekommit nederbördsmängder långt över det normala för referensperioden vid ett flertal tillfällen. Rekordet kom i oktober 2020 då det föll drygt 140 mm under månaden vilket är dubbelt så mycket som normalt. Å andra sidan var augusti 2020, februari 2021, mars 2022 samt april, maj och juni 2023 mycket torra, allra

torrast var det i mars 2022 då endast 3 mm nederbörd uppmättes på hela månaden. I början av sommaren 2023 befarade många att sommaren skulle bli en upprepning av sommaren 2018 avseende både värme och torka. Så blev det inte då vädret slog om i mitten av sommaren som i stället blev mycket blöt med översvämningar i stora delar av landet, däribland i delar av Västmanlands län.



Bild 38. Provtagningsflaskor från alla stationer vid provtagning 2022-09-21. Bilden visar de stora skillnaderna i vattenfärg mellan olika provplatser. Foto: Carolina Lind.

Parametrar som analyseras

De vattenkemiska proverna har analyserats med avseende på metylkvicksilver samt ett baspaket som innehåller pH, konduktivitet, alkalinitet/aciditet, absorbans, TOC, Tot-N, NH₄-N, NO₂+NO₃-N, PO₄-P, Tot-P, SO₄, Cl, F, Ca, Mg, Na, K och Si. Under hösten 2020 lades även analys till av turbiditet och suspenderade ämnen för att visa på eventuella förändringar i partikelhalt i vattendragen efter åtgärd.

Hantering av extremvärden

Vid två tillfällen har mätdata exkluderats ur figurer och beräkningar då kraftigt förhöjda resultat för flera analysparametrar misstänks bero på att bottensediment kommit med i proven. Det första provet kom från Ribacken nedströms Djurgårdsmossen 2022-07-06. Vattennivån var vid provtillfället mycket låg, 19 mm enligt sensormätningen. Det finns både en provtagarkommentar och att vattnet var mycket mörkfärgat och en laboriekommentar om mycket partiklar i flaskorna.

Det andra provet som exkluderats togs i Nedre Pollacksbäcken vid Kungamossen 2022-09-21. Från detta tillfälle finns inga kommentarer, varken från provtagaren eller från laboriet, men de två föregående månaderna finns kommentarer om att det var

svårt att ta prov utan att grumla upp bottenmaterial och enligt sensormätningarna var vattennivån fortfarande lika låg (ca 80mm) i september. Det finns också ett foto, taget vid septemberprovtagningen, av provtagningsflaskor från alla stationer där det ser ut att finnas ett skikt med mörka partiklar i botten av flaskan från Kungamossen (se sidan 21, flaskan längst till vänster som är märkt med W2050 Nedre Pollacksbäcken).

I dataseten med sensormätningar har några grumlighetsmätningar från Övre Pollacksbäcken (referenspunkt) exkluderats ur figurerna då de anses orimliga. Det gäller perioden 26–30 december 2021 samt 3–4 februari 2022. Dessa dagar har en grumlighet på ca 400 till 500 NTU uppmätts för att sedan mycket hastigt gå ner till cirka 1 NTU. Plötsliga, stora variationer i flödet kan orsaka så snabba svängningar men vattennivådata visar inte på något sådant.

Den 8 december 2021 förekommer ett extremvärde för vattennivån i Övre Pollacksbäcken på 1 296 mm. Att det skulle röra sig om ett skyfall är inte troligt då det varit minusgrader i området sedan slutet av november och vattendraget var helt igenfuset vid försök till provtagning veckan efter. Detta värde är därför exkluderat från figuren.

Statistisk utvärdering av kemidata

Skillnaden i koncentration mellan de mätstationer som påverkats av våtmarksrestaureringen och deras referenser beräknades för varje provtagningstillfälle. Detta betyder att koncentrationerna i Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen jämfördes med Ribäcken referens. Koncentrationerna i Nedre Pollacksbäcken nedströms Kungamossen respektive koncentrationerna i Nedre Pollacksbäcken innan sammanflödet med Håltjärnsbäcken jämfördes med referensen Övre Pollacksbäcken. Skillnader i koncentration mellan påverkade områden och referenser jämfördes innan och efter våtmarksrestaurering i en GLMM (generalized linear mixed model) analys. I GLMM analysen testades om skillnaden i koncentration för respektive variabel förändrades signifikant från perioden innan till perioden efter restaurering. Signifikansnivån sattes till $p < 0,05$. Genom att utvärdera skillnaden mot referensen, och inte bara förändringen i den faktiska koncentrationen i det restaurerade området, så tas naturliga variationer som styrs av t.ex. temperatur och nederbörd i beaktande. Alla statistiska analyser utfördes i JMP Pro 16.

pH, TOC och alkalinitet

Fakta om analysparametrarna.

pH är ett mått på vattnets surhet. pH-skalan är logaritmisk och ju lägre pH desto surare vatten. Mätning sker på ett icke luftat prov tempererat till 25°C.

TOC står för totalhalt organiskt kol i vattnet. Den vanligaste metoden (som är den SLU använder) går ut på att provet leds över en het katalysator, varvid kolet förbränns till CO₂ som sedan kvantifieras. Det är främst löst kol som analyseras men om kolet är bundet till så små partiklar att de kan sugas upp genom instrumentets provnål ingår dessa också.

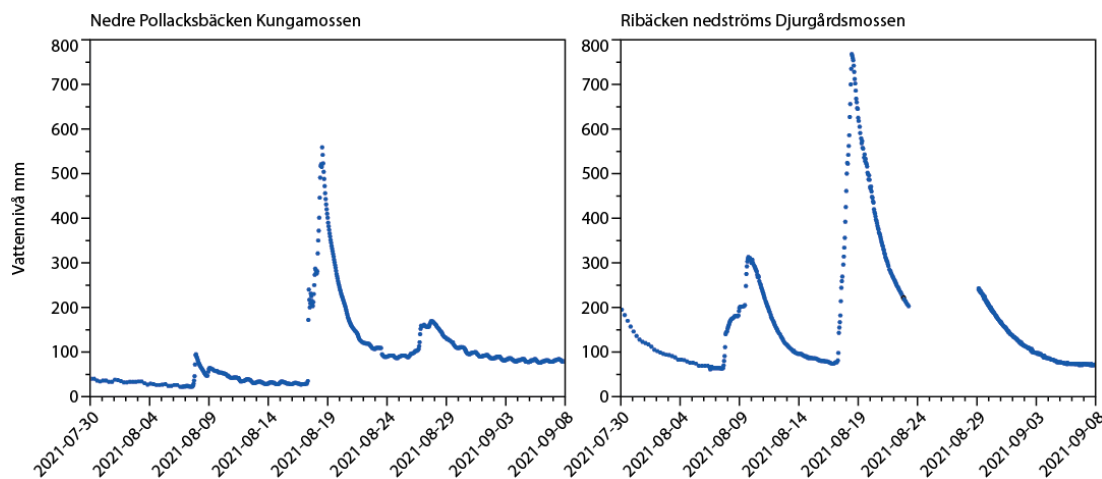
Alkalinitet är ett mått på vattnets buffertkapacitet, dvs vattnets förmåga att motstå förurning. I de flesta naturliga vattendrag är karbonatsystemet det mest betydande buffertsystemet och den analysmetod som använts här mäter just karbonatalkalinitet. Proven titreras med en svag saltsyra, under kvävgasgenomströmning, till ett angivet pH-värde (i detta fall pH 5,6) och slutpunkten bestäms med en pH-elektrod. Om provet vid analysens start har ett pH under slutpunkten titreras i stället med natriumhydroxid upp till samma slut-pH och svaret anges som negativ alkalinitet = Aciditet.

Om man jämför variationen i pH med TOC under perioden ser man att det verkar finnas ett samband mellan dessa värden i båda åtgärdsområden (Figur 9 och Figur 10). När TOC-halten stiger sjunker pH och tvärtom, vilket tyder på att pH värdet styrs av halten organiska syror. Alkaliniteten (buffertförmågan) följer i princip samma mönster som pH vilket är logiskt då buffertförmågan hänger ihop med surheten i vattnet.

De lägsta TOC-halterna återfinns i Kungamossens åtgärdsområde som också har de högsta pH-värdena, medan stationerna i Djurgårdsmossens åtgärdsområde har de högsta TOC-halterna och lägsta pH-värdena. Eftersom det handlar om bruna skogsbäckar finns det anledning att anta att en stor del av kolet föreligger i löst form som organiska syror vilket bidrar till låga pH-värden.

Vid alla stationer ser man att pH-värdet varierar med årstiden så att de högsta värdena mestadels uppmäts under sommaren och de lägsta framför allt under hösten då flödet ofta är högre. Vid högt flöde ökar ofta mängden TOC och därmed mängden organiska syror i vattnet (Figur 9 och 10).

Under sommaren 2021 kan man se en dipp i pH och alkalinitet och en topp i TOC, vid alla stationer utom i Håltjärnsbäcken, vid augustiprovtagningen. Dessa prov togs dagen efter flera dagar med kraftigt regn. I nivåmätningarna kan man se att det varit en hög flödestopp dagen innan provtagning (figur 9) och marken vid provplatsen översvämmades, se foto nedan. Troligt är därför att en mängd organiskt material spolats ut från omgivande mark och orsakat en tillfällig ökning av TOC och sänkning i pH.



Figur 9 Graferna visar den flödestopp som kom dagen innan augustiprovtagningen 2021-08-19. Maxnivå uppmättes mitt på dagen 2020-08-18, ett dygn innan provtagning.



Bild 39. Bilden är tagen uppströms provtagningspunkten vid Kungamossen vid högflöde den 18 augusti 2021. Foto: Magnus Lindh

Temporala variationer i koncentrationer för Kungamossens åtgärdsområde

I Kungamossens åtgärdsområde (Figur 10) ligger Övre Pollacksbäcken och Håltjärnsbäcken högst i pH medan Nedre Pollacksbäcken är surare. I den senare varierar pH mycket mellan provtagningarna men det tycks som att pH-värdet gått upp något efter restaureringen och att skillnaden mot referensen därmed minskat. Som tidigare nämnt har många prov från Kungamossen direkt nedströms åtgärdsområdet uteblivit vilket försvårar tolkningen av data.

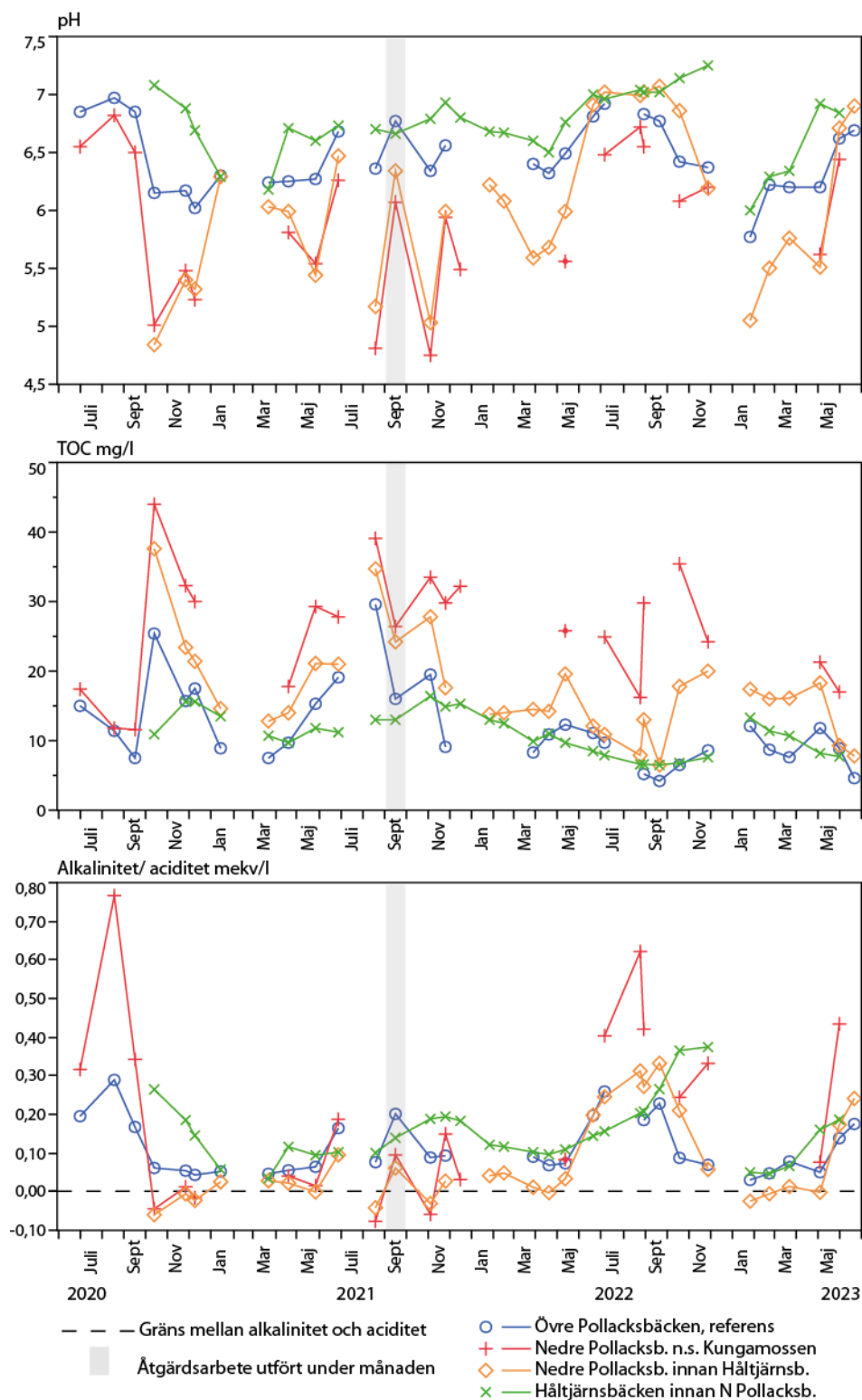
Även TOC varierar mycket upp och ner mellan provtagningarna men Nedre Pollacksbäcken nedströms Kungamossen ligger i princip alltid högre än övriga provpunkter i området. Skillnaden mot referensen har blivit större efter restaurering men det tycks snarare bero på att TOC-halten i referensen legat på en jämnare låg nivå än tidigare än att det skett någon större förändring nedströms Kungamossen

Alkaliniteten i Nedre Pollacksbäcken har tidigare då och då gått ner under noll och i stället uppmätts som aciditet, det vill säga ingen buffertförmåga och sura förhållanden

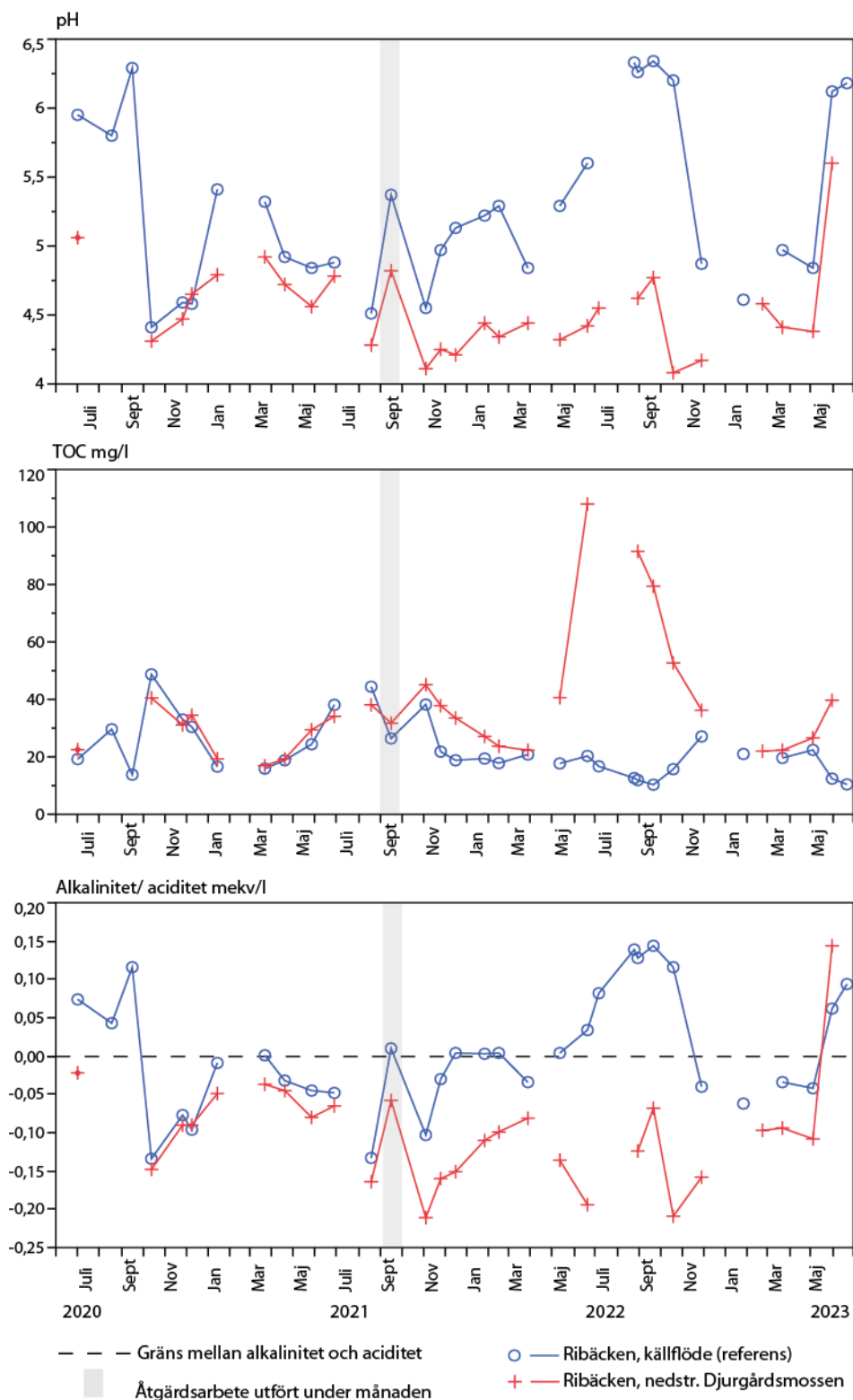
råder i vattnet. Efter restaureringen har det endast uppmätts aciditet vid punkten direkt nedströms Kungamossen vid ett tillfälle i november 2021 och vid punkten innan sammanflödet med Håltjärnsbäcken tycks det som att buffertförmågan ökat efter restaureringen. Vid några tillfällen har alkaliniteten i Nedre Pollacksbäcken till och med legat högre än i Övre Pollacksbäcken.

Temporala variationer i koncentrationer för Djurgårdsmossen

I Djurgårdsmossens åtgärdsområde (Figur 11) syns en tydlig skillnad i förhållandet mellan referens och åtgärds punkt efter restaurering i både pH och buffertförmåga (alkalinitet/aciditet). Även avseende TOC ser man en ökning i halt framförallt under sommaren 2022 då vattennivåerna var mycket låga. I Ribäckens källflöde förekommer aciditetsvärden vid ungefär hälften av provtillfällena, vilket innebär att vattnet har låg eller ingen buffertförmåga. Nedströms Djurgårdsmossen har alkalinitet bara uppmätts en gång, vid provtagningen i maj 2023. Då var det mycket låg vattennivå i bäcken och vid det sista provtagningstillfället i juni var den i princip uttorkad.



Figur 10 pH, TOC och alkalinitet/aciditet i Kungamossens åtgärdsområde under perioden juli 2020 – juni 2023. Den streckade linjen i grafen för alkalinitet visar gränsen mellan alkalinitet och aciditet. Åtgärder utfördes under september månad 2021 (gråmarkerat).



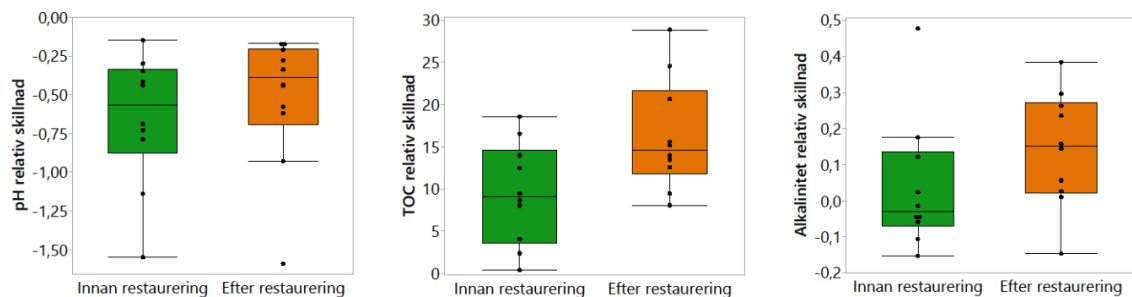
Figur 11 pH, TOC och alkalinitet/aciditet i Djurgårdsmossens åtgärdsområde under perioden juli 2020 – juni 2023. Den streckade linjen i grafen för alkalinitet visar gränsen mellan alkalinitet och aciditet. Åtgärder utfördes i september 2021 (gråmarkerat).

Restaureringens effekter

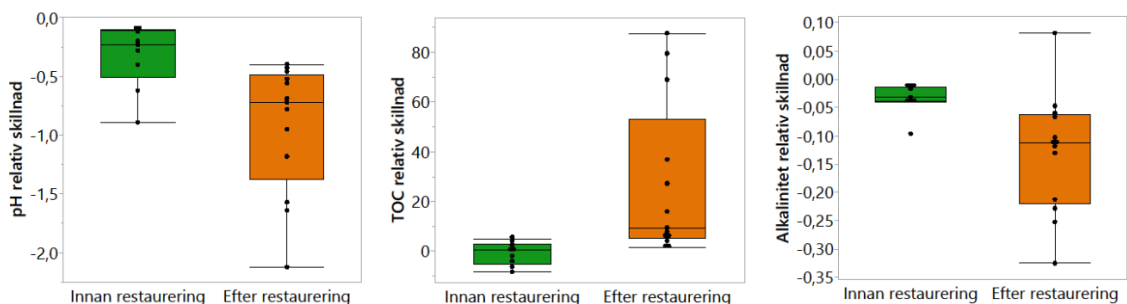
För varje provtagningstillfälle så har differensen av pH-värdet, koncentrationen av TOC och alkalinitet beräknats. Dessa differenser har jämförts innan och efter restaurering. En större differens, det vill säga ett högre värde, efter restaurering jämfört med före restaurering, visar att koncentrationen i det restaurerade området har stigit efter restaurering i förhållande till koncentrationerna i referensområdet.

I relation till sitt referensområde (Övre Pollacksbäcken), har koncentrationen av TOC ökat efter restaureringen i Kungamossen (Figur 12). Restaureringen har dock inte orsakat någon signifikant förändring varken av pH-värdet eller alkaliniteten i Kungamossen.

I Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen har pH-värdet minskat, koncentrationen av TOC ökat och alkaliniteten minskat efter restaurering i relation till koncentrationerna i referensområdet (Ribäcken, källflöde) (Figur 13). En ökning av koncentrationen av TOC efter restaurering har identifierats i flera studier (t.ex. Koskinen et al. 2017) och kan bero på mer ytliga flödesvägar efter restaureringen som mobiliserar mer organiskt material från markens övre lager. Minskningen av pH nedströms Djurgårdsmossen kan antas bero på en ökad mängd organiska syror i vattnet efter restaurering.



Figur 12 Förändringen av pH värde, koncentration av TOC och alkalinitet i Nedre Pollacksbäcken, Kungamossen i relation till värden i referensområdet Övre Pollacksbäcken.



Figur 13 Förändringen av pH värde, koncentration av TOC, och alkalinitet i Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen i relation till värden i referensområdet Ribäcken, källflöde.

Partiklar

Fakta om turbiditet och suspenderade ämnen

Både turbiditet och suspenderade ämnen är ett mått på mängden partiklar men de mäter inte exakt samma sak. Halten suspenderade ämnen bestäms gravimetriskt efter uppsamling genom sugfiltrering på ett i förväg vägt 1,2 µm glasfiberfilter. Det är alltså ett mått på massan av de partiklar som fastnar i filtret. Turbiditet i sin tur är ett mått på hur mycket infallande ljus avviker från sin rätlinjiga bana vid passagen genom provet, vilket i ytvatten till största delen beror på reflektion i partikelytor, och utgör därför ett mått på mängden partiklar i vattnet. Det är däremot inte ett mått på partiklarnas massa.

De båda analysmetoderna korrelerar ofta men ibland kan det vara en relativt stor skillnad mellan resultaten. Det kan finnas flera olika förklaringar till detta. Om provet innehåller många små partiklar som inte fastnar på glasfiberfiltret kan turbiditeten visa ett relativt sett högre värde än suspen. Om partiklarna i stället är få men stora och tunga kan suspen bli betydligt högre än turbiditeten. Även sammansättningen av partiklar påverkar korrelationen då form och ytstruktur påverkar turbiditeten. T.ex. så ger organiska partiklar högre turbiditet än lerpartiklar på grund av de organiska partiklarnas lägre densitet och fluffiga ytstruktur.

En annan orsak kan vara provtagningen. Prov samlas upp i olika flaskor som används till olika analyser. Speciellt vid låga flöden kan det vara svårt att ta ett prov utan att råka få med skräp som flyter på ytan eller lite av bottenmaterialet och då kan mängden och sammansättningen av partiklar skilja sig mellan olika flaskor.

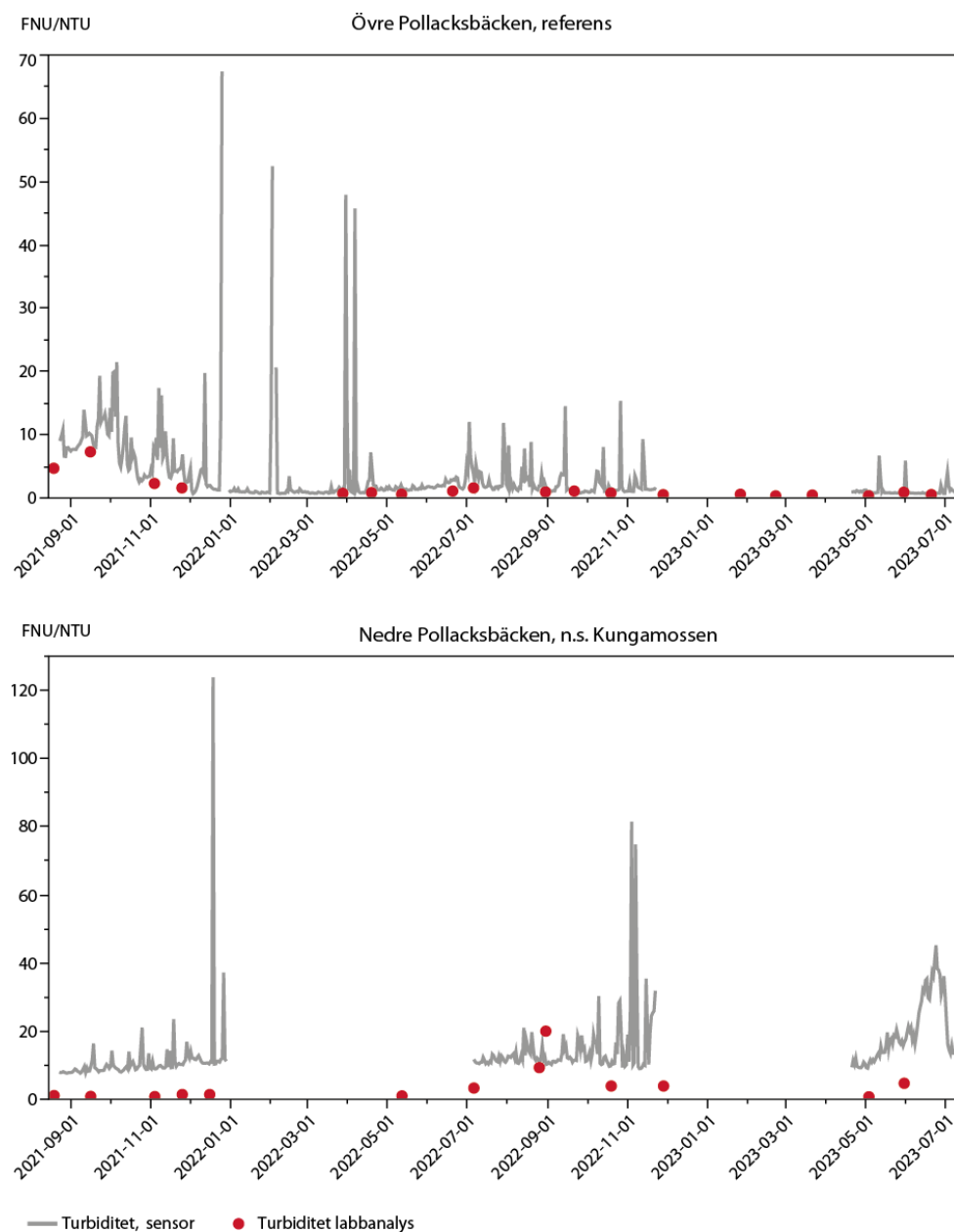
Partikelhalten i vattnet är intressant eftersom många ämnen som till exempel fosfor och metaller gärna binder till partiklar. Man kan mäta partikelhalten som suspenderade ämnen (susp) eller som turbiditet (grumlighet). I detta projekt har båda analyserna utförts från och med provtagningarna i oktober 2020.

Turbiditeten kan uttryckas i enheten NTU (Nephelometric Turbidity Unit) eller FNU (Formazine Nephelometric Unit). Den främsta skillnaden mellan dessa mätmetoder är att vitt ljus används vid mätning i NTU och infrarött ljus vid mätning i FNU. Skalorna är dock desamma så i praktiken kan man räkna med att NTU=FNU. I denna rapport är laboriemätningarna uttryckta i FNU medan sensormätningarna är uttryckta i NTU.

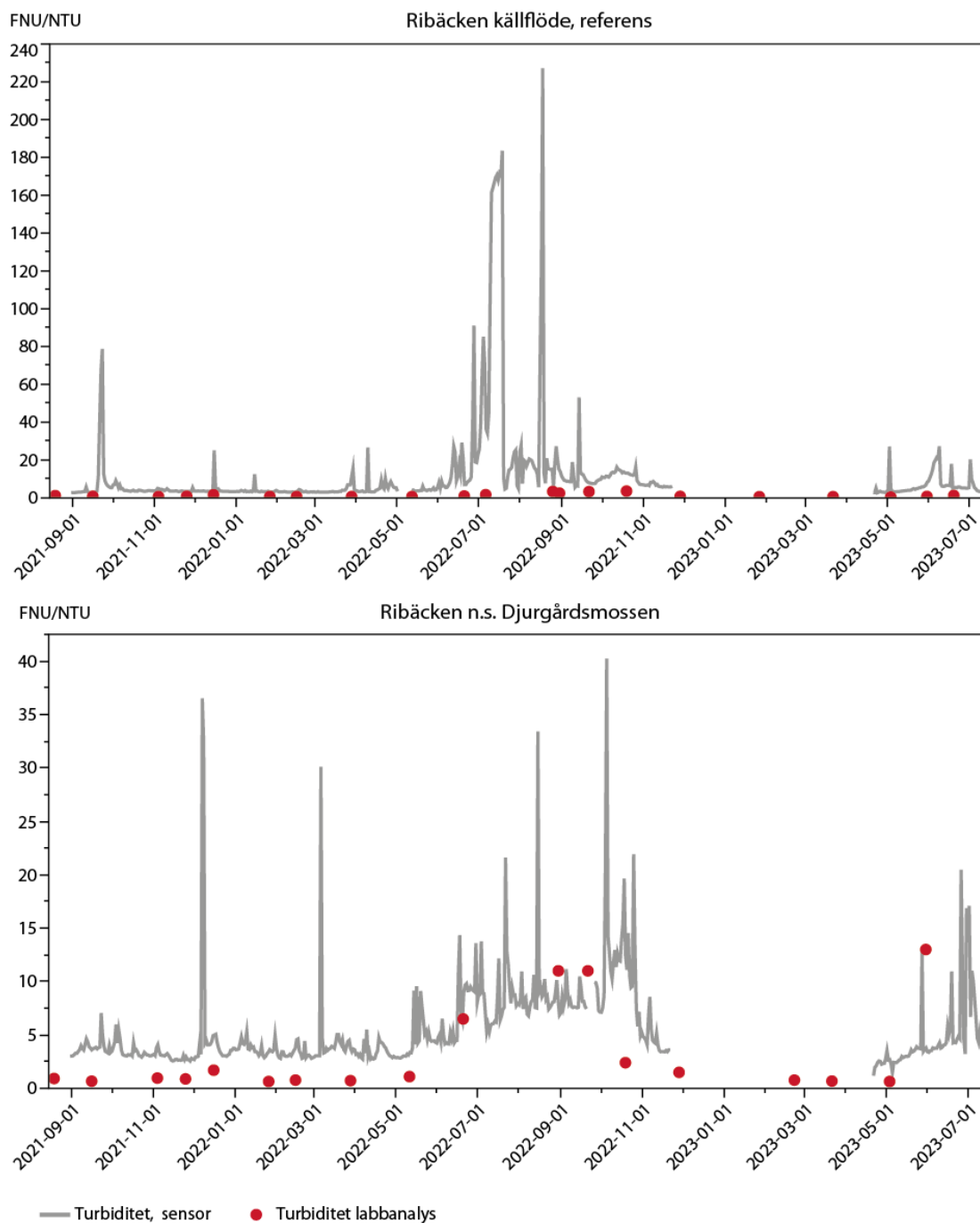
Nedan visas jämförelser mellan in situ sensormätningar och prov analyserade på laboratorium (Figur 14 och Figur 15). Dessa visar att man med kontinuerlig mätning kan fånga korta perioder med högre halter vilka ofta missas vid månadsvisa provtagningar. Om det i stället rör sig om en längre period med högre eller lägre värden kan man i många fall se samma mönster hos sensormätningarna som hos laboriemätningarna.

Sensormätningarnas lägsta nivå är tydligt högre än för laboriemätningarna, åtminstone i graferna för Kungamossen och Djurgårdsmossen. Detta beror troligen på att kalibrering sker på olika sätt för sensorer och laborieinstrument. På laboriet

sker kalibrering mot en formazinstandard med känd halt. Sensorerna kalibreras i fält genom att mekanisk hindra ljus från att nå sensorn respektive att låta allt ljus nå sensorn för att på så vis bestämma max- och minimumnivå i mätningarna.



Figur 14 Sensordata (linje) jämfört med prov analyserade på laboratoriet (punkter). Det översta diagrammet visar resultat från referenspunkten, Övre Pollacksbäcken, och det undre från Nedre Pollacksbäcken Kungamossen.



Figur 15 Sensordata (linje) jämfört med prov analyserade på laboratoriet (punkter). Det översta diagrammet visar resultat från referenspunkten, Ribäckens källflöde, och det undre från Ribäckens nedströms Djurgårdsmossen.

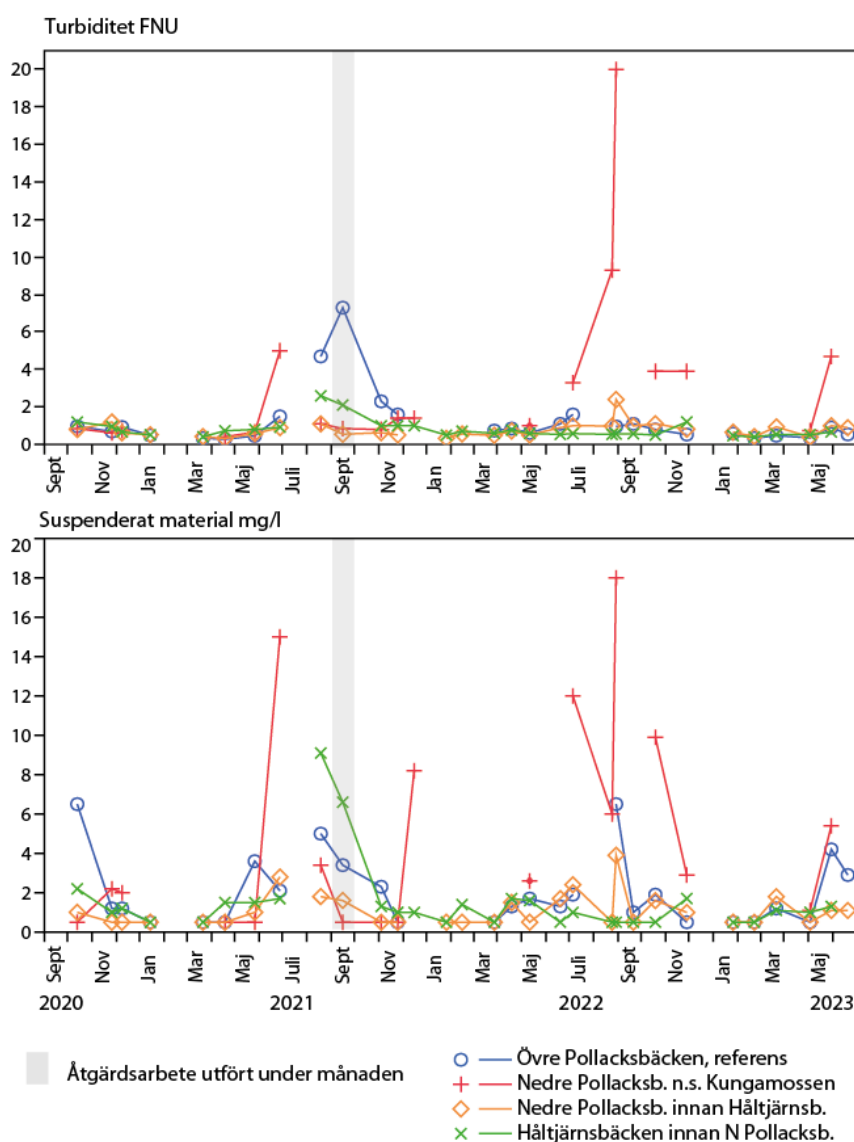
Bortsett från några få provtillfällen var partikelhalten, mätt som turbiditet, låg vid alla provpunkter fram till och med maj 2022 (figur 16 och 17). Vid några tillfällen är det till och med så att halten vid referenspunkterna är högre än nedströms respektive åtgärdsområde.

För suspenderat material låg cirka 40 procent av alla mätvärden under rapporteringsgränsen för metoden (1 mg/l) fördelat över alla stationer (figur 16 och 17). I figurerna är dessa mätvärden satta till halva gränsvärdet för att kunna visas i diagrammet. Vid några tillfällen med förhöjda värden sticker en av parametrarna ut mer

än den andra. Vid åtminstone ett av dessa tillfällen är det bekräftat att vattnet i flaskan som analyseras på suspenderat material innehöll mer och större partiklar än övriga provflaskor vilket förklarar skillnaden.

Temporala variationer i koncentrationer för Kungamossen

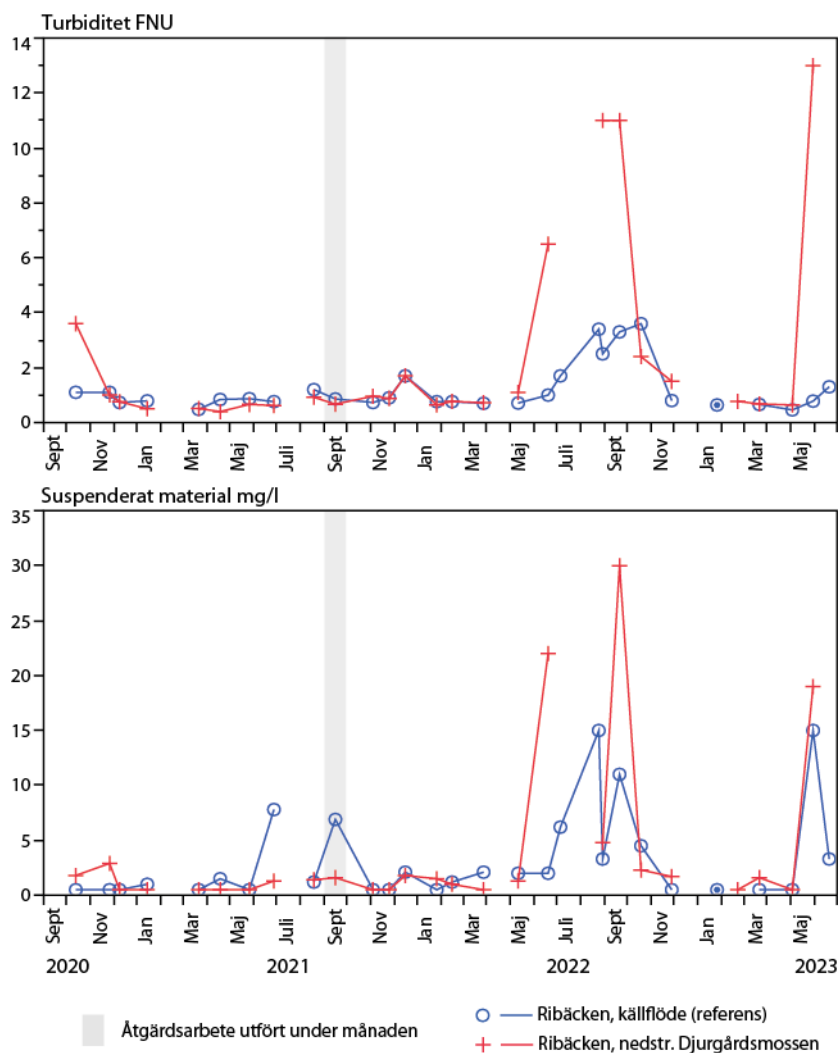
Under vintern 2021–2022 uteblev många prov både från Övre och Nedre Pollacksbäcken, antingen på grund av isläget eller att det inte gick att ta sig till provpunkten. De prov som ändå kunnat tas visar på låga partikelhalter. Under sommaren 2022, när vattennivån i bäckarna sjunker, stiger turbiditeten drastiskt i Nedre Pollacksbäcken nedströms Kungamossen (figur 16). Även mängden suspenderade ämnen är kraftigt förhöjd under samma period men där ses även flera tillfällen med förhöjda halter vid flera platser redan sommaren innan. Under hösten sjunker sedan partikelnivåerna till mer måttliga halter. Även under vintern 2022–2023 uteblev prov från Kungamossen då det inte gick att ta sig till provplatsen. När provtagningen återupptogs i början av maj var partikelhalterna låga men steg sedan samtidigt som vattennivån sjönk. Vid den sista provtagningen för projektet, i juni 2023, var nivån vid Kungamossen så låg att provtagning var omöjlig.



Figur 16 Turbiditet och suspenderat material i Kungamossens åtgärdsområde under perioden oktober 2020 – juni 2023. Åtgärder utfördes under september månad 2021, gråmarkerat i figuren.

Temporala variationer i koncentrationer för Djurgårdsmossen

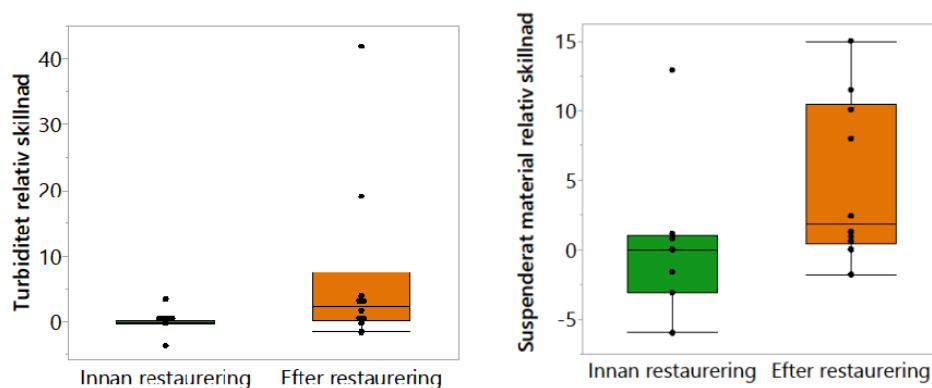
Även i Ribbäcken nedströms Djurgårdsmossen uppmättes höga halter av partiklar, både som turbiditet och som suspenderade ämnen, under sommaren 2022 och i maj 2023 (figur 17). Samtidigt finns provtagarkommentarer om mycket låga vattennivåer. I juni 2023 uteblev prov helt grund av torka.



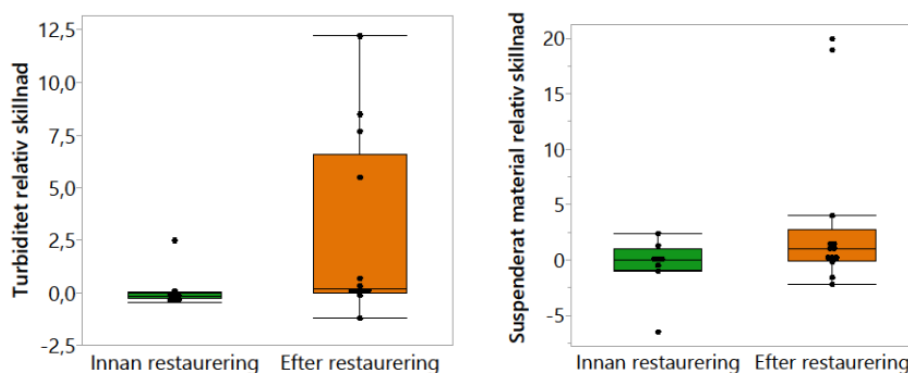
Figur 17 Turbiditet och suspenderat material i Djurgårdsmossens åtgärdsområde under perioden oktober 2020 – juni 2023. Åtgärder utfördes under september månad 2021, gråmarkerat i figuren.

Restaureringens effekter

Turbiditeten och mängden suspenderat material har inte förändrats signifikant efter restaurering i relation till värdena i referensvattendragen, varken i Nedre Pollacksbäcken, Kungamossen (Figur 18) eller i Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen (Figur 19). För varje provtagningstillfälle har differensen av turbiditet och suspenderat material beräknats. Dessa differenser har jämförts innan och efter restaurering. En större differens, dvs ett högre värde efter jämfört med innan restaurering, visar att koncentrationen i det restaurerade området har stigit efter restaurering i förhållande till koncentrationerna i referensområdet.



Figur 18 Förändringen i turbiditet och suspenderat material i Nedre Pollacksbäcken, Kungamossen i relation till värden i referensområdet Övre Pollacksbäcken.



Figur 19 Förändringen i turbiditet och suspenderat material i Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen i relation till värden i referensområdet Ribäcken källflöde.

Metylkviksilver

Fakta om metylkvicksilver

Metylkviksilver är en kemisk metallorganisk förening bestående av väte, kol och kvicksilver.

Det är en form av kvicksilver som både är starkt giftig, lätt tas upp av levande organismer och anrikas i näringskedjan.

Metylering av kvicksilver sker med hjälp av anaeroba mikroorganismer och gynnas av bland annat god tillgång av organiskt material.

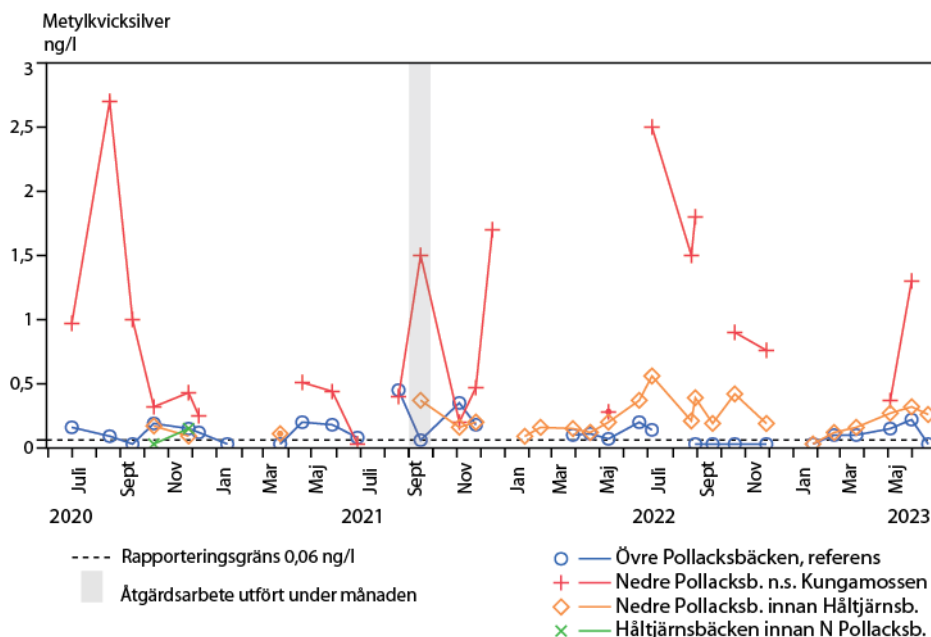
Någon tydlig effekt på koncentrationen av metylkvicksilver efter åtgärdsarbetet kan inte ses i något av åtgärdsområdena (Figur 20 och Figur 21). De mycket höga halter som uppmättes under sommaren 2022 i prov både från Kungamossen och från Djurgårdsmossen sammanfaller med tillfällen med mycket låga flöden och hög partikelhalt.

Temporala variationer i koncentrationer för Kungamossen

I Kungamossens åtgärdsområde ligger halterna i Nedre Pollacksbäcken, Kungamossen högre än vid de andra provpunkterna vid de flesta tillfällen både före och efter restaureringsåtgärder (Figur 20). I proven från Hältjärnsbäcken har metylkvicksilver endast analyserat två gånger, båda under hösten 2020, och koncentrationerna har legat mycket lågt vid båda tillfällena.

För metylkvicksilver räknas halter över 2 ng/l som höga och under 0,5 ng/l som låga. Vid alla stationer utom Nedre Pollacksbäcken Kungamossen har koncentrationen av metylkvicksilver med några få undantag legat under 0,5 ng/l, vilket är relativt lågt jämfört med tidigare studier i svenska vattendrag. (Eklöf et al. 2015, Tjerngren et al. 2012) Vid ett antal tillfällen har halten till och med legat under rapporteringsgränsen på 0,06 ng/l, i figuren satta till halva gränsvärdet. Detta gäller framför allt Övre Pollacksbäcken men vid enstaka tillfällen även vid de andra provplatserna.

Även om halten metylkvicksilver vid punkten direkt nedströms Kungamossen ligger högre än vid övriga provpunkter så är det endast vid tre tillfällen den uppmätts till mer än 2 ng/l. Vid de två första av dessa tillfällen, i augusti 2020 och i juli 2022, låg halten mellan 2 och 3 ng/l men vid det sista tillfället i september 2022 var halten kraftigt förhöjd, 10 ng/l. Detta värde har exkluderats ur diagrammet då det klassats som extremvärde. Vid detta provtillfälle var det flera analysparametrar som var mycket höga och som tidigare nämnts var flödet lågt och partikelhalten hög.

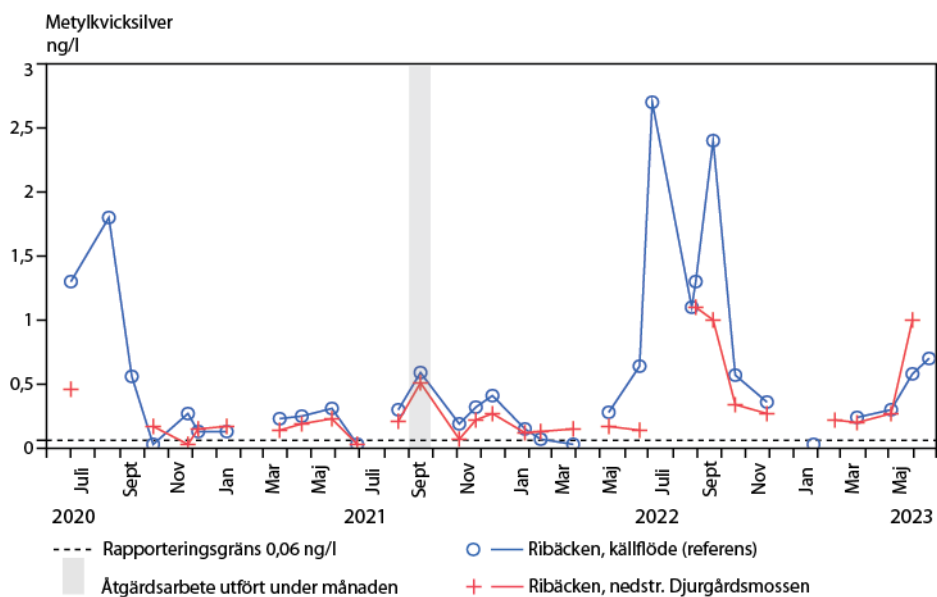


Figur 20 Koncentrationer av metylkvicksilver i Kungamossens åtgärdsområde under perioden juli 2020 – juni 2023. Åtgärder utfördes under september månad 2021, gråmarkerat i figuren.

Temporala variationer i koncentrationer för Djurgårdsmossen

I Djurgårdsmossens åtgärdsområde ligger halten vid referenspunkten något högre än i proven nedströms mossen vid de flesta provtagningar både före och efter åtgärder (Figur 21).

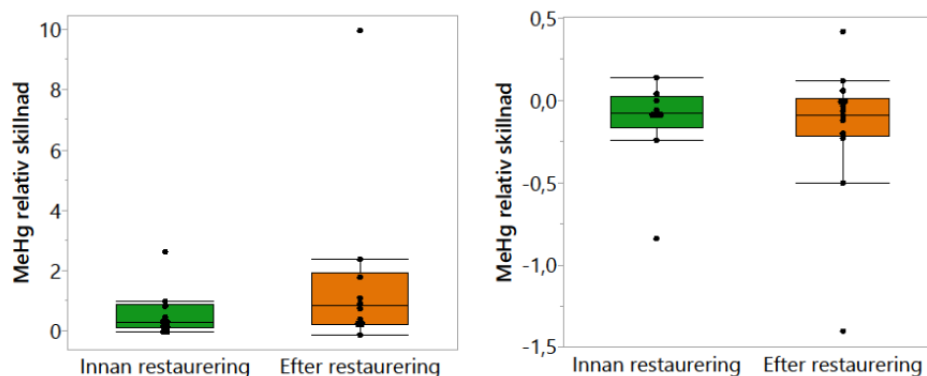
I Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen har koncentrationen av metylkvicksilver med några få undantag legat under 0,5 ng/l medan det vid referenspunkten uppmätts högre halter vid drygt en tredjedel av provtagningarna. Vid några enstaka tillfällen har halten legat under rapporteringsgränsen på 0,06 ng/l. Detta gäller både vid referenspunkten och nedströms åtgärdsområdet. Halter över 2 ng/l har uppmätts vid två tillfällen vid referenspunkten. Vid båda dessa tillfällen har vattennivån varit låg och partikelhalten hög. Vid det första tillfället, i juli 2022, uppmättes även en hög halt (4,8 ng/l) nedströms Djurgårdsmossen men detta värde har exkluderats på grund av misstänkt påverkan av bottensediment.



Figur 21 Koncentrationer av metylkvicksilver i Djurgårdsmossens åtgärdsområde under perioden juli 2020 – juni 2023. Åtgärder utfördes under september månad 2021, gråmarkerat i figuren.

Restaureringens effekter

Koncentrationen av metylkvicksilver har inte förändrats signifikant efter restaurering i relation till koncentrationer i referensvattendragen, varken i Nedre Pollackbäcken, Kungamossen eller i Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen (Figur 22). För varje provtagningstillfälle så har differensen av koncentrationen av metylkvicksilver beräknats. Dessa differenser har jämförts innan och efter restaurering. En större differens, dvs ett högre värde i figuren, efter jämfört med innan restaurering, visar att koncentrationen i det restaurerade området har stigit efter restaurering i förhållande till koncentrationerna i referensområdet.



Figur 22 Förändringen av koncentration av metylkvicksilver i Kungamossen (vänster) och Djurgårdsmossen (höger) i relation till koncentrationen av metylkvicksilver i respektive referensområde.

Näringsämnen

Fakta om näringsämnen

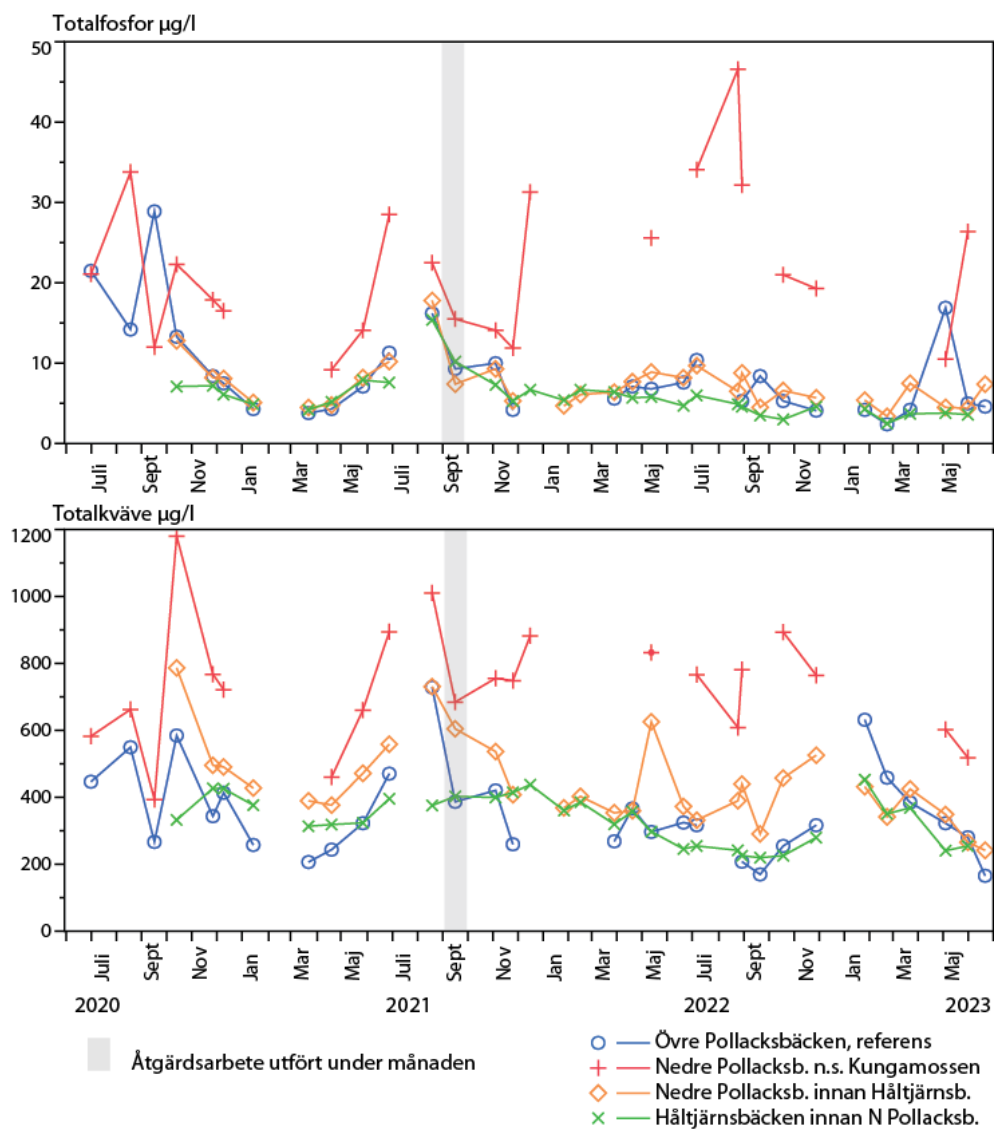
Fosfor och kväve är de viktigaste näringsämnena för växter i sötvatten, men om tillgången blir alltför stor kan det orsaka problem som övergödning, igenväxning och syrebrist i sjöar och vattendrag. I vattendrag är livsbetingelserna inte lika beroende av näringshalterna som i sjöar, men det är ändå viktigt att begränsa tillförseln av näringsämnen eftersom förhöjda halter påverkar nedströms liggande sjöar och hav.

I figur 23 och 24 visas halterna av totalfosfor och totalkväve vid alla provpunkter inom Kungamossens respektive Djurgårdsmossens åtgärdsområden. I Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen förekommer kraftigt förhöjda värden för både fosfor och kväve under sommaren 2022. Även i Nedre Pollacksbäcken nedströms Kungamossen kan man se förhöjda värden av fosfor under samma period om än inte lika extrema som i Ribäcken. Under denna period var flödet i bäckarna mycket lågt och det finns flera provtagningskommentarer om svårigheter att ta prov utan att få med botten sediment. Detta gäller även vid referenspunkterna. Figur 8 visar att denna period var mestadels varm och torr vilket troligen bidragit till låga flöden både i referenser och nedströms åtgärdsområdena.

Temporala variationer i koncentrationer för Kungamossen

I Kungamossens åtgärdsområde ligger totalfosforhalterna mestadels på ungefär samma nivå i Övre Pollacksbäcken, Nedre Pollacksbäcken innan sammanflödet med Håltjärnsbäcken samt i Håltjärnsbäcken medan Nedre Pollacksbäcken vid Kungamossen ligger tydligt över övriga provpunkter avseende totalfosfor vid nästan alla tillfällen (Figur 23). Tyvärr har väldigt många prover uteblivit från denna punkt, antingen på grund av att det inte gått att ta sig till punkten eller att det varit för lite vatten/bottenfruset. Utifrån de resultat som finns ser det ut som att totalfosforhalten direkt nedströms Kungamossen ökat jämfört med övriga provpunkter efter restaureringsåtgärder.

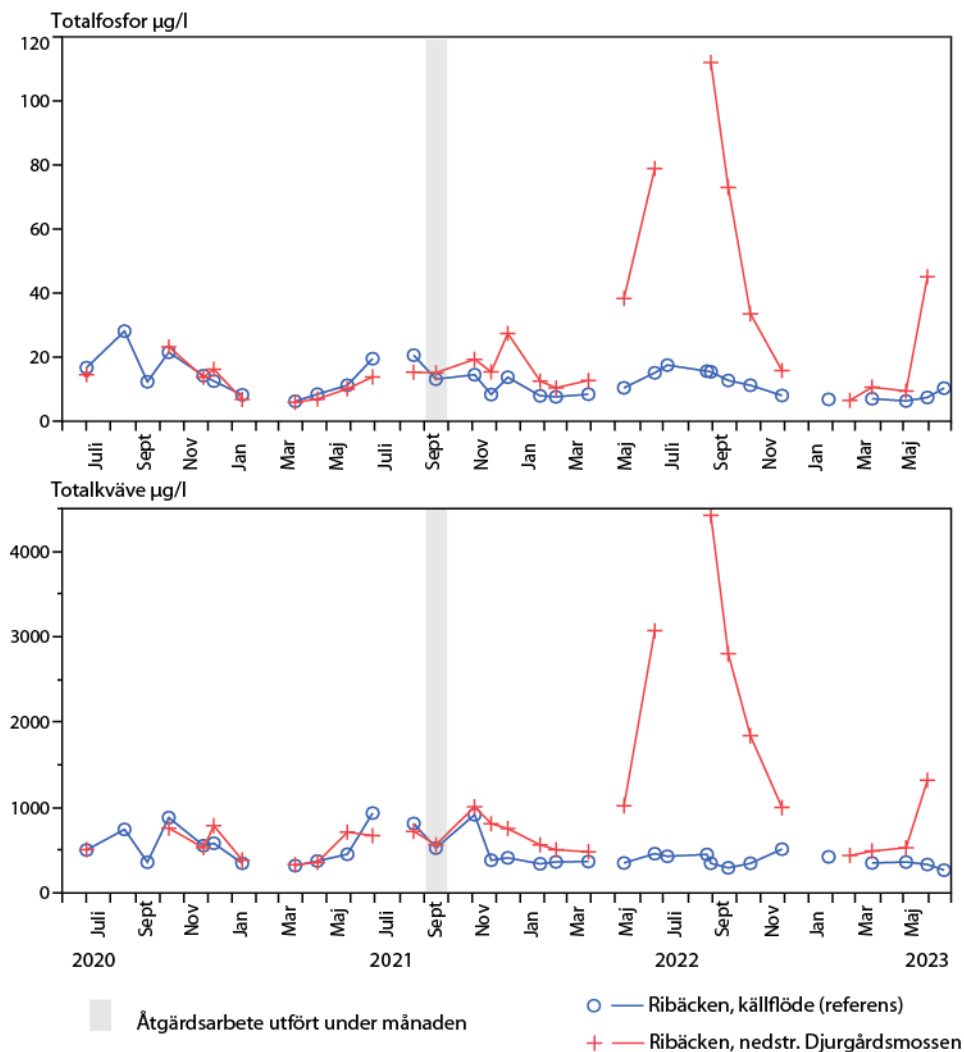
Avseende totalkväve är det en något större spridning mellan stationerna än för totalfosfor. I Håltjärnsbäcken ligger kvävehalten på en tämligen jämn nivå under hela perioden medan det finns en större årstidsvariation både i Övre och Nedre Pollacksbäcken. Till skillnad från totalfosfor går det inte direkt att se någon ökning av kvävehalten efter restaurering men däremot tycks skillnaden mellan referenspunkten i Övre Pollacksbäcken och Nedre Pollacksbäcken, Kungamossen ha ökat.



Figur 23 Totalfosfor och totalkväve i Kungamossens åtgärdsområde under perioden juli 2020 – juni 2023. Åtgärder utfördes under september månad 2021, gråmarkerat i figuren.

Temporala variationer i koncentrationer för Djurgårdsmossen

I Ribäckens visar totalfosfor och totalkväve samma mönster (Figur 24). Innan restaurering ligger halterna mestadels på ungefär samma nivå nedströms åtgärdsområdet som vid referenspunkten i källflödet. Under hösten och vintern efter åtgärdsarbete ligger halterna nedströms Djurgårdsmossen något högre än i vid referenspunkten. Under våren och sommaren ses en kraftig ökning i närsaltshalterna samtidigt som provtagningskommentarerna visar att vattennivån är mycket låg. Under vintern och våren ligger halterna nedströms Djurgårdsmossen återigen bara strax över halterna vid referenspunkten för att sedan stiga i maj samtidigt som vattennivån sjunker. Vid den sista provtagningen i juni gick det inte att ta något prov då det knappt fanns något vatten alls vid provpunkten. Trots låga vattennivåer även vid referenspunkten i källflödet syns inga stora variationer varken i fosfor- eller kvävehalt där.



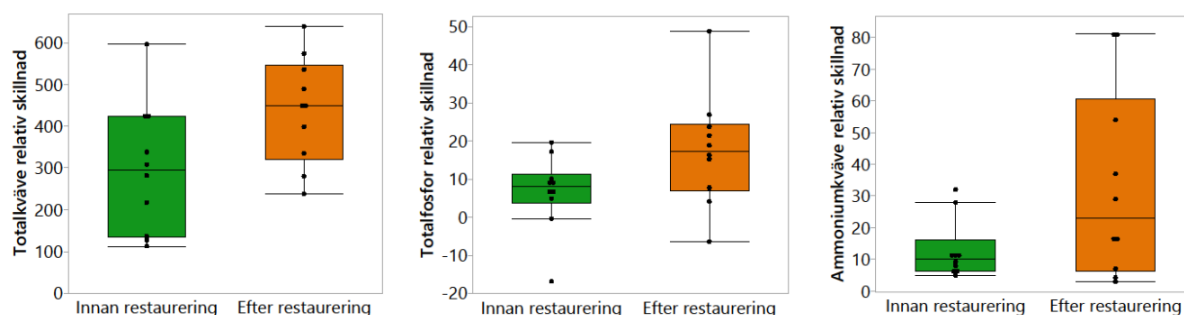
Figur 24 Totalfosfor och totalkväve i Djurgårdsmossens åtgärdsområde under perioden juli 2020 – juni 2023. Åtgärder utfördes under september månad 2021, gråmarkerat i figuren.

Restaureringens effekter

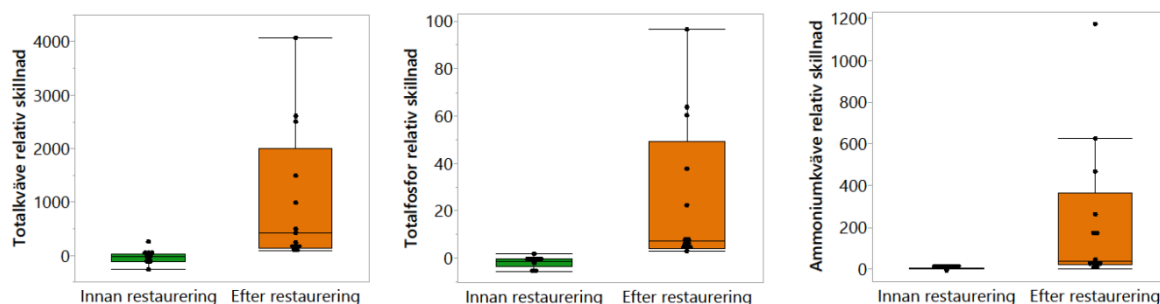
I relation till sitt referensområde (Övre Pollacksbäcken) så har koncentrationen av totalkväve ökat Nedre Pollacksbäcken nedströms Kungamossen (Figur 25). I Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen har i stället koncentrationen ammoniumkväve ökat i

förhållande till koncentrationerna i referensområdet Ribäcken källflöde (Figur 26). Koncentrationsökningar av totalkväve och ammoniumkväve kan orsakas av en ökad mineralisering av avverkningsrester efter de avverkningar som skett i samband med restaureringen. En annan orsak till ökningen av totalkväve kan vara att mobiliseringen av det totala organiska materialet har ökat (Figur 12 och Figur 13) och med detta följer också näringsämnen bundna i organiskt material. Ammoniumkväve kan dessutom frigöras vid förändrade syrgasförhållanden då grundvattenytan stigit efter restaureringen.

För varje provtagningstillfälle så har differensen av koncentrationerna av totalkväve, totalfosfor och ammoniumkväve beräknats, och dessa differenser har jämförts innan och efter restaurering. En större differens, dvs ett högre värde i figuren, efter jämfört med innan restaurering, visar att koncentrationen i det restaurerade området har stigit efter restaurering i förhållande till koncentrationerna i referensområdet.



Figur 25 Förändringen av koncentrationer av totalkväve, totalfosfor, och ammoniumkväve i Kungamossen i relation till koncentrationerna i referensområdet Övre Pollacksbäcken.



Figur 26 Förändringen av koncentrationer av totalkväve, totalfosfor, och ammoniumkväve i Ribäcken nedströms Djurgårdsmossen i relation till koncentrationerna i referensområdet Ribäcken källflöde.

Sammanfattning av analysresultat

En sammanfattning av vilka vattenkvalitetsvariabler som påvisat en signifikant förändring efter restaurering i relation till referensområden visas i tabell 1. Den tydligaste effekten av åtgärdsarbetet har påvisats i Ribäcksen, Djurgårdsmossen där halten ammoniumkväve ökat, pH minskat, TOC ökat och alkaliniteten ökat. Även i Nedre Pollacksbäcken, Kungamossen har TOC koncentrationen ökat, men mer organiskt material i vattnet har inte lett till en sänkning av pH i detta vattendrag. Även koncentrationen av totalkväve har ökat i Nedre Pollacksbäcken, Kungamossen. I Nedre Pollacksbäcken längre nedströms Kungamossen är det endast absorbansen vid 436 nm och fluorid som ökat efter restaurering, vid jämförelse med koncentrationerna i Övre Pollacksbäcken.

Tabell 1. Resultat från generalized linear mixed model (GLMM) analyser där koncentrationer för varje variabel i de restaurerade våtmarkerna har jämförts med koncentrationer i referensområdena vid respektive provtagningsstillfälle. Förändringen i koncentration, i relation till koncentrationen i referensområdet, från innan till efter våtmarksrestaurering anses signifikant om $p < 0,05$. Riktningen för de signifikanta förändringarna i koncentration för respektive variabel är antingen ökande (↑) eller minskande (↓). Nedströms Kungamossen syftar till mätstation Nedre Pollacksbäcken innan sammanflödet med Håltjärnsbäcken. Koncentrationerna i detta område har relaterats till koncentrationerna i Övre Pollacksbäcken.

Variabel	Djurgårdsmossen		Kungamossen		Nedströms Kungamossen	
	p-värde	Riktning	p-värde	Riktning	p-värde	Riktning
Absorbans 420nm	0,0163*	↑	0,0002*	↑	0,0598	
Absorbans 436nm	0,0168*	↑	0,0002*	↑	0,0497*	↑
Alkalinitet	0,0144*	↓	0,1871		0,0708	
Kalcium	0,3919		0,0425*	↑	0,3243	
Klor	0,0295*	↑	0,7047		0,7291	
Fluorid	0,5471		0,2228		0,0370*	↑
Kalium	0,0267*	↑	0,078		0,5769	
Konduktivitet	<0,0001*	↑	0,8892		0,6265	
Metylkviksilver	0,8603		0,2384		0,2027	
Magnesium	0,7618		0,5768		0,1544	
Natrium	0,6206		0,8822		0,1916	
Ammoniumkväve	0,0608		0,0581		0,923	
Nitrat	0,063		0,0052*	↓	0,0654	
pH-värde	0,0065*	↓	0,5376		0,1479	
Fosfat	0,0894		0,0297*	↑	0,0965	
Kisel	0,3677		0,1533		0,0788	
Slamhalt	0,1685		0,1663		0,1605	
Sulfat	0,0341*	↓	0,0157*	↓	0,3087	
Total organiskt kol	0,0150*	↑	0,0273*	↑	0,921	
Totalfosfor	0,0193*	↑	0,0662		0,9813	
Totalkväve	-		0,0389*	↑	0,2982	
Turbiditet	0,1335		0,1849		0,2878	

Diskussion

Även om denna studie har visat på generellt försämrad vattenkvalitet, genom brunare vatten, lägre pH och mer näringsämnen, så skall detta ses som initiala effekter som inte nödvändigtvis kommer hålla i sig över tid. Tidigare studier av våtmarksrestaurering har identifierat kraftiga ökningar av TOC direkt efter restaureringen, som sedan avtagit inom en femårsperiod (Koskinen et al. 2017).

Ett positivt resultat från denna studie är att en bit nedströms Kungamossen (Nedre Pollacksbäcken innan sammanflödet) så syns i princip inga av de vattenkvalitetseffekter som restaureringen bidrog till direkt nedströms Kungamossen. Den enda effekt av restaureringen i Kungamossen som märktes av där var ökningen av absorbansen vid 436 nm. Det faktum att effekten av restaurering i Kungamossen inte längre märks en bit nedströms Kungamossen tyder på att de negativa effekterna är lokala och inte kommer ha någon större påverkan i nedströms recipienter.

Ett annat positivt resultat är att trots ökade halter av TOC har ingen signifikant ökning av metylkvicksilver kunnat påvisas i något av de båda områdena.

Ett av syftena med projektet är att minska slamtransport från dikessystem till vattenmiljöer nedströms. Varken turbiditet eller suspenderade ämnen har förändrats signifikant varken under eller efter dikesigenläggningen. Båda dessa parametrar låg dock på låga nivåer redan innan åtgärderna, vid flera tillfällen till och med lägre vid åtgärdsunkten än vid referensunkten. Vid några tillfällen har partikelhalten varit kraftigt förhöjd, framför allt vid låga flöden, men detta har aldrig synts vid punkten längre ned i Nedre Pollacksbäcken vilket tyder på att ingen större slamtransport har skett.

En viss försämrad vattenkvalitet, åtminstone lokalt och initialt, är kanske något som måste accepteras eftersom målet med våtmarksrestaurering även inbegriper att förbättra andra ekosystemtjänster. Våtmarksrestaurering kan exempelvis bidra till att minska nedbrytning av torv och därmed minska CO₂ avgång, öka den vattenhållande förmågan och utjämna extrema vattenflödesförhållanden samt öka den biologiska mångfalden. Det ska dock sägas att kunskapsläget kring våtmarksrestaureringens effekter är bristfälligt kring alla dessa aspekter.

Med tanke på detta och att ett av syftena med åtgärderna och uppföljningen var att öka kunskapen kring dikespluggning, så är en positiv följd av denna aktivitet inom projektet Grip on Life att det har bidragit till att öka på det bristfälliga kunskapsunderlaget om hur våtmarksrestaurering påverkar vattenkvaliteten.

Referenser

Eklöf, K., A. Kraus, M. Futter, J. Schelker, M. Meili, E. W. Boyer and K. Bishop. 2015. Parsimonious Model for Simulating Total Mercury and Methylmercury in Boreal Streams Based on Riparian Flow Paths and Seasonality. *Environmental Science & Technology* 49(13): 7851-7859.

Koskinen et al., 2017, *Science of the Total Environment*, 586, 858-869.

Tjerngren I, Markus Meili, Erik Björn, Ulf Skyllberg. 2012 Eight Boreal Wetlands as Sources and Sinks for Methyl Mercury in Relation to Soil Acidity, C/N Ratio, and Small-Scale Flooding. *Environ. Sci. Technol.* 2012, 46 (15): 8052–8060



Havs
och Vatten
myndigheten



Med bidrag från Europeiska unionens LIFE-program