

Författare: Vincent de Vries Lindestam, Hampus Winslott

Datum: 2023/2024

Handledare: Maria Larvall

Undersökning av brunifieringen i sjön Bolmen och konsekvenserna för gösbeståndet

Hur ser trenden för brunifieringen i sjön Bolmen ut och hur kan den kopplas till gösbeståndet?



Förord

Vi tackar Clemens Klante och Juha Rankinen på Forskningsstationen Bolmen för ett stort engagemang och hjälp med undersökningen. Tack för givande diskussioner, tips och lån av spektrofotometer.

Även stort tack till Ulf Andersson på fisketillsyn för diverse siktdjupsdata samt fångstrapporter från Bolmen. Särskilt tack till vår handledare Maria Larvall.



Abstract

In the last decades, brownification in lake Bolmen has increased. There have also been reports from anglers and professional fishermen who declare that the fish species zander (*Sander lucioperca*) or “gös” in Swedish has increased in lake Bolmen, during the last decades. The purpose of this study was to explore if there is any correlation between the recent increase in brownification and the population of zander in Bolmen. In addition, it was determined to investigate how other species have been affected and how their future might turn out. The brownification trend and the underlying causes to the increase in lake Bolmen was also analyzed. This study was based on a comparison between historical researcher’s data and new data from this study. Water samples were collected in lake Bolmen and tested for organic material and light absorbance, which showed the brownification level. Lake Bolmen has a high number of coniferous forests surrounding the lake which could be the reason for an increased brownification. The analysis also showed that increased brownification had happened in the last decades, starting from the year 1980. With the help of numerous other studies on the zander population in lake Bolmen, it was also clear that the zander increase happened in the last decades. Brownification has also affected other species. The fish species perch (*Perca fluviatilis*) and pike (*Esox lucius*), otherwise known for being dominant predatory fish, have declined significantly in numbers. The zander has developed eyes which benefit hunting in darker conditions, compared to perch and pike. Therefore, this could explain why the zander has increased. The historical water samples from researchers show that the brownification has changed and decreased since 2010 in Bolmen. The water samples from this study indicate an increased brownification since last year, 2023. The future could therefore consist of a different ecosystem with a different balance.

Keywords: zander (*Sander lucioperca*), brownification, organic material, hummus substances, Bolmen, pike (*Esox lucius*), perch (*Perca fluviatilis*).

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1. Bakgrund	1
1.2. Syfte	1
2. Teori	2
2.1 Sjön Bolmen	2
2.2 Översikt om brunifiering	3
2.2.1 Brunifieringens påverkan på ekosystem	4
2.3 Gösens utbredning i Bolmen	5
2.3.1 Översikt om gösen	5
2.4 Översikt om andra fiskarter i Bolmen	6
2.5 Resultat från forskare	7
2.5.1 Bolmens vattenfärg från forskare	7
2.5.2 Bolmens siktdjup från forskare	8
2.5.3 Tidigare provfiskeresultat från Bolmen	10
3. Metod	13
3.1 Vattenfärg	13
3.2 Siktdjup	16
3.3 Fångstdata från provfisken	17
4. Resultat	18
4.1 Vattenfärg	18
4.1.1 Storån	18
4.1.2 Norra Bolmen	19
4.1.3 Tiraholm	19
4.1.4 Vret	20
4.1.5 Odensjö (södra Bolmen)	20
4.1.6 Sammanställning av färgvärden	21
5. Diskussion	22
5.1 Brunifieringens trend i Bolmen	22
5.2 Gösbeståndets utvecklingstrend	23
5.4 Framtidens förväntade brunifiering- och gösbeståndsutveckling	26
5.5 Slutsats	27
5.6 Felkällor	27

1. Inledning

1.1. Bakgrund

En ökande vattenfärg är en generell trend idag i många sjöar och vattendrag i Sverige. Sedan mitten på 70-talet har sjön Bolmen drabbats av detta vilket främst beror på en ökad brunifiering av vattnet. Detta innebär att organiska ämnen kallad humus, ökar i vattnet vilket leder till en brunare vattenfärg. Lokala invånare har lagt märke till detta vid exempelvis bad i sjön. Dessutom har fiskare tyckt sig fånga en större andel av fiskarten gös jämfört med tidigare. Det finns således en teori om att gösens ökning i sjön beror på en ökad brunifiering. Därmed har en undersökning gjorts för att ta reda på en eventuell korrelation mellan brunifieringen och gösbeståndet.

1.2. Syfte

Syftet med detta gymnasiearbete var att undersöka sjön Bolmens trend gällande dess brunifiering och gösbestånd. Målet med arbetet var även att kartlägga om brunifieringen i Bolmen kan påverka gösbeståndet, och i så fall på vilket sätt.

Dessutom var syftet att genom undersökningen få en bättre bild av hur framtidens brunifiering och gösbestånd kan komma att se ut i sjön Bolmen.

1.3. Frågeställning

Frågeställningarna som ska besvaras är;

Hur ser trenden för brunifieringen i sjön Bolmen ut och vad beror den på?

Hur kan denna trend påverka gösbeståndet i sjön?

Hur påverkas siklöja, abborre och gädda av den ökade brunifieringen samt av det förändrade gösbeståndet? Vilken effekt får detta för gösbeståndet?

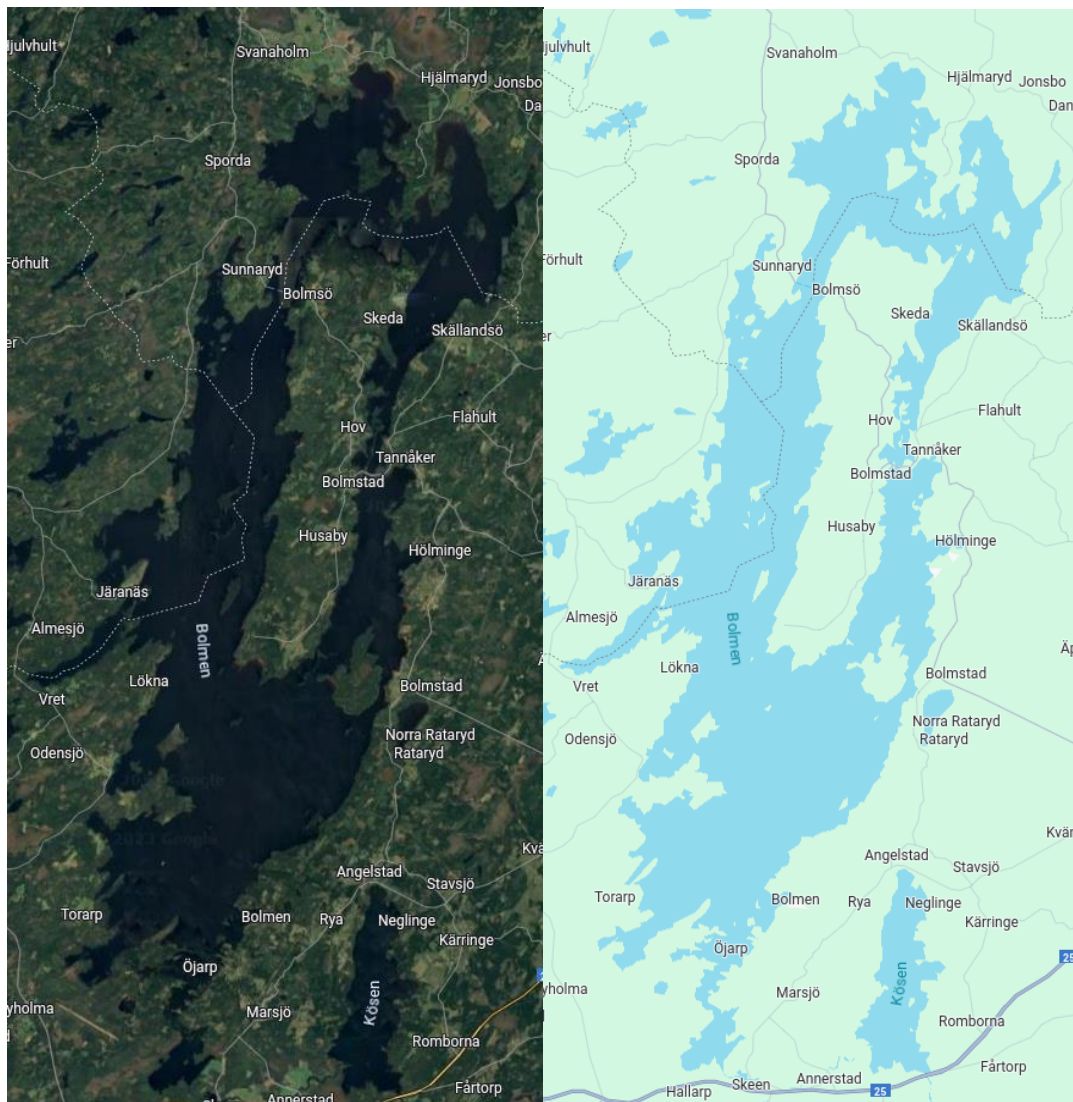
Vad kan förväntas idag och i framtiden gällande brunifieringen och gösbeståndet i sjön Bolmen?

2. Teori

2.1 Sjön Bolmen

Sjön Bolmen ligger i västra Småland och är Sveriges tionde största sjö. Bolmen ligger i länen Halland, Jönköping och Kronoberg (Borgström, 2020). Sjön har en area på 184 km² och ett maximalt djup av 37 meter (Forskningsstationen Bolmen, 2023). Enligt Borgström (2020) är det största inflödet i sjön Storån som mynnar ut i nordvästra delen av sjön. Ån rinner genom skogsmark, myrmark och jordbruksmark innan vattnet mynnar ut i sjön. Detta påverkar vattenfärgen vilket i sin tur påverkar sjöns färgvärden (Borgström, 2020).

Bolmen är avlång till utseendet och är 35,5 kilometer lång och ungefär 10 kilometer bred. Tillsammans med den utdragna ön Bolmsö i mitten, delas sjön naturligt upp i olika delar med skiljande habitat och vattenmiljöer (google maps, 2023).



Figur 1: Satellitbild och traditionell kartbild av sjön Bolmen (google maps 2023-11-24)

2.2 Översikt om brunifiering

Enligt Klante (2023) beror brunifiering på en ökad mängd organiskt material (humusämnen) i vattenmassan. Det består av organiskt nedbrutet material från växter och djur. Namnet brunifiering härstammar från det faktum att organiskt material leder till en missfärgning av vatten, vilket av ögat uppfattas som en brun färgton.

Sportfiskarna (2018) hävdar att brunifiering även beror på järn som sköljs ut i vattendragen från omgivningen. Ökande koncentrationer av organiskt material och järn i vattnet bidrar slutligen till en påbörjad brunifiering. De bakomliggande orsakerna till att mer organiskt

material och järn sköljs ut i vattendrag kan bero på flera faktorer uppger Sportfiskarna (2018). De främsta anledningarna är dock en förändrad markanvändning, klimatförändringar, samt en ökad andel barrskog i avrinningsområdena. Barrskog läcker stora mängder humusämnen och organiskt material. Därmed menar Sportfiskarna (2018) att en ökad andel barrskog leder till en ökad brunifiering. Enligt (Borgström, 2020) har andelen granskog ökat även runt Bolmen vilket kan vara en av anledningarna till den ökade brunifieringen. Detta bekräftas av Alenius (2013). Sportfiskarna (2018) skriver att de globala klimatförändringarna ökar brunifieringen eftersom en ökad medeltemperatur förlänger växtsäsongen. Tillsammans med kort tid med marktjäle leder detta till att träd och växter kan släppa ut mer organiskt material vilket ökar brunifieringen.

2.2.1 Brunifieringens påverkan på ekosystem

Borgström (2020) beskriver att processen av ett ökat vattenfärgtal leder till konsekvenser för ekosystem och den biologiska mångfalden. En ökad färg genom brunifiering kan leda till minskat ljusinsläpp genom vattenmassan och därmed påverka livet under ytan (Borgström, 2020).

Alenius (2013) hävdar att brunare vatten leder till förhöjda temperaturer och sämre syreförhållanden vid sjöbotten. Minskningen av ljus leder till mindre andel växtplanktonproduktion vilket i sin tur resulterar i mindre djurplankton. Siklöja är en fiskart som kan påverkas negativt eftersom den jagar med synen samt föredrar kallt vatten. I sjöar med begränsat siktdjup kan alltså arter som jagar med synen få svårare i konkurrensen med exempelvis gös, som är skicklig på att känna vibrationer från bytesfisken och är därmed bättre anpassad för jakt i grumliga vatten. Alenius (2013) menar även att vattnet i sjön Bolmen har blivit brunare de senaste decennierna och siktdjupet minskat. Gös främjas ofta i konkurrens med gädda och abborre i sjöar med begränsat siktdjup. Det finns flera exempel där bytesfisk och andra rovfiskar minskat på grund av predation och konkurrens av gös, då gösen introducerats i vatten där den inte förekommit tidigare (Alenius, 2013).

Van Dorst (2020) skriver om resultat från en undersökning av brunifieringens effekt på olika arter och uppger att; "Svaret på brunare vatten varierade med både kroppsstorlek och art. Abborrens kroppstillväxt försämrades alltid när vattnet blev brunare, och mest påverkades de

större fiskarna. När det gäller mörtan, tycktes det bara vara de mycket små fiskarna som påverkades negativt av brunare vatten”.

2.3 Gösens utbredning i Bolmen

Forskningsstationen Bolmen (2023) skriver att gösen är en attraktiv mat- och sportfisk. Den planterades därför ut i Bolmen år 1938. De skriver även att, “i dag är gösen den art som verkar gynnas mest av de rådande förhållandena i Bolmen. Bolmen är varken grumlig eller näringsrik men sjön har blivit brunare. Det medför att siktdjupet minskat och sjön har blivit mörkare” (Forskningsstationen Bolmen, 2023). Antal fångade gösar under provfisket 2012 i Bolmen var ungefär 50 procent större jämfört med 2004 och 1997 (Alenius, 2013).

2.3.1 Översikt om gösen

Andersson (2019) skriver att gösen är en rovfisk och att fisken även har karaktäristiska huggtänder som fäster i gösens övre gap. Andersson belyser att gösen har ljuskänsliga ögon som reflekterar mycket ljus och har genom naturligt urval evolutionärt anpassat sig för att fungera i miljöer med svagt ljus. Ögat har även ett ljusreflekterande skikt som är uppbyggt av celler med ett reflekterande ämne som sitter mellan de ljuskänsliga stavarna i näthinnan (Andersson, 2019). Sportfiskarna (2023) uppger att gösens utvecklade ögon ger fisken en god syn och i kombination med det känsliga sidolinjalorganet kan gösen även upptäcka bytesfisk genom vibrationer i vattnet (Sportfiskarna, 2023).

Andersson (2019) konstaterar att gösen är en predatorfisk som blir en erfaren fiskätare redan från ung ålder, och med åldern börjar den konkurrera med gäddor och större abborrar. Födan består bland annat av småvuxna bytesfiskar (15–20 centimeter långa). Oftast hittar man gösen i den fria vattenmassan även kallad pelagialen. Man kan även finna dem på grundare samt strömmande vatten menar Andersson (2019). Om vattnet är grumligt använder den till fördel sin goda syn, till skillnad mot abborren som mestadels är aktiv i skymning och gryning och har sämre syn. Andersson (2019) skriver vidare att gösen jagar genom att smyga sig på sina byten i mörka vatten och gynnas således i vattendrag med siktdjup mindre än 2,5 meter

(Andersson, 2019).

2.4 Översikt om andra fiskarter i Bolmen

I Bolmen finns exempelvis fiskarterna gös, gädda, abborre och siklöja. Sportfiskarna (2023) skriver att abborren är en rovfisk som mestadels jagar i stim medan storvuxna exemplar ofta hittas mer solitärt eller i mindre grupper. Som liten livnär sig abborren på djurplankton, men med åldern går den över till insektslarver, kräftdjur och fiskyngel. Stora abborrar äter fisk och kräftor (Sportfiskarna, 2023).

Sportfiskarna (2023) skriver att gäddor äter alla slags fiskar där basen i födan ofta är stimlevande arter som till exempel mört och abborre. Dessutom beskriver Engstedt (2019) att gäddan främst använder sin syn för att jaga byten. Dock använder den sig även av ett utvecklat sidolinjeorgan för att känna tryck och rörelser i vattnet och därmed hitta byten. Gäddan kan påverkas negativt av minskat siktdjup då den jagar mycket med synen (Engstedt, 2019).

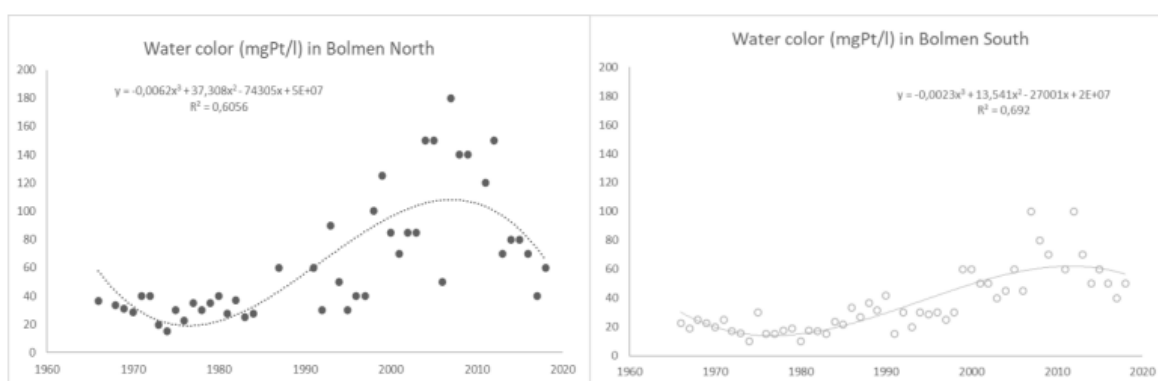
Ingemarsson (2022) skriver även att arten siklöja finns i Bolmen. Siklöja lever hela sitt liv på djurplankton, i huvudsak ute i de fria vattenmassorna (pelagialen). Där uppträder den oftast i stim, ett skydd mot rovfiskar för den enskilda individen. Ingemarsson (2022) beskriver även att siklöjabestånden ofta försämras då vattendrag får en ökad brunifiering. Detta beror på att sikten för att hitta djurplankton minskar. Dessutom brukar mängden djurplankton minska i sjöar med ökad brunifiering, därmed siklöjans föda. En ökning av predatoren gös innebär en ökad risk för bytesfisken siklöja (Ingemarsson, 2022). Siklöjan blir omkring 15-20 centimeter lång (Havs- och vattenmyndigheten, 2023).

2.5 Resultat från forskare

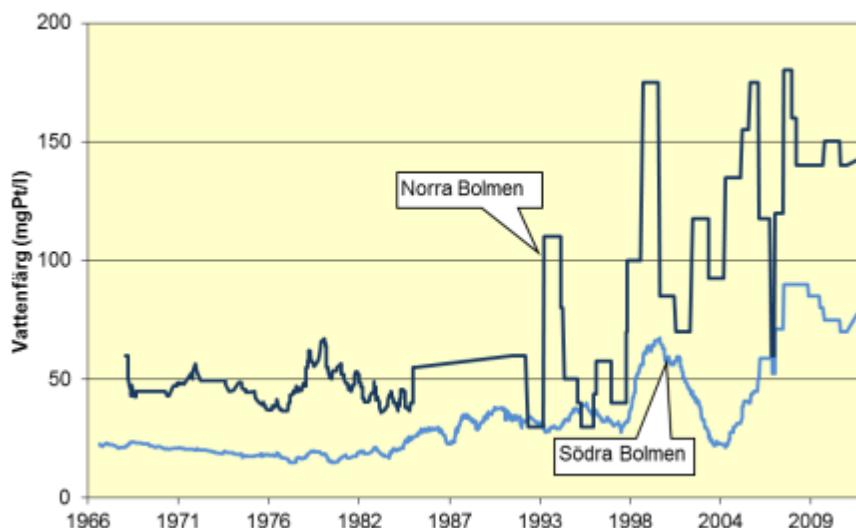
Undersökningen använde kompletterande data från forskare för att möjliggöra en bredare analys över en längre tid. Denna data presenteras nedan i 2.5.1 till och med 2.5.3.

2.5.1 Bolmens vattenfärg från forskare

Figurerna 2 och 3 hämtade från Borgström (2020) respektive Alenius (2013) visar vattenfärgens utveckling i sjön Bolmen sedan 1960-talet. Båda figurerna visar att vattenfärgen legat på en jämn nivå från 1960-talet till ungefär 1985. Därefter började en kraftig ökning av vattenfärgen och vattnet blev brunare. Figurerna 2 och 3 visar även att vattenfärgens maximum erhöles runt år 2009. Efter detta tolkas resultatet i figur 2 som att vattenfärgen succesivt minskat. Noterbart är att vattenfärgsförändringen skiljer sig åt mellan norra och södra Bolmen. Norra Bolmen har generellt högre vattenfärg och därmed en högre utvecklad brunifiering jämfört med södra Bolmen. Under vattenfärgsökningen från 1985 till 2009 ökade norra Bolmen mer än södra Bolmen som hade en mer passiv stigning. Efter 2009 minskade brunifieringen kraftigare i norra Bolmen. Enligt figur 2 verkar det som att vattenfärgen och brunifieringen i dagsläget befinner sig i en dalande fas.



Figur 2: Graf från Borgström (2020) visar vattenfärgen under flera decennier i norra respektive södra delen av sjön Bolmen.

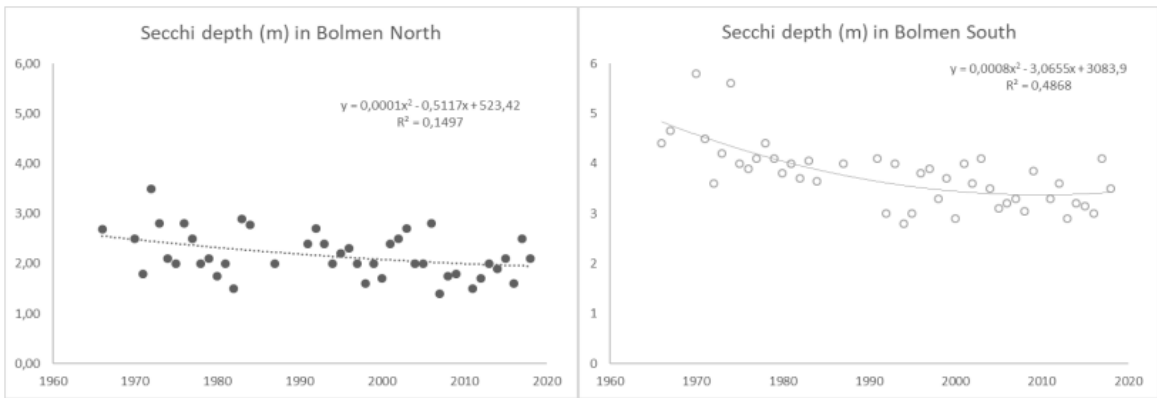


Figur 3: Graf från Alenius (2013) visar vattenfärgen under flera decennier i norra respektive södra delen av sjön Bolmen.

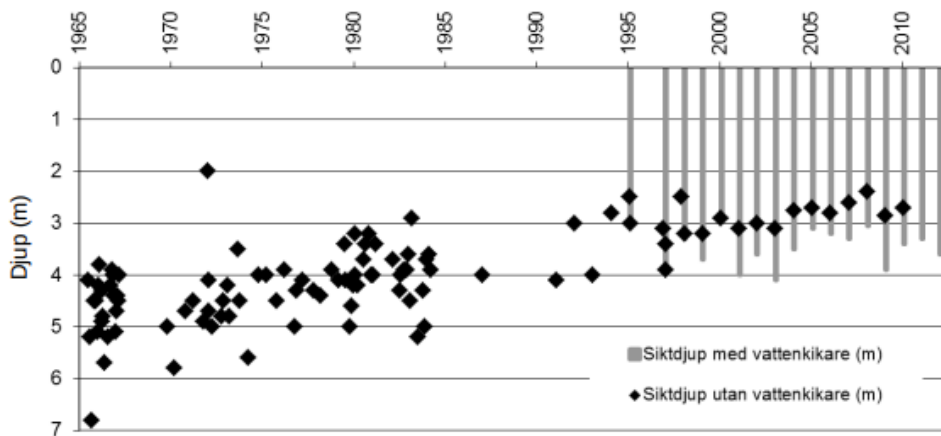
2.5.2 Bolmens siktdjup från forskare

Forskarens resultat gällande Bolmens siktdjup har presenterats i figur 4, 5 och 6. Figur 4 och 5 presenterar en långsiktig demonstration av Bolmens siktdjup där figur 4 även fokuserar på norra respektive södra Bolmen separat. Figur 6 visar norra Bolmens siktdjup under senare tid, mellan 2010 och 2023.

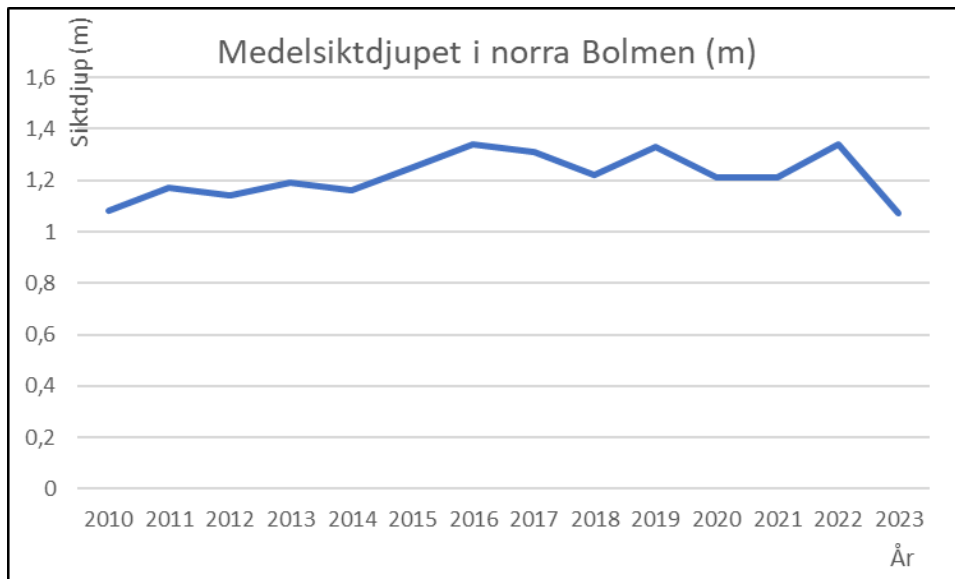
Sedan 1965 presenteras att siktdjupet har minskat i både norra och södra Bolmen. Det har skett en jämn och konstant minskning av siktdjupet till ungefär 2009. Figur 4 och 6 demonstrerar att efter 2009 har siktdjupet slutat att minska och istället stabiliserats. Enligt figur 6 har siktdjupet i norra Bolmen istället börjat öka sedan 2009. Noterbart är dessutom att norra Bolmen har ett mindre siktdjup jämfört med södra Bolmen, enligt figur 4. Södra Bolmen har ungefär 1,5 meter större siktdjup. Resultaten visar även att södra Bolmen har minskat mer i siktdjup totalt sett jämfört med starten av mätningarna 1965. Norra Bolmens siktdjup har totalt sett ej minskat lika mycket.



Figur 4: Graf från Borgström (2020). Visar siktdjupet under flera decennier i norra och södra Bolmen.



Figur 5: Graf från Alenius (2013). Visar siktdjupet i södra Bolmen mellan 1995 och cirka 2012.



Figur 6: Visar medelsiktdjupet i norra Bolmen under åren 2010 till 2023. Data erhållen av Ulf Andersson.

2.5.3 Tidigare provfiskeresultat från Bolmen

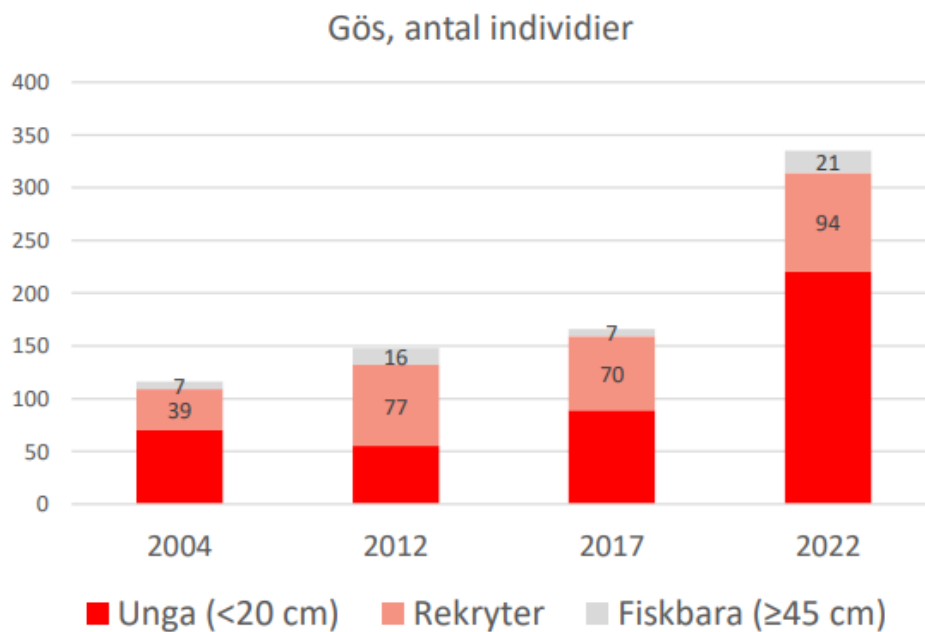
Provfiskeresultatet visar att andelen gös har ökat i sjön Bolmen. “Antalet fångade individer per nät var 38 procent högre 2012 jämfört med 2004 och 69 procent högre jämfört med 1997” skriver (Ingemarsson, 2022). Figur 7 visar ökningen av gös där även andelen unga gösar har ökat. Figur 8 demonstrerar även skillnaden mellan gös i botten- och pelagiska nät från 1997. Andelen gös fångade vid botten har ökat medan pelagiska nät knappt fångar några gösar. Figur 9 visar en regression av ökningen av bottennära gös samt minskningen av pelagisk gös.

Sedan 1997 har det i samtliga redovisade provfisken enbart fångats 18 gäddor, i storlek mellan 217 och 820 mm. Alenius (2013) skriver att; “enligt fiskevårdsområdesföreningen har gäddbeståndet minskat de senaste åren. Yrkesfiskets fångster bekräftar den uppfattningen.”

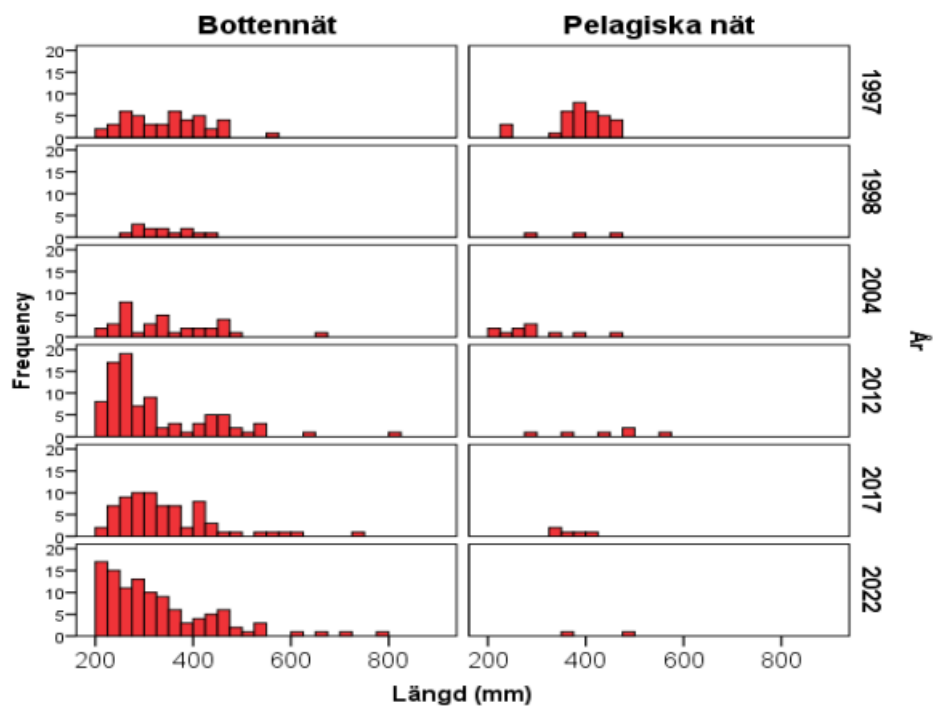
Provfiskeresultatet 1997 till 2012 tyder på att även abborrbeståndet minskat under tidsperioden (Alenius, 2013). Framförallt de pelagiska näten har under senare tid fångat färre abborrar, men även bottennäten. Även medelvikten för abborren i Bolmen har minskat. Detta tyder på ett relativt svagt abborrbestånd (Alenius, 2013). Under de senare provfiskena har det skett en förändring för abborren, enligt Ingemarsson (2022). När det gäller abborre kan Ingemarsson (2022) sammantaget konstatera att beståndet ökat den senaste tiden. Dock tycks

maxlängden av abborren ha minskat under de senaste åren. Detta är inte ovanligt i sjöar där siktdjupet minskar (Ingemarsson, 2022).

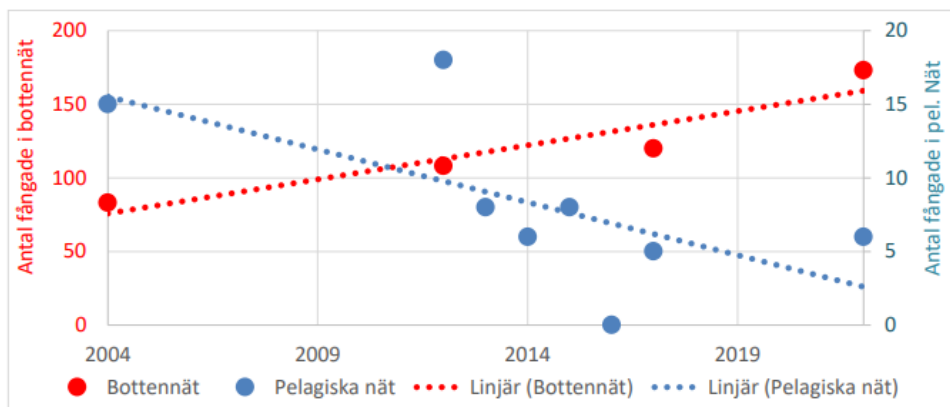
Alenius (2013) uppger att fångsten siklöja var betydligt lägre 2012 jämfört med 2004 och mycket lägre i jämförelse med 1997. Ingemarsson (2022) beskriver på samma sätt att fångsten i antal år 2022 nästan var halverad jämfört med 2017.



Figur 7: Visar antalet gösar fångade under provfisken 2004, 2012, 2017 och 2022. Stapeln med “unga” gäller för gösar mindre än 20 centimeter. “Fiskbara” är gösar större än eller lika med 45 centimeter. “Rekryter” är de gösar mellan 20 och 45 centimeter. Data hämtad från Ingemarsson (2022).



Figur 8: Antal fångade gösar över 200 milimeter fördelat på olika år och mellan bottensatta nät och nät satta ute i den fria vattenmassan (pelagiska nät). Erhållet från Ingemarsson (2022).



Figur 9: Visar trenden av utvecklingen från figur 8. De streckade linjerna är en rätlinjig anpassning till utvecklingen (linjär regression). Här tydliggörs att andelen bottennära gös har ökat medan pelagiskt fångad gös har minskat. Erhållet från Ingemarsson (2022).

3. Metod

För att svara på frågeställningen och föra nyanserade slutsatser, krävdes stöd av tidigare mätvärden och grafer från forskare. Undersökningen byggde nämligen på att jämföra data och mätningar över flera decennier för att få en bra indikation på utveckling och trender av brunifieringen och gösbeståndet. Egna prover på vattenfärgen togs vilka sedan jämfördes med forskares äldre provdata från sjön Bolmen. Diverse provfisker har gjorts löpande i Bolmen av forskare och fiskevårdsföreningar vilket gett data för att kunna analysera gösbeståndets utveckling.

3.1 Vattenfärg

Metoden kopplat till vattenfärg byggde på att ta egna vattenprover från Bolmen och sedan analysera och jämföra dessa med hjälp av tidigare tagna mätvärden från forskare. Borgström (2020) har producerat en graf (figur 2 i teorin) över den historiska utvecklingen av Bolmens vattenfärg. Denna undersökningens egna mätvärden användes för att jämföra med graferna från forskare. För att få en bra spridning av värden hämtades vattenprover från olika delar av sjön. Proverna togs på 5 olika platser från söder till norra delen av sjön. Platserna var Odensjö, Vret, Tiraholm, Storån och norra Bolmen, se figur 10. Vattnet insamlades i plastbehållare vilket visas i figur 11, på ett djup av 0,2 meter under vattenytan. Vattenproverna för norra Bolmen kunde ej användas då vass utbreddes sig och påverkade vattenfärgen betydande och gav ett omätbart värde. Därmed erhöles norra Bolmens värden från hemsidan miljodata.slu.se vilket gav ett representativt värde av norra Bolmens vattenfärg. Resterande prover från Bolmen kunde tas utan större yttre faktorer. Proverna togs sedan med till Forskningsstationen Bolmen, som ligger intill provtagningsplatsen Tiraholm för djupare analys.

Metoden för att analysera vattenprovernas vattenfärg genomfördes med hjälp av en spektrofotometer. En kyvett fylldes med destillerat vatten för att kalibrera spektrofotometern. Spektrofotometern nollställdes därmed och var redo för att analysera proverna. Proverna silades genom ett filter till en bägare. Därmed avlägsnades exempelvis större organiska beståndsdelar bestående av exempelvis pinnar, vilket inte ska få påverka analysen av

vattenfärgen.

Det filtrerade vattnet från bågaren tillsattes till en ren kyvett som placerades i spektrofotometern. Spektrofotometern ställdes in på analys av vattenfärg där först ljusabsorbansen skulle mätas, vilket mättes med olika våglängder. Detta syns som lambda 410-, 420- och 436 nanometer i resultatet. Även milligram organiskt färgämne per liter (mgPt/l) mättes för alla provtagningsplatser, vilket innebar en annan inställning på spektrofotometern. Varje provtagningsplats analyserades upprepade gånger genom att byta provvattnet. Därmed erhöles ett medelvärde för varje provtagningsplats.



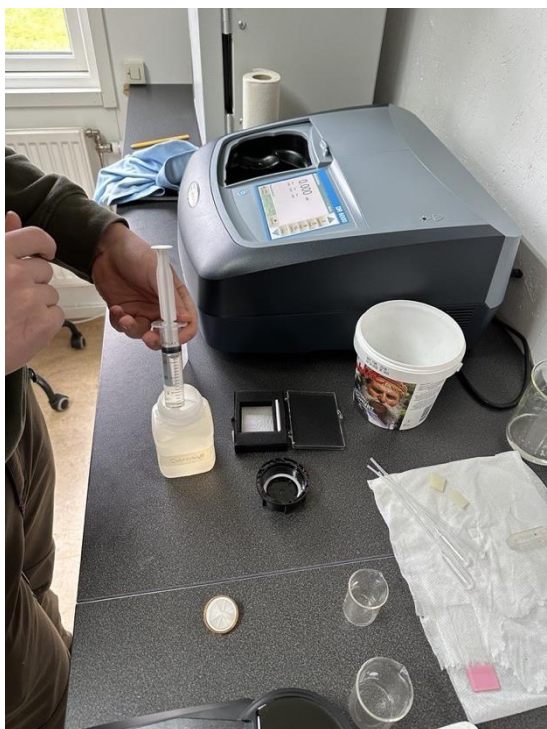
Figur 10: Provtagningsplatser av vatten i sjön Bolmen.



Figur 11: Tagning av vattenprover i sjön Bolmen (2023-11-20).



Figur 12: Vattenprover från sjön Bolmen. Prover från vänster börjar i södra Bolmen och går åt höger till norra delen av sjön.



Figur 13: Filtrering av vattenprover. Spektrofotometer i bakgrunden.

3.2 Siktdjup

Siktdjupet är direkt kopplat till brunifieringen och därför ingick siktdjupet naturligt i analysen. Äldre och nya data fanns redan tillgängliga (figur 4, 5 och 6) från forskare och därmed gjordes inga nya mätningar av siktdjupet. Däremot testades metoden för att mäta siktdjupet, för att få en bättre förståelse och uppfattning av eventuella felkällor. Metoden bakom mätningarna av siktdjupet byggde på användandet av en siktdjupsplatta, se figur 14. Den vita plattan sänktes ner i vattnet till tidpunkten då den ej syntes längre. Därefter mättes siktdjupet med ett måttband på det vita snöret. Mätdata tillhörande figur 5 erhöles istället genom en metod med användandet av vattenkikare vilket inte var möjligt att demonstrera.



Figur 14: Demonstration av hur siktdjupet mäts av forskare och bildat figur 4 och 6.

3. 3 Fångstdata från provfisken

Metoden för att analysera gösbeståndets eventuella förändring byggde på resultat från äldre provfisken. Särskilt viktigt var att erhålla fångstdata från respektive fiskart, med fokus på arterna gös, gädda, abborre och siklöja. Provfisken genomfördes i Bolmen vid upprepade tillfällen enligt Ingemarsson (2022). Vid provfiskena användes nät både vid botten och i pelagialen (frivattnet). Genomförandet var av samma typ varje år provfisket ägde rum, vilket lett till förhållandevis säkra mätvärden. I figur 8 syns till exempel resultatet för arten gös mellan åren 1997 och 2022 (Ingemarsson, 2022).

4. Resultat

4.1 Vattenfärg

Tabell 1 till 5 nedan visar ljusabsorbansen och därmed vattenfärgen på olika platser efter de genomförda mätningarna. En sammanställning av ljusabsorbansen gjordes och presenteras i figur 15. Detta visar att Storån absorberar mest ljus och ger därmed det mörkaste och brunaste vattnet. Där visas även att Vret har näst mörkast vatten, följt av Tiraholm. Odensjö har lägst ljusabsorbans och är därmed utsatt för minst brunifiering av mätplatserna. Odensjö ligger längst söder ut av de olika provtagningsplatserna. Vattenfärgen mättes även i enheten mgPt/l vilket är ett annat mått för färgvärden. Detta mäter halten organiska ämnen i vattnet. Sammanställningen presenteras av figur 16. Återigen visar Storån innehålla mörkast vatten, följt av norra Bolmen, Vret, och Tiraholm. Odensjö hade även i detta fall det minst brunifierade vattnet. Noterbart är att Storån som ligger i norra Bolmen, hade det mest brunifierade vattnet. Odensjö som ligger i södra Bolmen hade det minst brunifierade vattnet.

4.1.1 Storån

Tabell 1. Visar mätvärden av vattenproverna tagna i Storån både som ljusabsorbansen i våglängderna 410, 420, 436 nanometer och milligram organiskt färgämne per liter (mgPt/l). Kolumn 4 visar summan av de olika våglängderna för varje körning av spektrofotometern. På raden längst ned syns medelvärdet för mätningarna.

Lambda 410 (nm) Absorbans:	Lambda 420 (nm) Absorbans:	Lambda 436 (nm) Absorbans:	Lambda 410,420,436 (nm) Absorbans:	Organiskt material mgPt/l
0,737	0,632	0,503	1,872	282
0,741	0,636	0,507	1,885	287
0,742	0,636	0,507	1,884	288
0,762	0,653	0,507	1,936	
0,763	0,655	0,521	1,941	
Medel:	Medel:	Medel:	Medel:	Medel:
0,749	0,642	0,512	1,904	286

4.1.2 Norra Bolmen

Tabell 2. Visar mätvärde från miljodata.se taget i norra delen av sjön Bolmen.

Organiskt material mgPt/l
Medel:
180

4.1.3 Tiraholm

Tabell 3. Visar mätvärden av vattenproverna tagna på Tiraholm både som ljusabsorbansen i våglängderna 410, 420, 436 nanometer och milligram organiskt färgämne per liter (mgPt/l). Kolumn 4 visar summan av de olika våglängderna för varje körning av spektrofotometern. På raden längst ned syns medelvärdet för mätningarna.

Lambda 410 (nm) Absorbans:	Lambda 420 (nm) Absorbans:	Lambda 436 (nm) Absorbans:	Lambda 410,420,436 (nm) Absorbans:	Ograniskt material mgPt/l
0,285	0,242	0,189	0,716	102
0,28	0,236	0,183	0,7	104
0,274	0,231	0,178	0,684	103
0,278	0,235	0,182	0,695	
	0,243	0,19	0,718	
Medel:	Medel:	Medel:	Medel:	Medel:
0,279	0,237	0,184	0,703	103

4.1.4 Vret

Tabell 4. Visar mätvärden av vattenproverna tagna i Vret både som ljusabsorbansen i våglängderna 410,420,436 nanometer och milligram organiskt färgämne per liter (mgPt/l). Kolumn 4 visar summan av de olika våglängderna för varje körning av spektrofotometern. På raden längst ned syns medelvärdet för mätningarna.

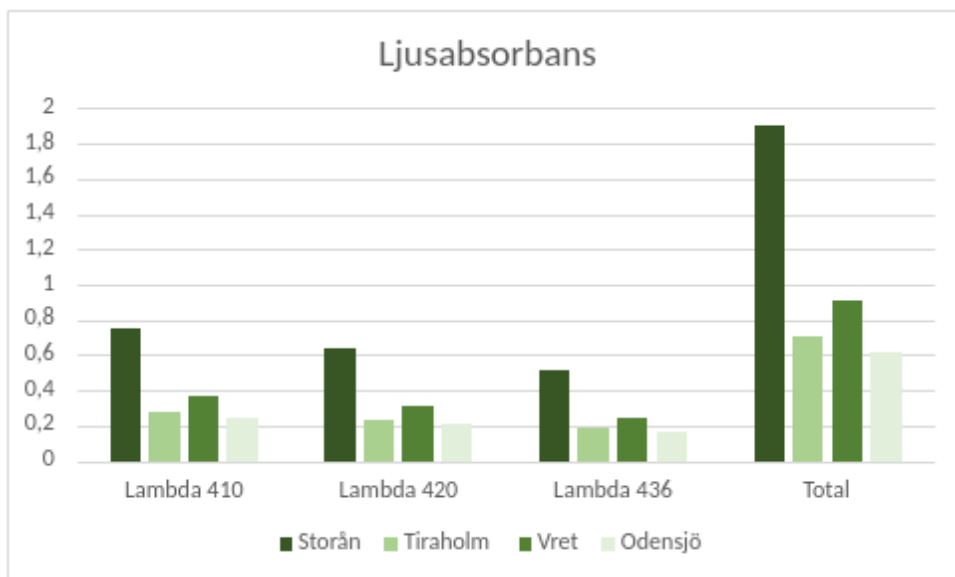
Lambda 410 (nm) Absorbans:	Lambda 420 (nm) Absorbans	Lambda 436 (nm) Absorbans:	Lambda 410,420,436 (nm) Absorbans:	Organiskt material mgPt/l
0,351	0,299	0,234	0,885	132
0,357	0,301	0,234	0,891	132
0,368	0,313	0,245	0,926	131
0,371	0,316	0,248	0,936	
0,371	0,315	0,248	0,933	
Medel:	Medel:	Medel:	Medel:	Medel:
0,364	0,309	0,242	0,914	132

4.1.5 Odensjö (södra Bolmen)

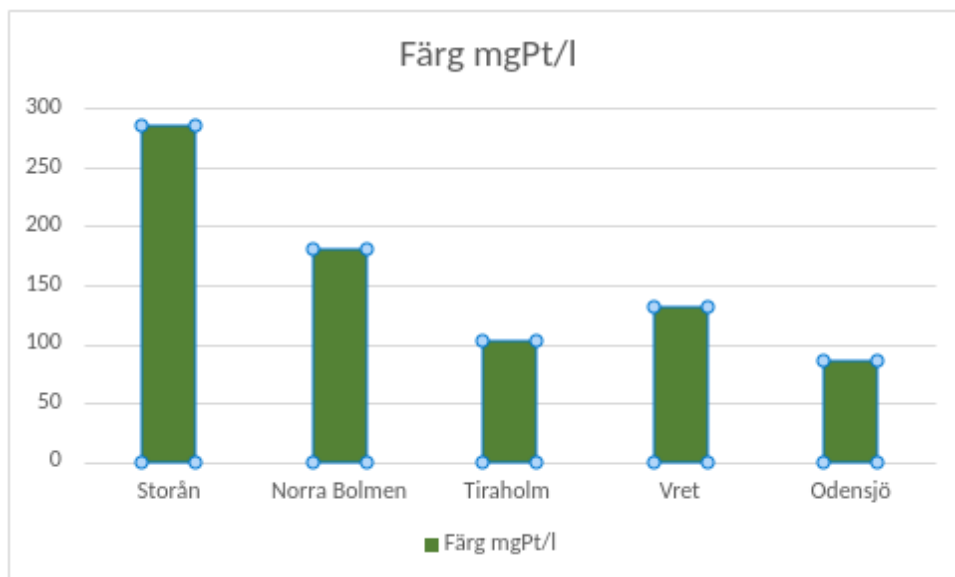
Tabell 5. Visar mätvärden av vattenproverna tagna på Odensjö både som ljusabsorbansen i våglängderna 410, 420, 436 nanometer och milligram organiskt färgämne per liter (mgPt/l). Kolumn 4 visar summan av de olika våglängderna för varje körning av spektrofotometern. På raden längst ned syns medelvärdet för mätningarna.

Lambda 410 (nm) Absorbans:	Lambda 420 (nm) Absorbans:	Lambda 436 (nm) Absorbans:	Lambda 410,420,436 (nm) Absorbans:	Ograniskt material mgPt/l
0,243	0,205	0,159	0,609	81
0,244	0,206	0,159	0,607	88
0,251	0,212	0,164	0,627	90
0,249	0,211	0,163	0,624	
0,248	0,209	0,162	0,619	
Medel:	Medel:	Medel:	Medel:	Medel:
0,247	0,209	0,161	0,617	86

4.1.6 Sammanställning av färgvärden



Figur 15: Visar stapeldiagram över medelljusabsorbansen vid de olika provtagningsplatserna fördelat på våglängder och totalen. Totalen summerar ljusabsorbansen för de olika våglängderna och ger ett enda värde för att lättare jämföra vattenfärgen för respektive provtagningsplats.



Figur 16: Visar sammanställningen av medelvärdet av färgvärden mätt utifrån mgPt/l från alla olika provtagningsplatser. Värdena för diagrammet ges av medelvärdena hämtade från tabell 1 till 5.

5. Diskussion

Gös planterades in i Bolmen på 1930-talet men det är inte förrän på senare år som beståndet har ökat. Under de senaste årtiondena har sjön Bolmen utsatts för brunifiering och allt eftersom vattenfärgen i Bolmen har förändrats har det kommit rapporter om att sjöns ekosystem har förändrats. Forskare har lagt märke till att Bolmen inte längre är den sjö den en gång var. Provfiskare och lokala sportfiskare har gjort det tydligt att maktspelet har förändrats och gösen har tagit över. En sjö som dominerats av abborre och gäddor som rovfiskar, består nu huvudsakligen av gös. Vad är det som har lett fram till detta maktskifte? Vad har detta för betydelse för gösen, Bolmen och dess ekosystem i framtiden? Hur kan detta kopplas till brunifieringen och vad beror den på? Finns det ett samband mellan brunifiering och gösbeståndet i sjön Bolmen?

5.1 Brunifieringens trend i Bolmen

Resultaten från forskare visar att brunifieringen i Bolmen har ökat sedan ungefär 1980-talet. Detta bekräftas av bland annat figur 2 samt av Alenius (2013). Sportfiskarna (2018) och Klante (2023) skriver att brunifiering främst beror på mängden humusämnen och organiska ämnen som finns i vattnet, vilket korrelerar med resultatet då undersökningens egna mätningar i mgPt/l visade på höga värden, alltså humusämnen. Enligt Sportfiskarna (2018) hittas sådana ämnen ofta i sjöar och vattendrag nära en stor markanvändning genom både skogsavverkning av barrskog i kombination med förlängda växtsäsonger på grund av varmare klimat. Detta gör att det förekommer mer organiska ämnen i vattnet och på så vis en ökad brunifiering (Sportfiskarna, 2018). Enligt Borgström (2020) "är Bolmen en sjö som sett många nya barrskogsplanteringar växa upp runt omkring sig och detta antyder på att sjön lätt förbrunas." Detta stämmer överens med att figur 2 och 3 visar på en ökad vattenfärg i både norra och södra Bolmen sedan 1980-talet. Det kan konstateras att Bolmens huvudsakliga anledning till dess ökade brunifiering kan bero på flera olika faktorer. Dock är den ökade barrskogsanvändningen och klimatförändringen centrala delar i detta.

De egna provtagningarna för undersökningen visade på att Storån och norra Bolmen har högre färgvärden, alltså en mer utvecklad brunifiering än den södra delen av sjön. Detta syns

i figur 16 och överensstämmer med figur 2 och 3, alltså forskares resultat. Det största inflödet i sjön är Storån, som rinner ut i nordvästra delen av sjön. Därmed kan kopplingen dras att norra Bolmen förmodligen får sin förhållandevis mörka färg från Storån. Ån rinner genom diverse bruksmarker som barrskog och åkermark som bidrar till sjöns ökade färgvärden (Borgström, 2020). Det är på grund av detta som det är mörkare vatten i norra Bolmen jämfört med södra delen. Även denna analys styrker påståendet om att det är barrskogen och förändrad skogsmark som lett till Bolmens ökade brunifiering, eftersom Storån är extra drabbad av brunifiering och rinner genom just barrskog och förändrad skogsmark.

Resultaten från forskare visar på att brunifieringens ökande trend från 1980-talet, verkar avta från cirka år 2009. Enligt figur 2 är trenden nämligen att färgtalet minskar i både norra- och södra Bolmen från år 2009. Även siktdjupsresultaten följer denna trend då siktdjupet har vänt och börjat öka från år 2009. Därmed har Bolmen således gått från att vara som mest brunifierad år 2009 till att ha blivit mindre brunifierad på senare tid. Frågan är om brunifieringens trend kommer att fortsätta idag och i framtiden. Undersökningens egna provtagningar som presenteras i figur 15 och 16 kan ge en indikation på detta eftersom dessa tagits senare än vad forskarnas diagram visar. Om de nya mätvärdena jämförs med forskares äldre data, har de nya mätvärdena högre färgvärden än de senaste från diagrammen. Alltså resultaten från de egna provtagningarna indikerar på att den temporära minskningen av brunifieringen efter 2009 eventuellt kommer byta riktning och istället börja stiga. Eventuellt kommer alltså brunifieringen i sjön Bolmen återigen att börja öka.

5.2 Gösbeståndets utvecklingstrend

Gösens ökning i Bolmen kan bero på flera olika faktorer. Dock är frågan om den ökade brunifieringen kan ha påverkat gösbeståndets ökning. I 5.1 har nämligen konstaterats att brunifieringen i Bolmen har ökat. Därmed har även siktdjupet minskat kraftigt vilket påverkar ekosystemen. Alenius (2013) skriver att vissa fiskarter missgynnas av brunifiering då mörkare vatten leder till syrefattigare botten, varmare vatten, sämre ljusgenomsläpp och minskat siktdjup. Däremot uppger Andersson (2019) att gösen gynnas av mindre siktdjup tack vare dess utvecklade ögon. Provfiskeresultaten för gös stämmer överens med förklaringen av Andersson (2019) om att gösen skulle gynnas av ett minskat siktdjup och en

ökad brunifiering. Ingemarsson (2022) rapporterar nämligen resultatet att; “Antalet fångade gösar per nät var 38 procent högre 2012 jämfört med 2004 och 69 procent högre jämfört med 1997.” Gösbeståndet har således ökat betydligt i takt med att brunifieringen har gjort detsamma. Oklart är dock om dessa parametrar korrelerar med varandra i verkligheten. Dock som redan nämnt finns det belägg för att gösen gynnas av ett begränsat siktdjup i konkurrens med andra fiskarter. Den ökade brunifieringen kan alltså vara en faktor till att gösbeståndet har ökat.

Alenius (2013) hävdar även att gäddbeståndet i Bolmen har försvagats. Dessutom har abborrbeståndet mellan 1997 och 2012 minskat. Detta syns genom exempelvis en minskad medellängd. Detta kan kopplas ihop med Van Dorst (2020) som skriver att abborrens kroppstillväxt försämras när vattnet blir brunare. Detta stämmer alltså exakt överens med sjön Bolmens abborrbestånd. Därmed kan det konstateras att sjön Bolmens ökade brunifiering sannolikt även har påverkat andra fiskarter som till exempel gäddan och siklöjan. Resultaten visar som tidigare nämnt en försvagning av gäddbeståndet. Engstedt (2019) beskriver att gäddan främst använder sin syn för att jaga. Gäddan påverkas således negativt av en ökad brunifiering och ett minskat siktdjup. Förmodligen är det detta som har hänt i sjön Bolmen. Gäddan har fått svårare att fånga byten och detta kan vara en av faktorerna till dess minskade population. Ur ett ytterligare perspektiv gynnas gösen i konkurrens med gäddan och abborren i sjöar med begränsat siktdjup (Alenius, 2013). Därmed kan ytterligare en anledning till minskningen av gädd- och abborrbeståndet vara att gösens mörkerseende ögon gynnat dess förmåga att fånga bytesfisk och därmed konsumerat en större del av sjöns bytesfiskar.

Resultaten visar att fångsten av siklöja var betydligt lägre 2012 jämfört med 2004 och mycket lägre i jämförelse med 1997. Alenius (2013) beskriver även att det mörkare vattnet missgynnar planktonproduktionen i sjön som i sin tur ger begränsad föda till siklöjan. Därmed konstateras att siklöjans minskade bestånd förmodligen beror på en ökad brunifiering. Havs- och vattenmyndigheten (2023) uppger att siklöjan blir 15 till 20 centimeter lång. Andersson (2019) skriver att gösen ofta konsumerar 15 till 20 centimeter långa bytesfiskar. Detta upplyser att siklöjan passar in i gösens födopreferenser. Siklöjan är alltså attraktiv föda för gösen och siklöjabeståndets minskning kan således även bero på gösens framfart.

Varför har gösen fortsatt att öka i antal när siklöjan som är en betydelsefull bytesfisk har

minskat i antal? Andersson (2019) skriver att gösen oftast lever i pelagialen, alltså i den fria vattenmassan. En teori är att gösen har anpassat sig till miljöförändringarna i sjön genom att bland annat leta sig till grundare vatten och där hittat andra bytesfiskar som mört eller abborre. Ett rimligt motargument är att det inte finns något motiv för gösen att söka sig till grundare vatten, då dessa djup redan domineras av andra toppredatorer som gäddan och abborren. Detta är givetvis sant men på grund av Bolmens förbruning så har även det grundare vattnet blivit mer färgat än det var tidigare. Detta ger gösen en fördel som är bättre lämpad för jakt i sämre siktdjup jämfört med gäddan och abborren som är sämre lämpade för den nya vattenfärgen. Gösens välutvecklade syn och känselorgan ger den en klar fördel i födosök i miljöer där andra rovfiskar inte lämpar sig. (Andersson, 2023). Gösen behöver inte nödvändigtvis ha flyttat från den djupare pelagialen till grundare vikar. Istället kan den ha existerat där tidigare, men att konkurrensen med andra rovfiskar kan ha varit för stor. En möjlighet är att gösen på senare år har fått en fördel tack vare ett mörkare vatten och en sämre sikt, och på så vis har det skett en ökning av gösen då den har större arealer att frodas på. Ur en annan synvinkel kan gösen ha fått brist på föda i pelagialen då siklöjan minskat, därmed kan den ha sökt sig grundare och fortsatt konkurrera ut gäddan och abborren.

En annan möjlig förklaring kan vara att man ännu inte kan se effekterna för gösen. Sikens bestånd har minskat kraftigt de senaste decennierna vilket innebär mindre föda för gösen. Bristen på föda för konsumenterna visas oftast några år efter minskningen av födan. Därav kan det eventuellt väntas en drastisk nedgång av gösen på grund av födobrist, om inte gösen anpassat sig och börjat konsumera annan föda.

5.4 Framtidens förväntade brunifiering- och gösbeståndsutveckling

Den ökade klimatförändringen människan står inför kommer att påverka jorden globalt, men även på lokal nivå, därmed även sjön Bolmen. Som tidigare nämnts, kommer högre temperaturer leda till längre växtsäsonger vilket gäller för barrskogen runt Bolmen och Storåns genomflöde. I sin tur leder detta till att perioden då organiskt material och humusämnen släpps ut i vattnet ökar. Konsekvensen blir en ökad brunifiering, vilket kommer att få ytterligare konsekvenser för Bolmens biologiska mångfald och ekosystem. Denna undersökning har visat att gösantalet potentiellt skulle öka mer drastiskt om brunifieringen börjar öka igen. Dock kan gösens föda även komma att begränsas i samband med en ökad brunifiering i framtiden vilket kan skapa motstånd för gösbeståndets fortsatta ökning i framtiden.

Siklöja som varit en viktig bytesfisk i pelagien har minskat vilket ännu mer stödjer teorin om att gösen letar sig bort från de fria vattenmassorna i Bolmen, vilket bekräftas av figur 8 och 9. Ännu en teori för en kommande ökning av gös i Bolmen illustreras av figur 7. En jämn ökning av äldre gösar presenteras under de senaste årtiondena men under de senaste åren har de unga gösarnas ökat kraftigt i antal. Om man förväntar sig att alla dessa fiskar kan reproducera sig kan man vänta sig en exponentiell ökning av gös i Bolmen bara de närmsta åren. Genom att belysa problemet från ett längre perspektiv kan brunifieringen komma att få en motsatt effekt. Med en kraftig ökning av gös kommer förmodligen en ännu större minskning av andra rovfiskar att ske då gösen konsumerar ännu mer bytesfisk och gynnas av brunifieringen. Rovfiskarna abborre och gädda som livnär sig på liknande föda som gösen kommer få det svårare att överleva då deras jaktteknik inte är lika anpassad till ett mörkare vatten. En ökad brunifiering och gösbestånd kommer därmed missgynna gäddan- och abborrens förmåga att hitta och konkurrera om födan. Om problemet går så här långt kan gösen stå inför en populationskrasch då födotillgången kommer vara låg i kombination med en mycket hög göspopulation. Därmed kan detta leda till att det blir svårt för den enskilda individen att hitta föda och populationen minskar. Detta kan ge en chans åt andra fiskarter att återhämta sig. Dock kan detta försvåras då Bolmens brunifiering leder till att både abborren och gäddan gynnas negativt i konkurrens med gösen.

Det finns åtgärder att vidta för att minska sannolikheten för att framtiden blir sådan som denna undersökning förutspår. Genom att minska skogsavverkningen runt Bolmen och Storån

kan mindre humusämnen släppas ut vilket innebär en minskad brunifiering. Dock är den generella lösningen att stoppa klimatförändringarna i världen och därmed förhindra varmare och längre växtsäsonger.

5.5 Slutsats

Undersökningen har visat att sjön Bolmen har utsatts av en ökad brunifiering. På 1980-talet skedde en kraftig ökning fram till ungefär 2009. Därefter har brunifieringen succesivt minskat. Undersökningens provtagningar, forskarstudier och världens klimatförändringar antyder dock på att brunifieringen i framtiden kan komma att återigen öka markant i sjön Bolmen. Den huvudsakliga anledningen till den historiska brunifieringen i Bolmen verkar vara de utbredda barrskogarna runt om sjön. Undersökningen visar även på en stark koppling mellan en ökad brunifiering och fiskpopulationen i Bolmen. Gösen verkar ha gynnats av brunifieringen där ökningen av brunifieringen följer gösbeståndets ökning. Detta beror förmodligen på gösens utvecklade ögon och därmed konkurrenskraftighet gentemot abborren och gäddan. Abborren och gäddans bestånd har visat sig minska, vilket sannolikt beror på just brunifieringen. Dessutom har siklöjan minskat i sjön vilket kan bero på brunifieringen och gösbeståndets framfart.

5.6 Felkällor

Brunifieringen är inte själv den enda orsaken till en förändring av Bolmens ekosystem. Därmed är det inte helt säkert att gösbeståndets ökning beror på just brunifieringen som fenomen. Istället kan det vara en kombination av andra yttre faktorer. Allt fler sjöar blir surare i Sverige till följd av mängden koldioxid som löser sig i vattnet och bildar kolsyra. Bolmen är en djup sjö vilket kan innebära att det bruna vattnet kan lägga sig likt skikt på sjön och på så vis leda till olikheter mellan vattenfärgen och djupet det tagits på. Därmed kan undersökningens provtagningar eventuellt visa på för svag eller för stark brunifiering i Bolmen. Sjön Bolmen är en av Sveriges största sjöar, vilket innebär att det finns många olika biotoper. Detta speglas tydligt i resultatet och i diskussionen där det förklaras att sjön är brunare i norr än i söder. Därför borde sjön Bolmen egentligen analyseras som två olika sjöar, vilket inte gjordes i denna undersökning. Eftersom det inte är samma mängd vatten som rinner igenom Bolmen året om betyder det att det är olika brunt vid olika årstider varje år.

Till exempel när snön smälter på senvintern är vattenflödet mycket högre än vad det är på sommaren. Detta i kombination med att barrträdens växtsäsong inte startat, kan detta leda till ett ljusare vatten. Ingen mätdata har genomförts på alla övriga ovanstående felkällor och därav har det inte tagits hänsyn till dessa varken i diskussionen eller i slutsatsen.

Ytterligare en felkälla är att provfisken aldrig kan spegla den exakta representationen av sjöns rådande fiskpopulation. Fiskar rör sig ofta slumpmässigt och det kan vara svårt att veta vart de kommer att simma och på så sätt vart man ska sätta ut nät. Dessutom kan det vara komplicerat då fiskar rör sig olika beroende på säsong och fiskarnas aktivitet. Som tidigare nämnt är Bolmen en stor sjö med stor variation på vattenfärgen i norr och i söder vilket också kan ha haft en stor inverkan på provfisket och spridningen. Något som också inte lyfts i denna avhandling är teknologins framfart i sportfiskevärlden. Som tidigare nämnts har det kommit rapporter och kommentarer om ökad fångst av fiskarten gös i sjön Bolmen, men detta kan dock bero på att fiskemetoder har blivit mer sofistikerade med åren. Förr förlitade fiskare sig mer på vilka områden i sjön de fick mest fisk. Idag används ekolod allt oftare till att hitta områden fisken håller till vid, men även till att lokalisera individuella fiskar. Denna teknologiska utveckling kan också vara en anledning till att fritidsfiskare upplever en ökad mängd gös i Bolmen. Alla dessa ovanstående felkällor kan ha påverkat undersökningen på olika sätt.

Källförteckning

Alenius, B. Länsstyrelsen i Jönköpings län. (2013). *Nätprovfiske i Bolmen 2012*. Hämtad (2023-11-06). <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:880659/FULLTEXT01.pdf>

Andersson, M. (2019). *Gösens Biologi och lämpliga förvaltningsåtgärder*. 5-7. Hämtad (2023-11-07). https://www.sportfiskarna.se/portals/sportfiskarna/PDF/Miljo/Arthaften/Go%CC%88s_a4_pages.pdf?ver=2020-04-17-170842-300

Borgström, A. (2020). *Lake Bolmen Past, present and future*. [Masteruppsats, Lunds Universitet]. Hämtad (2023-10-20) <https://forskningsstationbolmen.se/app/uploads/Bolmen-Report.pdf>

Engstedt, O, & Ljunggren, L. (2019). *FISKEVÅRD för GÄDDA*. 22, 3-4. Hämtad (2024-01-09) https://www.sportfiskarna.se/portals/sportfiskarna/PDF/Miljo/Arthaften/Ga%CC%88dda_a4_pages.pdf?ver=2020-04-03-152817-637

Forskningsstationen Bolmen. (8 juni 2023). *Mer om Bolmen och utställningen*. Hämtad (2023-10-21) <https://forskningsstationbolmen.se/om-forskningsstationen/utställning-vid-bolmen/bolmen-viktig-for-manga/>

Google maps. (24 november 2023). *Bolmen*. Hämtad (2023-11-24) <https://www.google.com/maps/place/Bolmen/@56.9177868,13.7086607,10z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x4650e1db82f60bcf:0x7b07eff993a276cd!8m2!3d56.8373154!4d13.6737607!16zL20vMDc3cXpk?entry=ttu>

Havs- och Vattenmyndigheten (12 februari 2014) *Arter och livsmiljöer, Siklöja*. Hämtad (2024-01-03) <https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/arter-och-naturtyper/sikloja.html>

Ingemarsson, M. (2022). *Provfisken i Bolmen 2004–2022*. Sveriges fiskevattenägareförbund. Hämtad (2023-10-20) <https://bolmensweden.com/wp-content/uploads/2023/03/Provfiskerapport-Bolmen-2022.pdf>

Klante, C. (2023). *Hydrophysical processes governing brownification*. [Doktorsavhandling, Lunds Universitet]. Hämtad (2023-10-29) https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/146299126/2023_04_21_thesis_CK_PDF.pdf

Sportfiskarna. (26 april 2018). *Sportfiskarna deltar i nytt projekt om brunifiering*. Hämtad (2023-12-01) <https://www.sportfiskarna.se/Om-oss/Aktuellt/ArticleID/7213/Sportfiskarna-deltar-i-nytt-projekt-om-brunifiering>

Sportfiskarna. (2023). *GÄDDA*. Hämtad (2023-12-20) <https://www.sportfiskarna.se/Fiske/Fisketips/Fiskarter/G%C3%A4dda>

Van Dorst, R. (2020). *Warmer and browner waters: fish responses vary with size, sex, and species*. [Doktorsavhandling, Sveriges lantbruksuniversitet]. <https://pub.epsilon.slu.se/17355/>