



Vattenriket i fokus 2023:03

Kan våtmarker motverka brunifiering?

Henric Djerf

Titel: Kan våtmarker motverka brunifiering? Biosfärkontoret
Utgiven av: Kristianstads Vattenrike
Författare: Henric Djerf, Högskolan Kristianstad
Copyright: Biosfärkontoret Kristianstads Vattenrike
Upplaga: Endast pdf-version på vattenriket.kristianstad.se
Rapportserien Vattenriket i fokus: 2023:03
ISSN: 1653-9338
Layout: Författaren
Omslagsbild: Bild över mesocosmerna

Innehåll

Sammanfattning	4
Inledning	4
Situation i Helgeån och Bivarödsån	5
Kopplingen järn och färgtalet	6
Allmänt om mesocosmstudier	7
Försöksupställning	7
Kemiska analyser	9
Resultat och diskussion	10
Inflöde	10
Näringshalt inkommande vatten	10
Färgreduktion	11
Reduktion av organiskt material	11
Reduktionen av Järn	12
Färgens ursprung	12
Slutsatser	13
Referenser	14
Tack	15

Sammanfattning

Under åren 2019-2022 utfördes en mesocosmstudie med syfte att undersöka potentialen för våtmarker att reducera vattenfärg. Vattnet som studerades var från Bivarödsån som består av kraftigt färgat humusrikt vatten. Försöket utfördes under tre år, men första året reserverades till att odla fram våtmarksväxter i mesocosmerna, och de efterföljande 2 åren skedde provtagning. Resultaten visar på att våtmarker har en potential att minska vattenfärgen, även om den är låg. Reduktionen varierade på om det var grunda vegeterade våtmarker och öppna vattensamlingar (dammar) där högst reduktion skedde i de vegeterade våtmarkerna, med en minskning på färgen på 3,7% per dag. Färgen minskade samtidigt som järnkonzentrationerna minskade vilket visade på ett viktigt samband mellan järnkonzentrationen och reduktionen av vattenfärgen.

Inledning

Vi är många som har noterat att vattenfärgen har ökat i många vattendrag runt om kring oss. Det är inte något lokalt problem utan har som har noterats i många vattendrag på norra hemisfären och fenomenet har i den vetenskapliga litteraturen fått en egen term "Brownification" eller på svenska brunifieringen. Det har även så har skett i Helgeå, som kan ses i (Figur 1) där färgtalet från 1976 till 2021 har ökat med ca 240% (236%) huvudfåran. Men den största ökningen har skett i biflödet Bivarödsån. Vattenfärg består till största del av lösta organiska föreningar (Humus), Järn- och Mangan-föreningar. Humus är nedbrutna rester från växtdelar som transporteras från omkringliggande jord ut i vattendraget. Huvudkällan till humus i vattendraget kommer från den omgivande marken och är den vattenlösliga fraktion som löser upp sig i markvattnet på vägen till vattendraget.

Brunifieringen är som nämnts inte ett lokalt fenomen utan ett fenomen som registrerats i många vattendrag internationellt (Monteith D. , o.a., 2007). Det existerar många olika teorier om varför vattendragen blir mer färgade. Populära teorier är:

- Minskning av sulfatdepositionen (de Wit, o.a., 2016) m.fl.
- Granifieringen (Kritzberg, 2017) m.fl.
- Klimatförändringen (Finstad, o.a., 2016) m.fl.
- Utdikningen (Nieminen, Sarkkola, Sallantaus, E, & Laudon, 2021) m.fl.

Teorin kring minskningen av sulfatdeposition bygger på löslighetskemi. Under det senaste århundradet har vi haft sura regn, från förbränning av fossila bränslen. Detta ledde till problem med försurning speciellt i Sverige med dåligt buffrande berggrund. Det sura regnet kom ifrån sulfatjoner som i atmosfären reagerade med vattenånga och bildade svavelsyra, som sedermera regnade ner. Sulfatdepositionen har två mekanismer som kan påverka lösligheten av organiska molekyler från jordmånen, pH förändring och ändring av jonstyrkan (Monteith D. , o.a., 2007). Ett lägre pH har en hämmande funktion på organiska molekyler i jordmånen. Organiska molekyler i jordmån blir därmed vattenlösliga när pH ökar, vilket sker när försurningen (sulfatdepositionen) minskar. Lösligheten av organiska molekyler beror också på jonstyrkan och speciellt mängden tvåvärda joner i marklösningen (SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} och Al^{3+}) som fungerar som koaguleringsmedel (Koagulering = klumpar ihop sig) för laddade organiska molekyler, både sulfatjonen minskar om depositionen minskar och aluminiumjonen om pH ökar över dess löslighet.

Granifieringen är en term som beskriver den ökade mängden av gran i många avrinningsområden. Då granen har varit ett favoritträd för många skogsbrukare, det senaste århundradet. Men granen är ett träd som påverkar jordmånen och bildar så kallad podsoljord i stället för brunjord. Barrskog och speciellt granskog producerar ett surt mullager, syran från detta lager genererar en urlakning av järn i

underliggande jord (blekjord). Granskogen har därför en större produktion av organiska syror och järn till vattendragen i närheten.

Teorin kring klimatförändringens påverkan på brunifieringen bygger på att ett varmare klimat leder till en ökad produktivitet. Genom längre växtsäsong på det norra halvklotet, som leder till en ökning av biomassa och därmed en ökad nedbrytningen. Som leder till en ökad transport av organiskt material till vattendragen.

Utdikningen påverkar vattenfärgen genom att det ökar nedbrytningen av organiskt material speciellt i torvjordar, vilket leder till en nedbrytning av lagrad torv i området. Torv har bildats i ett område pga en låg nedbrytningshastighet av det organiska materialet pga låg syrehalt i den vattenmättade jorden. Utdikningen leder till en ökad tillgång av syre i jorden och därmed transport av organiskt material och mineraler efter hand som nedbrytningen av det lagrade torven fortgår.

Vattenfärgen består inte av några giftiga ämnen, men kan ändå ha en stor inverkan på ekosystemet. En av de stora effekterna som vattenfärgen har på ekosystemet är påverkan på solinstrålningen. Mer färg leder till att solens strålar inte penetrerar lika långt ner i vattenkolumnen. Vilket leder till att fotosyntesen inte är tillgänglig på samma vattendjup. Detta påverkar dels växter (makrofyter) kan leva i vattnet. Eftersom solljuset begränsas med en ökad vattenfärg, minskar andelen primärproduktion (växter, alger) och nedbrytande organismer blir vanligare, som lever på nedbrytning av organiskt kol, då främst olika typer av bakterier. Även fiskpopulationen påverkas av de förändrade siktdjupet, då fiskarter som jagar med syn hämmas t.ex. abborre mot fiskarter som jagar med andra sinnen så som känsel t.ex. mal.

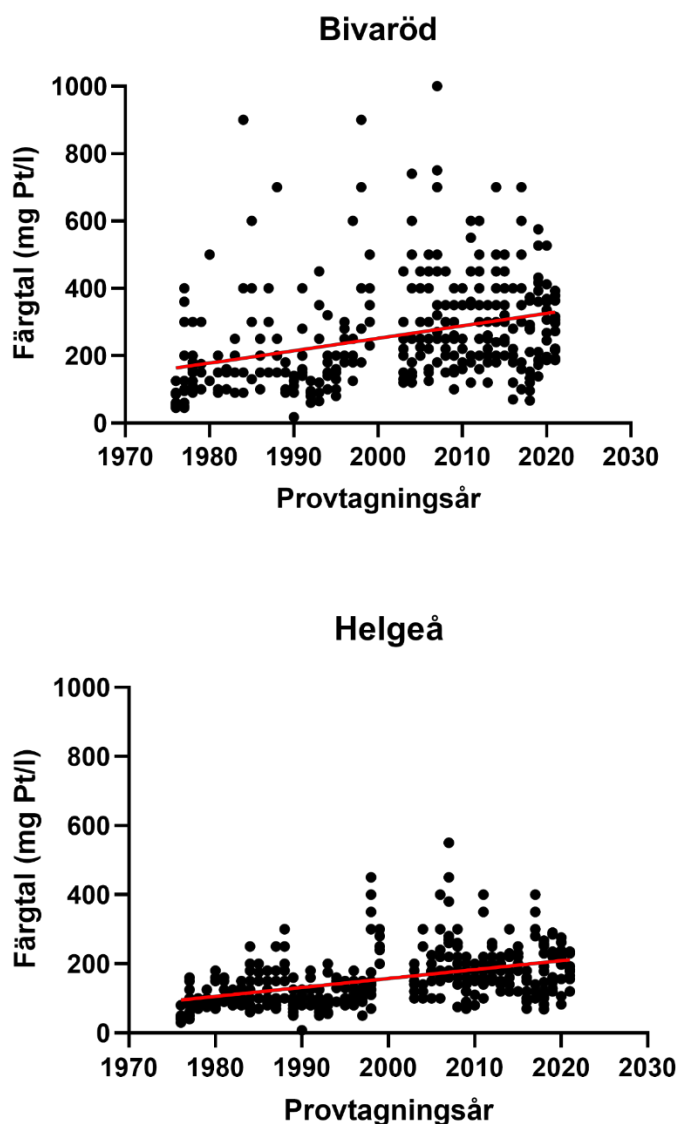
Andra effekter med en ökad vattenfärg är en ökad kostnad för dricksvattenproduktion. Stor andel av det svenska dricksvattnet kommer från ytvatten som renas på olika sätt. En ökning av det organiska materialet och vattenfärgen ökar därmed kostnaden för att rena ytvattnet till dricksvattenkvalitet (Klante, Hägg, & Larson, 2022).

Situation i Helgeån och Bivarödsån

Helgeå är ett av de vattendrag som har drabbats av brunifieringen, det kan man se från den miljöövervakning som skett från 1978 till 2022. Sedan mätningarna av färgtalet började (1978) har vattenfärgen stadigt ökat med 236% (figur 1) i Helgeå mätt i höjd med Torsebro. Ett av de mer färgade biflödena till Helgeån är Bivarödsån som följer samma trend med en ökning på 301%, om än från ett något högre utgångsläge.

I Bivarödsån har många vattenkvalitetshöjande åtgärder genomförts de senaste åren. Bland annat har sju våtmarker anlagts i avrinningsområdet¹ på totalt 16ha. Under 2015-2016 gjordes analyser i vissa av dessa våtmarker av (Hedin, 2018), som noterade mindre färg och järn halter nedströms våtmarkerna. Men trots dessa anlagda våtmarker syns idag ingen förändring av trenden i huvudfåran utan vattenfärgen ser ut att fortsatt öka (Figur 1). Noterbart är att vattenfärgen är mer varierad i Bivarödsån än i Helgeå, vilket har att göra med att Bivarödsån är närmare källan och påverkas där med mer direkt av nederbörd och torka.

¹ <http://vattenwebb.smhi.se/wetlands/>



Figur 1: Data från miljöövervakningen av Helgeå för provtagnings punkt vid Bivaröd innan utlopp i Helgeå och provtagnings punkt i helgeån nedströms utloppet. Från databas (1976-2012 [Projekt: SRK \(samordnad recipientkontroll\) \(slu.se\)](#), 2013-2022 [Miljödata MVM - Start \(slu.se\)](#))

Kopplingen järn och färgtalet

Vattenfärg i vattendrag är generellt sett kopplat till mängden organiskt material i vattendraget. Vi har i Sverige en naturtyp som kallas för Dystrofa sjöar (myrsjöar) som definieras som, naturliga sjöar och småvatten med relativt näringsfattigt vatten brunfärgat av torv eller humusämnen. Man syftar till att vattenfärgen kommer från humus och torv. Humus är nedbrutna växt och djurdelar som inte går att identifiera med blotta ögat och är ofta transporterad till vattnet från land. Just myrsjöar är oftast omgivna av ett lager av torv (halvt nedbytet organiskt material) som transporteras till sjön och orsakar vattenfärgen.

Det är inte bara humus som bestämmer vattenfärgen utan även järn och manganföreningar (Bydén, Larsson, & Olsson, 2003). Det är främst järn som utöver det organiska materialet är styrande i naturligt rinnande vatten (Kritsberg & Ekström, 2012). Det är inte alla former av järn som bidrar med

färg och kemin bakom är komplex. Komplexbundet Fe(III) till organiskt material är en stor orsak till vattenfärgen (Sarkkola, o.a., 2013). Weyhenmeyer m. fl. (2014) undersökte sambandet mellan organiskt material, järn och färg genom att jämföra 60 000 vattenprover från 6500 sjöar i Sverige och Kanada och kom fram till att det organiska materialet är huvudansvarig för färgen, men järn bundet till det organiska materialet orsakar en ökning av färgen (Weyhenmeyer, Prairie, & Tranvik, 2014).

Allmänt om mesocosmstudier

Att studera vad som händer inom en våtmark är generellt ganska svårt. Det finns många faktorer som påverkar resultaten och därmed slutsatsen. Det främsta problemet man stöter på är osäkerheten kring inkommande vatten. Även om våtmarken har ett väldefinierat inlopp som en bäck eller ett dike. Så är sannolikheten stor att det inte är det enda inflödet av vatten, utan det kan finnas en ganska stor påverkan från omgivningen och inte minst grundvattnet. Är då grundvatteninflödet av en annan vattenkvalitet kan man få en utspädningseffekt i våtmarken. Eftersom man inte har koll på mängderna är risken att man drar felaktiga slutsatser.

Ett annat problem som man ställs inför vid våtmarksstudier är det ojämna inflödet. Flödet genom en anlagd våtmark är beroende på nederbörd och varierar oftast mycket. Vilket gör det svårt att hålla koll på den faktiska uppehållstiden vattnet har haft i våtmarken under studien.

Ytterligare ett problem när man ska dra slutsatser kring resultaten från en våtmark är att man inte har något att jämföra med, då man har studerat en specifik våtmark vid ett specifikt tillfälle.

Ett alternativ till att studera våtmarker i fält är att bygga upp mindre mesocosmer. En mesocosm är en avgränsad kontrollerad miljö. Termen används oftast för vetenskapliga försök i storleken mellan labbförsök och fältundersökningar. Det innebär dels att man kan ha replikat av försöket och därmed jämföra olika behandlingar under samma betingelser (temperatur, inkommande vatten osv).

Nackdelarna är att genom att jobba i mindre enheter, är temperaturväxlingen något olika, dygnstemperaturen får en större påverkan. Det kan vara svårt att få ett stabilt ekosystem som liknar det naturliga.

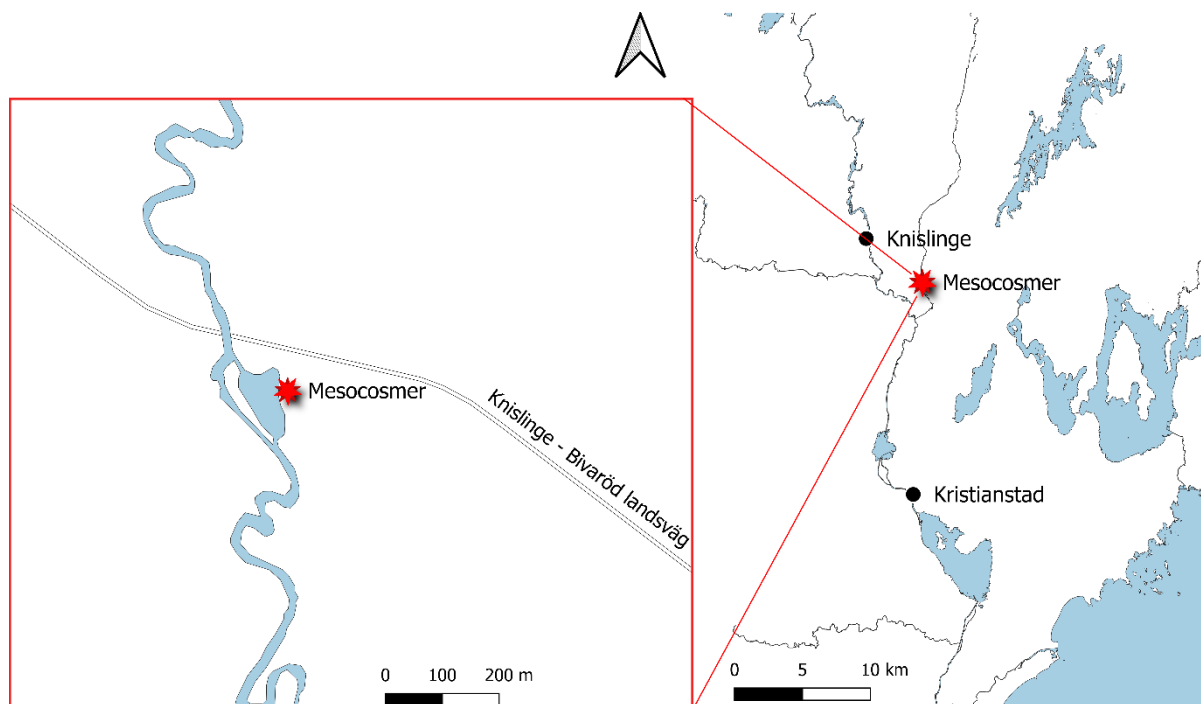
Försöksuppställning

2020 konstruerades sex mesocosmer av totalt 19 IBC tankar (figur 2). Vart och en av mesocosmer bestod av 3 IBC tankar. Vattnet pumpades från Bivarödsån med en dränkpump till en IBC tank, varifrån delflöden pumpades till de sex mesocosmerna. Varje mesocosm bestod av en djupare IBC tank (Volym; 600 l, vattendjup 0,6m, Yta 1m²) kopplad till två grundare tankar med vegetation (Volym; 600 l, vattendjup 0,3m, Yta 2m²).



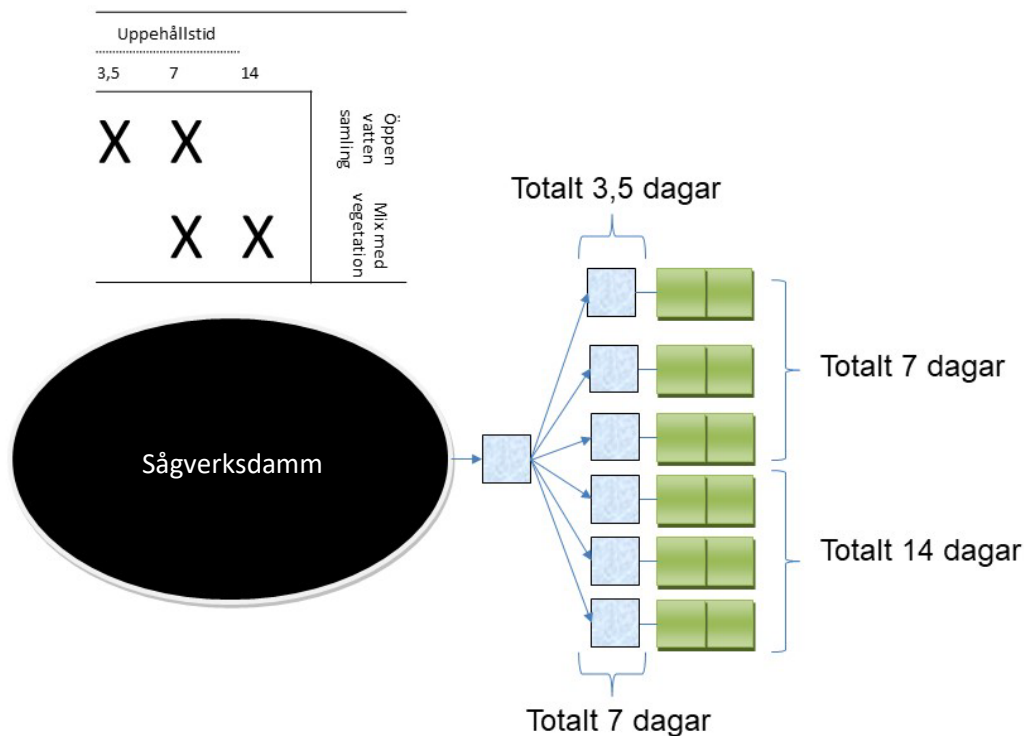
Figur 2: Bild tagen 2021 över mesocosmerna installerade vid stranden av Bivarödsån.

Mesocosmerna placerades bredvid Bivarödsån på den gamla sågverkstomten i Bivaröd. Vattnet pumpades upp från sågverksdammen till en IBC behållare, med hjälp av en dränkpump. Pumpen var programmerad att hämta upp färskt vatten från ån 4 gånger per dygn. Från denna behållare fördelades vattnet till mesocosmerna med hjälp av peristaltiska pumpar.



Figur 3: Karta över Helgeå och dess biflöden, med in zoomning av placeringen vid Bivaröds ån. Kartmaterialet kommer från Lantmäteriets Terrängkarta.

Tidigare mesocosm studier med liknande vatten, som kom från flisupplag visade att uppehållstid är den absolut viktigaste faktorn (Svensson, Ekstam, Marques, & Hogland, 2015). Men studien visade också på att det krävs lång uppehållstid för att reducera vattenfärgen. Baserat på dessa resultat planerades det för att testa 2 uppehållstider 7 dagar och 14 dagar i triplikat dvs 3 mesocosmer matades med ett flöde motsvarande 7 dagars uppehållstid och 3 med ett flöde motsvarande 14 dagar. Vid provtagningen analyserades de två olika stegen, öppen vattensamling följt av ett vegetativt steg, var för sig. Vilket också ger information om 3,5 och 7 dagar öppen vattensamling se Figur 4. Vid analys av data har därför 4 olika behandlingar identifierats.



Figur 4. Beskriver försöks uppställningen.

Det första året (2020) användes enbart för att etablera våtmarksvegetationen i de 12 vegeterade våtmarkerna. Våtmarksväxterna etablerades genom att lämpligt plantmaterial och våtmarks sediment införskaffades från en våtmark i Vånga. De införskaffade plantorna planterades i IBC tankarna på ett lager av bergkross, täckt med 10cm av våtmarks sediment. Målet var att få till ett naturligt blandat system av våtmarksvegetation. Följande arter noterades 2021 i våtmarkerna. Den mest dominanta arten i tankarna var i slutet 2022 Bladvass (*Phragmites australis*) tillsammans med ej artbestämd grönmossa. Men artrikedomen var över förväntan och förutom bladvass noterades många andra arter bland annat Kaveldun (*Thypha latifolia*), Svärdsliilja (*Iris pseudacorus*).

Kemiska analyser

Analyserna skedde på plats med direktverkande instrument och på Högskolan Kristianstads laboratorier. Analyserna på plats (pH, Konduktivitet, temperatur och syrgas) utfördes med hjälp av Hach Lange HQ40. Färgtalet mättes direkt efter transport till Högskolan, både med och utan filtrering genom 0,45µm filter (MCE membrane, Millipore) och analyserades med hjälp av spektrofotometer (Cary 60-UV-Vis) vid våglängden 420nm med 5 cm kvartskvett. Den organiska halten mättes också

direkt efter transport med hjälp av Hach Lange LCK 385, som mäter den totala mängden kol genom avdrivning och uppslutning. Totaljärn analyserades genom Atomabsorptionsspektroskopi (Perkin Elmer AAnalyst 300), inför järn analysen frystes proverna och fixerades med 5ml/l koncentrerad salpetersyra. Näringsämnes analyserna utfördes av SGS Analytic Sweden AB.

Resultat och diskussion

Försöket byggde på tre år, där första året var planerat för att etablera det vegetativa steget i mesocosmer. Provtagningen var planerad för att utföras under efterföljande två år var 14 dag, under den frostfria perioden. Det främsta problemet kommer från de låga flödena under sommarmånaderna i Bivarödsån. Varken 2021 eller 2022 var några blöta somrar och trots att sågverksdammen är inkopplad till ån Figur 3 torkade denna ut båda somrarna. Andra olyckliga problem som uppstod var gnagare som orsakade elektriska problem, vilket gjorde att mindre data samlades in än förväntat, men den data som har samlats in bedöms ändå mer än nog för att dra slutsatser från försöket.

Inflöde

Vattenkemiska parametrar för inflödande vatten är beskrivna i Tabell 1 nedan. Inkommande vatten hade ett nära neutralt i pH ($6,7 \pm 0,4$) under provtagning tiden. Vattnet var väl syresatt ($9,0 \text{ mg/l} \pm 1,8$) vilket är förväntat för ett rinnande vatten. Mängden organiskt material var $31 \text{ mg/l} \pm 5,6$ vilket är enligt Naturvårdsverkets rapport 4913² mycket högt. Även järnhalter ($2,9 \pm 0,6$) och färgen ($0,62 \pm 0,16$) på vattnet klassas som mycket höga enligt rapport 4913.

Tabell 1: Beskriver inkommande medelvärde för parametrarna pH, Syre, Elektrisk konduktivitet, temperatur, färg. TOC och Järn. Under provtagnings perioderna 2021-2022. Antalet provtagningar framgår från raden N.

	PH	SYRE (MG/L)	SYRE (%)	EC μS/CM	FÄRG ABS	TOC MG/L	JÄRN MG/L
AVRAGE	6,7	9,0	81,7	109,1	0,62	31,4	2,9
SD	0,4	1,8	16,4	16,9	0,16	5,6	0,6
CV	6%	20%	20%	16%	26%	18%	21%
N	26	22	22	24	26	26	14

Näringshalt inkommande vatten

Fyra gånger under projektet analyserades inkommande vatten på kväve och fosforinnehållet. Spridningen på de fyra analysresultaten var inte speciellt stor och visar på höga halter av både totalkväve och totalfosfor Tabell 2. Även växttillgängliga former av både kväve ($\text{NO}_3\text{-N}$) och fosfor $\text{PO}_4\text{-P}$ fanns i inkommande vatten. Vid samtliga provtagningar fanns mycket näringsämnen och även en hel del i växttillgänglig form (nitrat & fosfat). Reduktionen av organiskt material bör inte vara hämmad av näringstillgången.

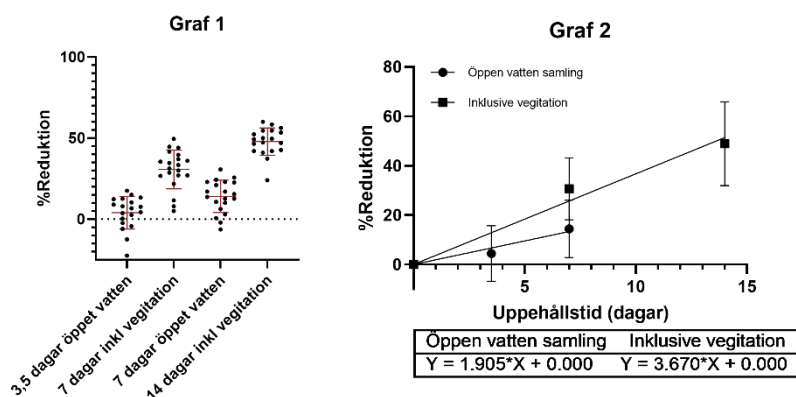
² Naturvårdsverkets bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Sjöar och vattendrag, rapport 4913

Tabell 2: Analysresultat för näringsämnen för inkommande vatten till mesocosmerna.

		2021-06-14	2021-09-14	2022-05-09	2022-10-14
TOTALKVÄVE	(µg/l)	1400	1300	1200	1200
NITRITKVÄVE, NO₂-N	(µg/l)	< 0,1	< 1,0	< 1,0	< 0,1
NITRATKVÄVE, NO₃-N	(µg/l)	280	90	430	430
FOSFOR TOTAL, P	(µg/l)	51	61	47	42
FOSFATFOSFOR, PO₄-P	(µg/l)	10	13	7,2	5,5

Färgreduktion

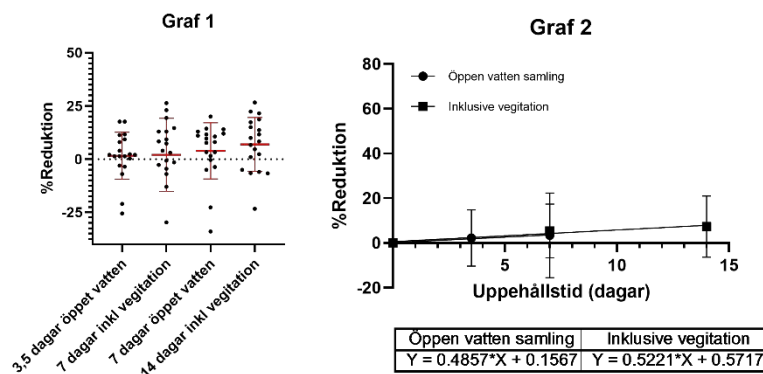
Vattenfärgen minskade i mesocosmerna efterhand, med en halvering av färgtalet (47%) efter 14 dagars uppehållstid Figur 5. Reduktionen av färg i de mesocosmer som bestod av öppen vattenspegel var signifikant lägre än i de mesocosmer med vegetation. Efter sju dagars uppehållstid var reduktionen 14% för den obeväxta baljan medan reduktionen efter sju dagar i baljan med vegetation var 30%. Reduktionen i de mesocosmer med enbart öppet vatten var ca 1,9% per dag och i de med vegetation 3,7% dag.



Figur 5: Beskriver reduktionen mot inkommande färg för de 4 olika behandlingarna. grafen 1 visar samtliga data inkl. medelvärde och standardspridningen (i rött). grafen 2 visar den procentuella reningen efter angiven uppehållstid med en trendlinje låst vid 0.

Reduktion av organiskt material

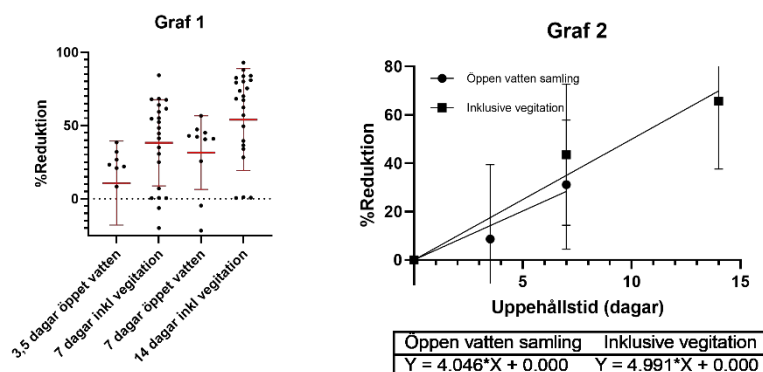
Ingen signifikant reduktion av organiskt material registrerades i mesocosm studien, även om en svag minskning kan tydas i Figur 6 är standardavvikelsen för stor för att statistisk verifiera minskningen. Ganska ofta var reduktionen, beräknad som procentuell förändring jämfört med inkommande, negativ. Vilket visar på att organiskt material producerades i mesocosmerna periodvis.



Figur 6: Beskriver reduktionen mot inkommande organiskt material (TOC) för de 4 olika behandlingarna. Grafen 1 visar samtliga data inkl. medelvärde och standardspridningen (i rött). grafen 2 visar den procentuella reningen efter angiven uppehållstid med en trendlinje låst vid 0.

Reduktionen av Järn

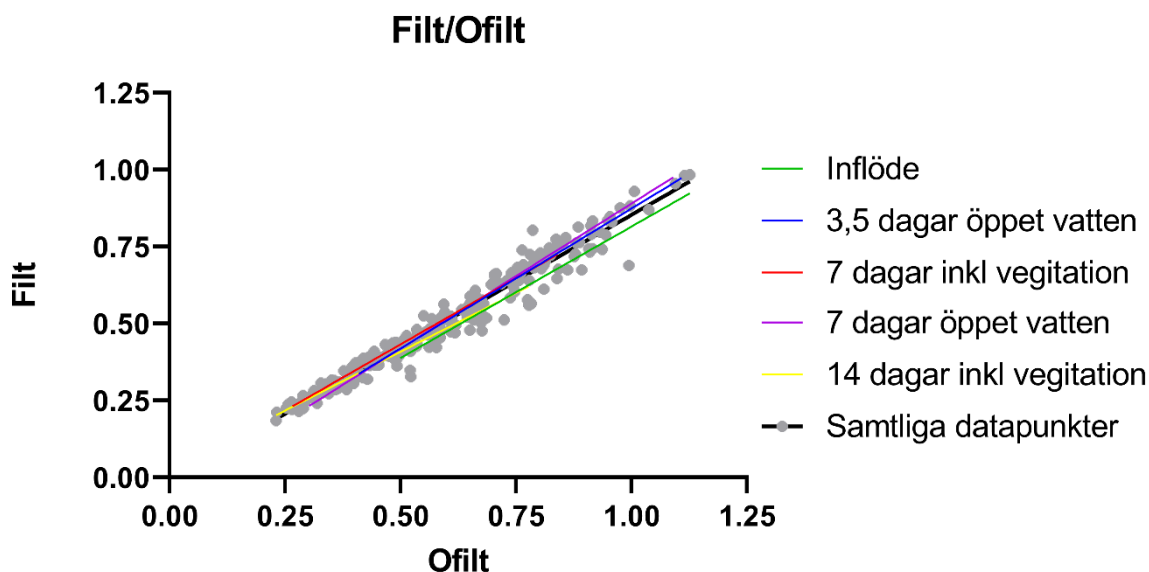
Precis som färgen minskade järninnehållet på vägen genom mesocosmerna med en total reduktion på 70% efter 14 dagar Figur 7. Reduktionen var signifikant större i de vegeterade mesocosmerna, men skillnaden var inte lika stor som för färgreduktionen. Eftersom järn är ett grundämne bör den mängd järn som minskat finnas utfälld på botten av mesocosmerna ansamlad i sedimenten.



Figur 7: Graf 1 beskriver reduktionen mot inkommande järn för de 4 olika behandlingarna. Grafen 1 visar samtliga data inkl. medelvärde och standardspridningen (i rött). grafen 2 visar den procentuella reningen efter angiven uppehållstid med en trendlinje låst vid 0.

Färgens ursprung

Färgen på inkommande vatten kom från löst organiskt material mindre än $0,45\mu\text{m}$ till 85%, endast 15 % av färgen filtrerades bort i labbet. Skillnaden efter de olika behandlingarna var tekniskt obetydlig Figur 8. De färgade molekylerna är därför att se som vattenlösliga och bör inte sedimentera av sig själva.



Figur 8 filtrerade färganalyser jämfört med de ofiltrerade analyserna av samma prov mätta vid absorbansen 420nm (5cm kyvett)

Slutsatser

Resultaten från försöken med mesocosmerna efter 2 års av provtagning, visar på en reduktion av vattenfärgen i mesocosmerna. Man kan utifrån dessa resultat förvänta sig att en våtmark har potentialen att reducera färgtalet. Den absolut viktigaste parametern för reduktionen är uppehållstiden och utifrån dessa resultat sker en reduktion på 2-4% per dag. Totalt noterades en reduktion på 49% efter 14 dagars uppehållstid. Det är också tydligt att grunda vegeterade våtmarker (30% reduktion efter 7 dagar) har större potential att reducera färg än djupare dammar (14% reduktion efter 7 dagar).

Färgreduktionen följer inte någon trend vad gällande minskning av organiskt material i våtmarkerna. Trots att ingen minskning av organiskt material noterades i våtmarkerna betyder det inte att nedbrytande processer inte sker. Nedbrytning av inkommande organiskt material är högst trolig, men även ny produktion av organiskt material sker genom fotosyntesen i våtmarken. Det är därför något svårt att koppla färgminskningen till nedbrytning av organiskt material. Däremot kan man klart se att järnkoncentrationen i inkommande vatten minskar i mesocosmerna (Figur 7). Kopplingen mellan järn och färgen är starkt och styrks av resultaten från denna studie. De höga halterna av inkommande järn (2,9 mg/l) är en stor del till att man har det starkt färgade vattnet och med minskningen av järn i mesocosmerna minskar också färgtalet.

En av Weyhnemeyer o.a. (2014) slutsatser var att sjöar fungerar som sänkor av färg. Teorin kring varför handlar om att de komplexbundna järnföreningarna flockulera och därmed lägger sig på sjöbotten. Flockulering är en process där molekyler bildar små aggregat av många molekyler som sitter väldigt löst samman. Det är ungefär samma process som används när vi faller ut fosfor i de kommunala reningsverken. Flockarna som är väldigt känsliga och lätt faller i sönder har då möjligheten att sedimentera, trots att det är vattenlösliga ämnen från början. Detta kräver att vattnet är relativt stilla för att ske då flockarna är känsliga och lätt faller i sönder igen. Det är ganska troligt att det är samma process som verkar i dessa mesocosmer med lågt flöde igenom.

Referenser

- Bydén, S., Larsson, A.-M., & Olsson, M. (2003). *Mäta vatten*. Göteborgs Universitet.
- Donald, M., John, S., Christopher, E., Heleen, d. W., Martin, F., Tore, H., . . . Josef, V. (2007). Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry. *Nature*, 537-540.
- Emma, K. (2017). Centennial-long trends of lake browning show major effect of afforestation. *Limnology and Oceanography Letters*, 105-112.
- Finstad, A. G. (2016). From greening to browning: Catchment vegetation development and reduced S-deposition promote organic carbon load on decadal time scales in Nordic lakes. *Scientific Reports*.
- Hedin, J. (2018). *Sammanställning av provtagning av vattenkemi i Bivarödsån och biflöden 2014-2016*. Kristianstad: Biosfärsområde Kristianstad vattenrike.
- Klante, C., Hägg, K., & Larson, M. (2022). Understanding short-term organic matter fluctuations to optimize drinking water treatment. *Water Practice & Technology*, 2141-2159.
- Kritsberg, E., & Ekström, S. (2012). Increasing iron concentrations in surface waters - a factor behind brownification. *Biogeosciences*, 1465-1478.
- Monteith, D., Stoddard, J., Evans, C., de Wit, H., Forsius, M., Høgåsen, T., . . . Vesely, J. (2007). Dissolved organic carbon trends resulting from changes in atmospheric deposition chemistry. *Nature*, 537-541.
- Nieminen, M., Sarkkola, S., Sallantausta, T., E, M. H., & Laudon, H. &. (2021). Peatland drainage-a missing link behind increasing TOC concentrations in waters from high latitude forest catchments? *Science of the Total Environment*.
- Sarkkola, S., Mäki, N., Harri, K., Ari, L., Pikko, K., Tuija, M., . . . Leena, F. (2013). Iron concentrations are increasing in surface waters from forested headwater catchments in eastern Finland. *Iron concentrations are increasing in surface waters from forested headwater catchments in eastern Finland*, 683-689.
- Svensson, H., Ekstam, B., Marques, M., & Hogland, W. (2015). Removal of organic pollutants from oak leachate in pilot scale wetland systems: How efficient are aeration and vegetation treatments? *Water Research*, 120-126.
- Weyhenmeyer, G., Prairie, Y., & Tranvik, L. (2014). Browning of boreal freshwater coupled to Carbon-Ions interactions along the aquatic continuum. *PLoS ONE*.
- Wit, H. d., Valinia, S., Weyhenmeyer, G., Futter, M., Kortelainen, P., Kortelainen, K., . . . Vuorenmaa, J. (2016). Current Browning of Surface Waters Will Be Further Promoted by Wetter Climate. *Environmental Science & Technology*, 430-435.

Tack

Först vill jag tacka Biosfärområde Kristianstads Vattenrike för att möjliggöra denna studie finansiellt. Även Professor William Hogland förtjänar ett tack som lånade ut de peristaltiska pumparna till försöket. Sist men inte minst så vill jag tacka Loshults handelsbolag och Inge som tillhandahöll mark bredvid Bivarödsån på bevakat område och tillhandahöll elektricitet.

Biosfärområde Kristianstads Vattenrike -bra för natur och människa

Den här rapporten ingår i Biosfärkontoret Kristianstads Vattenrikes skriftserie **Vattenriket i fokus** (ISSN 1653-9338).

Här publiceras rapporter och inventeringar som utförts på uppdrag eller i samarbete med Biosfärkontoret.

Rapporterna går att ladda ner från
vattenriket.kristianstad.se/fokus.



Läs mer och se kontaktuppgifter på hemsidan
vattenriket.kristianstad.se