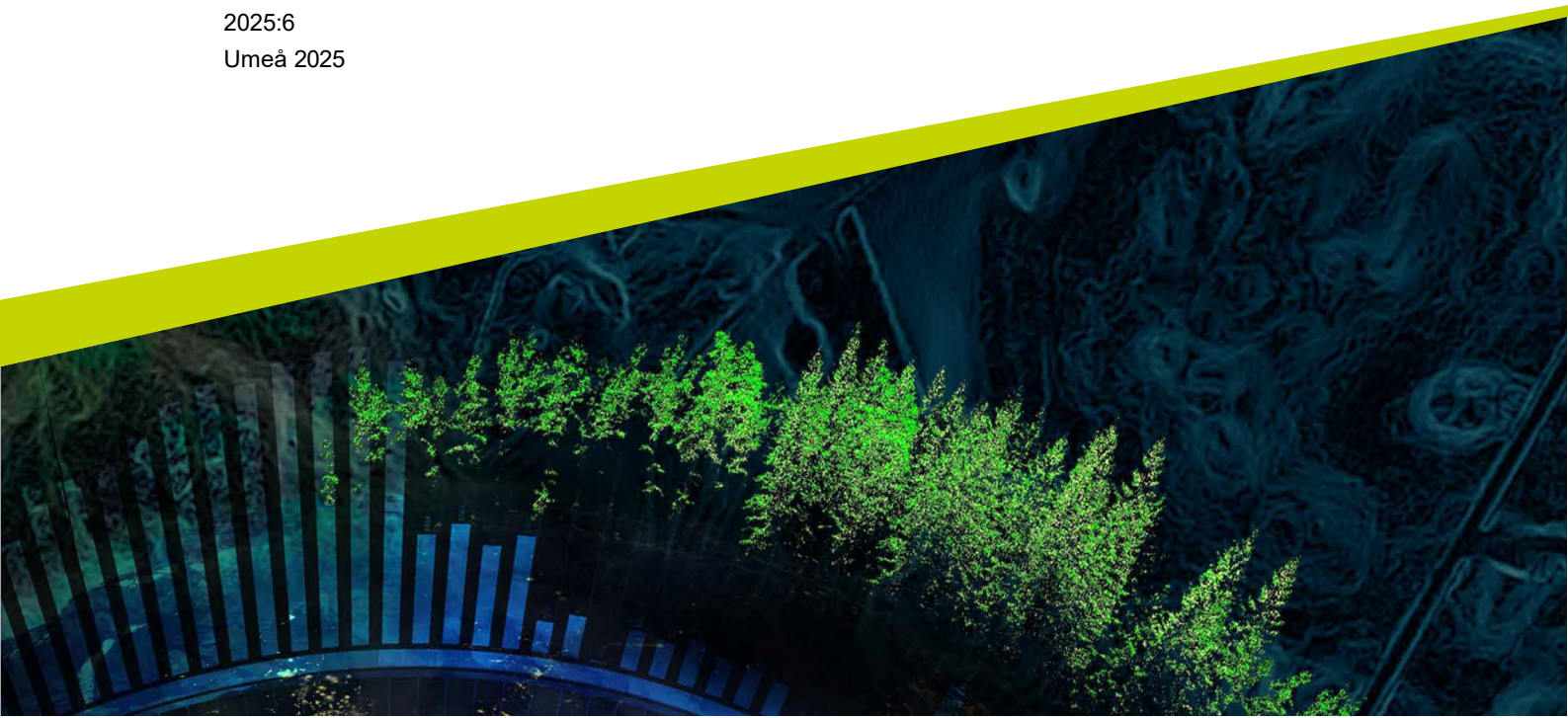
Öppna kassodlingars påverkan på abborrens *(Perca fluviatilis)* diet i näringsfattiga sjöar i norra Sverige

Martine Omark

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för skogsvetenskap
Institutionen för vilt, fisk och miljö
Examensarbete / SLU, Institutionen för vilt, fisk och miljö
2025:6
Umeå 2025



Öppna kassodlingars påverkan på abborrens diet i näringsfattiga sjöar i norra Sverige.

Influence of open cage fish farming on perch diet in nutrient poor lakes in northern Sweden.

Martine Omark

Handledare:	**Karin Nilsson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö**
Bitr. handledare:	Maria Myrstener, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö
Bitr. handledare:	Gunnar Öhlund, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö
Examinator:	Therese Löfroth, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för vilt, fisk och miljö

Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i biologi
Kurskod:	EX0997
Program/utbildning:	Fristående kurs
Kursansvarig inst.:	Institutionen för vilt, fisk och miljö
Utgivningsort:	Umeå
Utgivningsår:	2025
Serie:	Examensarbete / SLU, Institutionen för vilt, fisk och miljö
Serie Nummer:	2025:6
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Nyckelord:	Abborre, fiskodling, vattenbruk, kassodling, näringsfattig, vattenkraftsreglerade sjöar, nischskifte

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för vilt, fisk och miljö

Sammanfattning

Denna studie har undersökt hur fiskodling i form av öppna kassodlingar kan påverka svenska vattenkraftsreglerade näringsfattiga sjöar samt hur det i sin tur kan påverka abborrens diet. Studien syftar till att undersöka a) Finns det en skillnad i mängden maginnehåll för abborrarna i de olika sjöarna? b) Är det skillnad i abborrens diet vad gäller fisk och evertebrater? c) Skiljer sig storleken där abborren gör sitt nischskifte mellan sjöarna? För att undersöka detta fångades totalt 136 abborrar, 80 stycken i den fiskodlingspåverkade sjön Storuman och 56 i referenssjön Hornavan. Därefter genomfördes en noggrann analys av abborrarnas maginnehåll i labbet. Innehållet från magen vägdes och delades in i olika kategorier. Statistiska analyser genomfördes sedan för att undersöka frågeställningarna. Resultaten från denna studie visade att abborrarna i Storuman hade mer än dubbelt så full mage som abborrarna i Hornavan, möjligen på grund av en ökad födotillgång till följd av en högre produktion i sjön. Abborrarna i Storuman konsumerade även en högre andel fisk än de i Hornavan. Detta skulle kunna bero på större tillgång på bytesfisk, eller på en lägre tillgång på evertebrater, som kan påverkas negativt av fiskodling. Ingen skillnad i när nischskiftet genomfördes kunde observeras i denna studie. Studien var till stor del i linje med vad tidigare forskning har visat. Slutsatsen är att fiskodling kan ha en påverkan på näringsfattiga sjöar i form av extra näringstillförsel, det i sin tur kan leda till förändringar i näringsväven. För att minimera negativa effekter på ekosystemet är det således viktigt att fortsätta undersöka vilken långsiktig påverkan fiskodling har på näringsfattiga sjöar.

Nyckelord: abborre, Perca fluviatilis, fiskodling, vattenbruk, kassodling, näringsfattig, vatttenkraftsreglerade sjöar, ontogenetiskt nischskifte

Abstract.

This study investigated the potential influence of open cage fish farming on nutrient poor, hydropower regulated lakes in Sweden and how perch diet is affected. The aim of this study was to determine a) whether there is a difference in the amount of stomach content in perch between the two lakes b) whether there is a difference in perch diet regarding fish and invertebrates and c) whether the size at which perch shift their niche differs between the lakes. A total of 136 perch were sampled, 80 from the lake Storuman that was affected by fish farming and 56 from the reference lake Hornavan. A detailed analysis of perch stomach contents was then done in the lab. The stomach contents were measured, and divided into different categories. Statistical analyses were then conducted to examine the research questions. Results showed that perch in Storuman had more than twice the food consumption compared to those in Hornavan, this was likely due to increased food availability resulting from an increase of the production in the lake. Perch from Storuman also consumed a higher proportion of fish, this was potentially due to increased fish availability and a decline in other prey groups, such as invertebrates, which was negatively affected by fish farming. No differences were observed in the timing of the ontogenetic diet shift between the lakes. The findings in this study are consistent with previous research, indicating that fish farming can impact nutrient poor lakes by input of extra nutrients, which in turn can change the food web. More research is needed to understand how fish farming affects nutrient poor lakes over time and to maintain a stable ecosystem.

Keywords: perch, Perca fluviatilis, fish farming, aqua culture, open cage farming, nutrient poor, regulated lakes, ontogenetic niche shift

Innehållsförteckning

Figurförteckning **5**

1. Introduktion **6**
1.1 Vattenbruk, öppen kassodling och dess påverkan 6
1.2 Nischskifte och diet hos abborre 7
1.3 Vattenkraftsreglerade sjöar 8
1.4 Problembeskrivning och kunskapslucka 9
1.5 Syfte 9

2. Metod och Material **10**
2.1 Undersökningsområde 10
2.2 Analys av maginnehåll 12
2.2.1 Identifiering av bytesfisk 13
2.2.2 Identifiering av evertebrater 13
2.3 Statistik analys 13

3. Resultat och Analys **15**
3.1 Abborrmagarnas fyllnadsgrad, öppnad 15
3.2 Genomsnittlig vikt av ätligt maginnehåll 15
3.3 Andel fisk och evertebrater av ätligt maginnehåll samt abborrarnas längd och andel fisk av ätliga maginnehållet 16
3.4 Fördelning av identifierade- samt oidentifierade bytesfiskar 18
3.5 Genomsnittlig vikt evertebrater 19
3.6 Evertebrater maginnehåll 20
3.7 Längdfördelning hos abborrarna 21

4. Diskussion och slutsats **22**
4.1 Felkällor och inför framtida studier 24
4.2 Slutsats 25

Referenser **26**

Tack 30

Bilaga 1 ..... **31**

Figurförteckning

Figur 1. Område för nätprovfiske i referenssjön Hornavan (Lantmäteriet 2020a) 11

Figur 2. Områden för nätprovfiske och fiskodlingarna i Hornavan (Lantmäteriet 2020b). 12

Figur 3. Abborrmagarnas fyllnadsgrad uppskattades (0-100%) när magen var öppnad. Storuman (n=80) och Hornavan (n=54) 15

Figur 4. Genomsnittlig vikt av ätligt maginnehåll (bytesfisk och evertebrater) i Storuman (n=69) och Hornavan (n=53) 16

Figur 5. Andel bytesfisk och evertebrater av det ätliga innehållet i magsäcken hos abborrarna i vardera sjö. Storuman (n=68) och Hornavan (n=53) 17

Figur 6. Förhållandet mellan abborrarnas längd och andel fisk i procent av det ätliga maginnehållet. Varje punkt representerar en enskild abborre. Regressionslinjerna är inte signifikanta..... 18

Figur 7. Fördelning av identifierade- samt oidentifierade bytesfiskar funna i magsäcken från samtliga abborrar. Storuman (n=50) och Hornavan (n=18) 19

Figur 8. Genomsnittlig vikt (gram) av totala mängden evertebrater funna i abborrarnas magsäckar. Storuman (n=55), Hornavan (n=52) 19

Figur 9. Fördelning av evertebrater funna i magsäcken hos samtliga abborrar från båda sjöarna. Storuman (n=55) och Hornavan (n=52) 21

Figur 10. Längdfördelning hos abborrarna i vardera sjö. Medianvärdet i Hornavan n=56 är 282 mm, i Storuman n=80 är det 274,5 mm..... 21

1. Introduktion

1.1 Vattenbruk, öppen kassodling och dess påverkan

Vattenbruk är en form av odling av vattenlevande organismer i akvatiska miljöer. Odling av fisk och skaldjur är vanligt men även odling av alger förekommer. I Sverige finns idag cirka 54 aktiva odlingar inom matfiskproduktion, 85% av den fisk som odlas är regnbåge *(Oncorhynchus mykiss)*, medan röding *(Salvelinus alpinus)* är den fisk som odlas näst mest (Jordbruksverket 2024). Odling av regnbåge och röding sker främst med öppna kassar vilket är den mest använda metoden inom vattenbruk i Sverige. Precis som vid traditionellt jordbruk, där läckage av näringsämnen förekommer, kan även vattenbruk bidra till en förhöjd näringshalt i den omgivande miljön. Eftersom kassarna är öppna kan näringen från odlingen inte hålls kvar inom odlingssystemet och näring passerar ut i det omgivande vattnet genom kassens nät (Jordbruksverket 2024). Med anledning av detta anläggs majoriteten av odlingsanläggningarna i nordliga näringsfattiga sjöar, där man menar att det ger mindre negativ påverkan på miljön, jämfört med redan näringsrika sjöar. Vidare är 95% av odlingarna belägna i vattenkraftsdammar eftersom dessa sjöars ekosystem redan anses vara kraftigt påverkade (Agstam et al. 2023; Kiessling och Futter 2023). Det är även ett stort fokus på utvecklingen av fiskfoder, där målet är ett effektivt foder där fisken ska ta upp och bibehålla så mycket näring som möjligt. Det fokuseras också på att effektivisera användningen av näringsämnen och den totala tillförseln av näringsämnen till omgivande sjö från kassodlingar är idag mycket lägre än den var för 20 år sedan (Kause et al. 2022; Munguti et al. 2021). Trots de förebyggande åtgärderna är det oundvikligt att avfall i form av foderspill, avföring och urin från fiskodlingar släpps ut i den omgivande miljön. Avfallsmaterialet innehåller näringsämnen såsom fosfor och kväve (Agstam et al. 2023).

Rennie et al. (2019) fann i sin studie att fiskodling kan bidra till en förhöjd näringshalt genom extra tillförsel av fiskfoder samt avföring från den odlade fisken. Detta i sin tur kan leda till en ökad primärproduktion där växtplanktons biomassa ökar. Liknande mönster med ökning av växtplanktonens biomassa observerades även i en studie av Paterson et al. (2010) i samband med uppstart av en kassodling av regnbåge i Kanada. Förutom en ökning av växtplanktonens biomassa fann Paterson et al. (2010) även en ökning av tätheten hos fiskpopulationer. Till följd av växtplanktonens ökade biomassa fann Paterson et al. (2010) att syrehalten i hypolimnion minskade, vilket resulterade i en minskning av både evertebrater och mysis. Trots att växtplanktonens biomassa och tätheten av fiskpopulationer ökade så såg man ingen märkbar förändring i zooplanktonens biomassa. En möjlig förklaring till detta var att det fanns annan föda att tillgå vilket resulterade i att

fiskarna ej var beroende av zooplankton. Vidare visade studien att en ökad mängd biomassa av växtplankton kan leda till sämre sikt i vattnet och algblomningar.

Trots att det är känt att fiskodlingar läcker ut näringsämnen har det varit svårt att studera detta i fält. Tidigare trodde man att det berodde på att näringsämnena har en snabb spridning i vattnet, men senare forskning har visat att det snarare beror på att näringsämnena snabbt assimileras av växtplankton. Den ökade tillgången på näring leder till ökad tillväxt och en ökad biomassa av växtplankton, vilket enligt (Tsagaraki et al. 2013) medför ett ökat betestryck från zooplanktonen på växtplanktonen. Detta indikerar att näringsämnena snabbt tar sig till högre trofiska nivåer i stället för att bara försvinna genom snabb spridning (Tsagaraki et al. 2013).

Ytterligare en studie som gjordes på kanadaröding visade att de ökade näringsnivåerna från fiskodlingen hade effekter som ökad tillväxt och förbättrad kondition hos de vilda fiskindividerna, detta korrelerade positivt med ökad förekomst av bytesfisk. Studien visade också på en förändring i fiskarnas trofiska nivå under det sista året som fiskodlingen var aktiv. Kanadarödingen började äta mer byten lägre ner i näringskedjan, så som evertebrater i den litorala zonen, detta skedde dock efter att mysis populationen minskade på grund av syrebrist i hypolimnion (Kennedy et al. 2019). Tidigare studier av kassodlingar i sötvatten har påvisat en positiv korrelation mellan vilda fiskars tillväxt och en högre produktivitet i sjön. Tillväxten hos vilda fiskar har även visat sig främjas av konsumtion av avfall från odlingarna (Paterson et al. 2010). Trots detta finns det även studier som visat det motsatta, att vissa arter i stället missgynnas av vattenbruk. I Rennie et al. (2019) studie kunde man se en minskning i buffelfisk *(Catostomus commersonii)* populationen till följd av vattenbruk. Att vissa arter gynnas samtidigt som andra missgynnas tyder på förändringar i ekosystemet som kan skapa instabilitet.

Paterson et al. (2010) understryker dock vikten av att analysera flertalet andra faktorer, som till exempel försurning och klimatförändringar, vid undersökning av vilken ekologisk påverkan fiskodlingar har, då dessa faktorer kan ha liknande effekter som extra tillförsel av näringsämnen. Paterson et al. (2010) såg till exempel att mysis kunde påverkas på liknande sätt av dessa faktorer. Man menade dock att förändringar i växtplanktonen biomassa och ökad tillväxt hos vild fisk är en typisk respons på extra näringstillförsel (Paterson et al. 2010)

1.2 Nischskifte och diet hos abborre

Abborren är vanligt förekommande i hela landet (Östman et al. 2016). Likt många andra fiskarter, ändrar Abborren *(Perca fluviatilis)* sin diet under tiden den växer och blir större, ett beteende som också beskrivs som ett ontogenetiskt nischskifte. Abborren genomgår flera ontogenetiska nischskiften under sin livstid

och livnär sig till en början på pelagiska zooplankton, men i takt med att abborren ökar i storlek går den över till bentisk föda, och när abborren är tillräckligt stor går den slutligen över till att främst livnära sig på fisk (Hjelm et al. 2000). Abborren genomgår de olika ontogenetiska nischskiftena som en strategi för att maximera överlevnad och tillväxt under sin livstid, vid vilken tidpunkt i livet skiftena sker beror främst på födotillgången men även på konkurrens samt predationsrisken (Hjelm et al. 2000; Persson & Greenberg 1990).

1.3 Vattenkraftsreglerade sjöar

När en sjö däms för vattenkraft och omvandlas till en vattenreservoar så förändras ekosystemets förutsättningar kraftigt. Vatten lagras under vår och sommar för att möta vinterns energibehov, vilket kastar om säsongsvariationerna i vattennivåer (Poff et al. 1997), och påverkar temperatur, isläggning, erosion och näringsfördelning, som i sin tur försämrar livsvillkoren för organismer i näringsväven (Helland et al 2019; Hirsch et al. 2017). Särskilt drabbade är de grunda bottenmiljöerna, där bland annat de bentiska evertebraterna och algerna förekommer, dessa miljöer förstörs ofta av upprepade och oregelbundna torrläggningar av stränder. Som följd domineras näringsväven i dessa reglermagasin ofta av zooplankton och fisk som lever av produktionen i den fria vattenmassan. För att kompensera för produktionsförlusten och ge fisk en ny födokälla, introducerades främmande arter som mysis (*Mysis relicta*) och taggmärla (*Pallasea quadrispinosa*) i många reservoarer på 1960-talet. Men detta misslyckades i stor utsträckning, då de orsakade oväntade förändringar i näringsväven (Furst et al. 1986)

Kiessling och Futter (2023) belyser de fördelar som finns med att bedriva fiskodling i vattenkraftsreglerade sjöar. De föreslår att en möjlig konsekvens av upprepade och oregelbundna torrläggningar av stränder i vattenkraftsreglerade sjöar, är att näringsämnena fosfor och kväve förloras på lång sikt, vilket kan leda till en näringsfattig sjö där produktiviteten succesivt minskar. Detta är dock endast en hypotes (Stockner et al. 2000) och minskningen av näringshalten i många nordliga vattendrag, även i de som inte är vattenkraftsreglerade, sker mest troligt på grund av klimatförändringarna och ett ökat upptag av näring i den terrestra miljön (Huser et al. 2020). Även en minskning av kvävedeposition har observerats vilket bidrar till oligotrofieringen av våra sötvatten (Isles et al. 2018).

I nordliga, svenska sjöar är kväve ofta det näringsämnet som begränsar tillväxten av växtplankton, men det förekommer även sjöar där både kväve och fosfor är begränsande (Myrstener et al. 2022). Rydin et al. (2000) har genomfört studier på hur extra näringstillförsel påverkar en näringsfattig reglerad, svensk sjö. Resultatet

visade likt andra studier att primärproduktionen och växtplanktonens biomassa ökade. Efter några år förbättrades även tillväxten hos rödingar, som ökade markant i både vikt och längd, detta var dock till liknande nivåer som innan regleringen. Detta liknar det resultat Rennie et al. (2019) redovisade gällande extra näringstillförsel. Den näringstillförsel som tillkommer genom fiskodlingar skulle alltså kunna fungera som ett alternativ till den föda som skulle kunna försvinna till följd av vattenreglering, och odling av fisk i vattenkraftreglerade näringsfattiga sjöar skulle därmed kunna vara till fördel för de fiskpopulationer som kan utnyttja pelagiska resurser. Risken är att man missgynnar andra arter när ekosystemet förändras (Rennie et al. 2019). Andra studier av näringstillförsel i sjöar i Västerbotten visar att ökningen i växtplankton inte nödvändigtvis leder till ökad tillväxt i högre trofinivåer så som zooplankton och fisk, en orsak till detta skulle kunna vara dominans av oätliga grönalger (*Chlorophyta*) samt ett försämrat näringsinnehåll i algerna (Bergström et al. 2021; Deininger et al. 2017).

1.4 Problembeskrivning och kunskapslucka

Paterson et al. (2010) belyser bristen på data kring effekterna av kassodling i sötvatten. Trots vad tidigare forskning har visat för påverkan från kassodlingar är det fortfarande oklart vilka effekter svenska kassodlingar har på våra sjöar, samt hur abborrens födoval och trofiska nivå påverkas av det. Påverkas svenska sjöar på samma sätt av en ökad näringshalt som internationell forskning har visat eller finns det andra effekter som fortfarande är okända, eller uteblir effekterna helt? Denna studie syftar till att fylla en bit av den kunskapslucka som finns kring svenska kassodlingars påverkan på näringsfattiga sjöar.

1.5 Syfte

Syftet med denna studie var att undersöka om abborrens diet skiljer sig mellan fiskodlingspåverkade och opåverkade sjöar och hur dessa skillnader yttrar sig. Frågeställningarna som ska besvaras är a) Finns det en skillnad i mängden maginnehåll för abborrarna i de olika sjöarna? b) Är det skillnad i abborrens diet vad gäller fisk och evertebrater? c) Skiljer sig storleken där abborren gör sitt nischskifte mellan sjöarna?

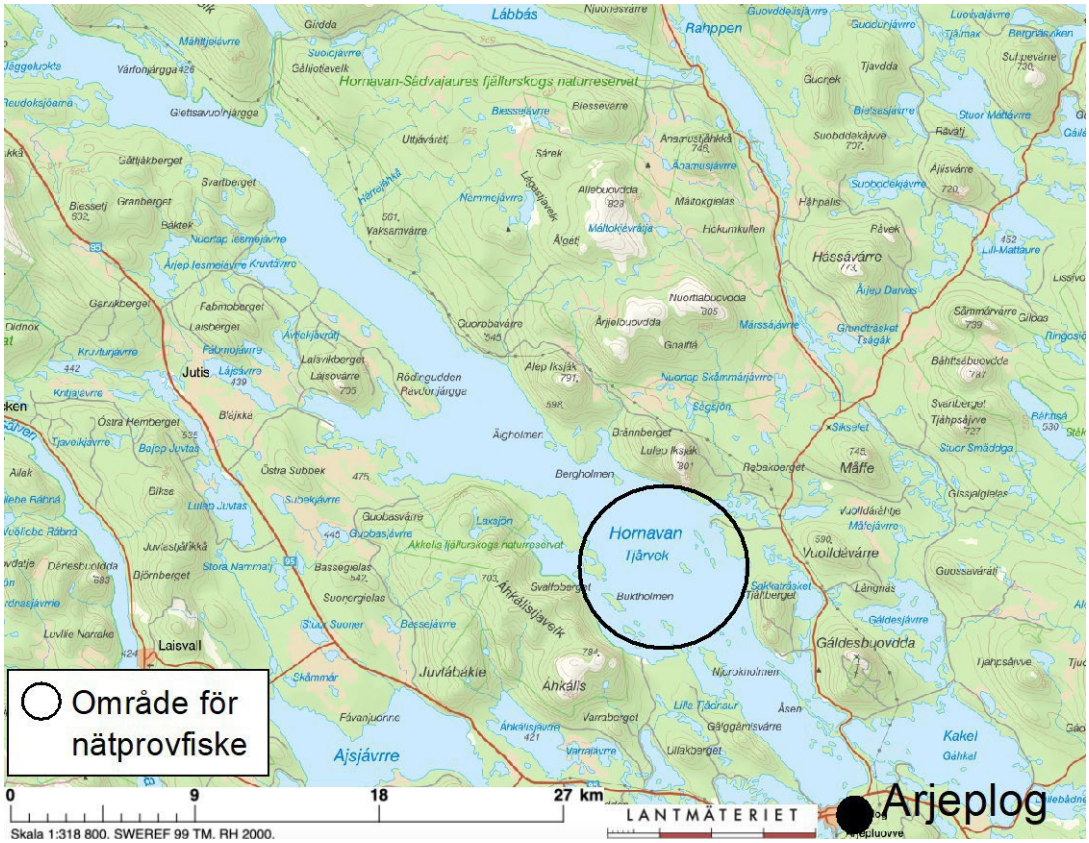
2. Metod och Material

2.1 Undersökningsområde

Sommaren 2024 genomfördes nätprovfiske i två olika vattenkraftsreglerade sjöar i norra Sverige, Hornavan (figur 1) och Storuman (figur 2), båda belägna i Lapplands landskap. En av sjöarna är fiskodlingspåverkad (Storuman) och den andra är i stort sett opåverkad (Hornavan). Antalet abborrar som fiskades från båda sjöarna var totalt 136 stycken. När fiskarna samlades in, dokumenterades deras vikt, längd och könsmognad, därefter togs magsäckarna ut från vardera fisk och ID-märktes med varsin nummerlapp, magsäckarna frystes sedan ner innan vidare analys.

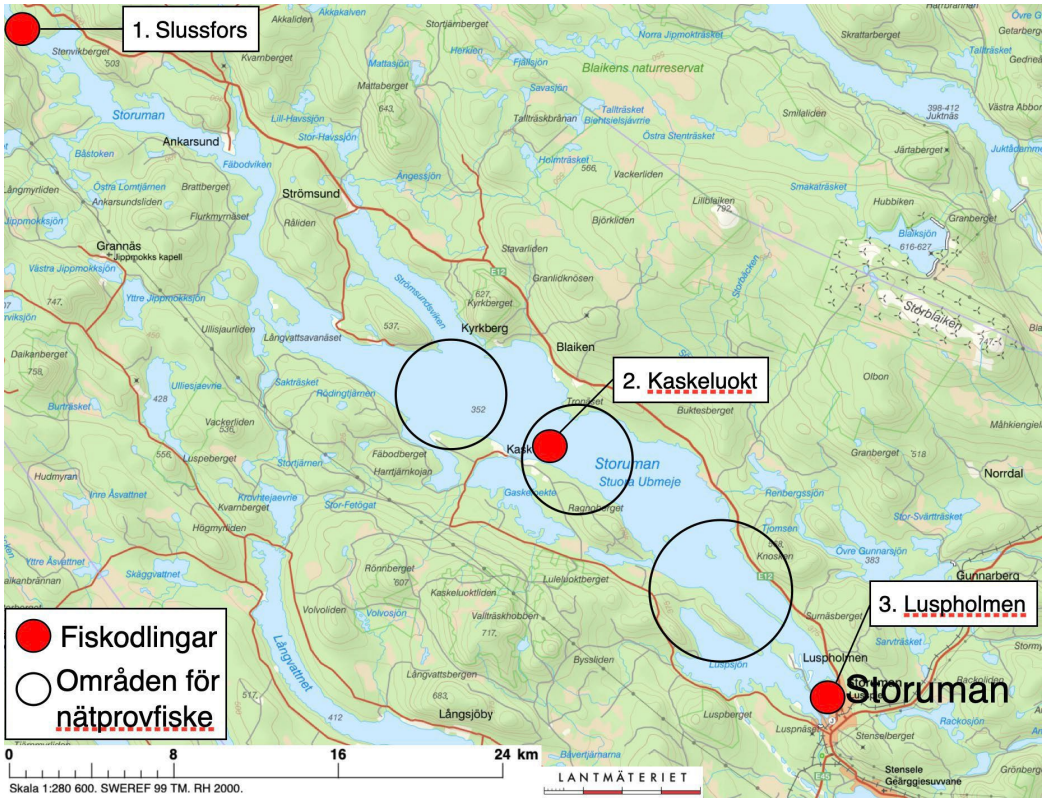
Provfisket genomfördes enligt svensk standard för nätprovfiske, med undantag för vissa nät med större, fasta maskor. I Hornavan sattes 10 flytnät, översiktsnät och nät med fasta maskor mellan 12 och 45 mm samt 52 bottensatta nät, översiktsnät och nät med fast maskor mellan 33 och 66 mm. Varje nät låg ute en natt under 23–26 augusti. I Storuman sattes 40 flytnät och 104 bottensatta nät under två veckor 26 augusti till 6 september. Fisket i Storuman skedde i ett område 10 km uppströms om den mittersta odlingen (Kaskeluokt), vid odlingen och 10 km nedströms odlingen (figur 2). Näten placeras ut på kvällen och togs upp på morgonen, sammanlagt var dom i vattnet cirka 12 timmar. Följande riktdjup användes vid placering av näten: 0m, 8m, 15m, 22,5m, 30m och maxdjup, dock inte djupare är 60 meter. Nätprovfisket skedde med utgångspunkt från odlingen i Kaskeluokt i tre områden: uppströms odlingen, runt odlingen samt nedströms odlingen.

Den i stort sett opåverkade sjön Hornavan är belägen i Arjeplogs kommun och är till ytan cirka 262 kvadratkilometer (Wikipedia 2024). Det har tidigare förekommit odling även i Hornavan men dessa odlingar var väldigt små och är nedlagda sedan länge, de bedöms inte ha någon märkbar påverkan idag. För att kunna bedöma påverkan från fiskodling används Hornavan i denna studie som referenssjö. Sjön valdes ut på grund av dess storlek, vattenkraftsregleringen, att den består av ett liknande fisksamhälle som sjön i Storuman men också på grund av förekomsten av inplanterade mysis, vilka även förekommer i Storuman. De fiskarter som förekommer i sjön är: sik, gädda, abborre, röding, simpa, harr, öring och lake (Wikipedia 2024). Medelvärdet för totalfosfor i sjön är 1,98 µg/l och medelvärdet för lösligt oorganiskt kväve (nitrat, nitrit och ammonium sammanlagt) är 22,87 µg/l.



Figur 1. Område för nätprovfiske i referenssjön Hornavan (Lantmäteriet 2020a).

Den fiskodlingspåverkade sjön Storuman är belägen i Storumans kommun och är till ytan 171 kvadratkilometer (Wikipedia 2022). I sjön odlas främst arten regnbåge men en mindre odling med röding finns i inloppet av sjön i Slussfors. Sjön består av totalt tre kassodlingar som ägs av två olika företag. Kassodlingarna är belägna på tre olika platser i sjön, vid inloppen, i mitten och vid utloppet. Enligt gällande tillstånd och angivna villkor har det företag som äger de två större odlingarna rätt att använda upp till 2400 ton fiskfoder per år. Medelvärdet för totalfosfor i sjön är 2,70 µg/l och medelvärdet för lösligt oorganiskt kväve (nitrat, nitrit och ammonium sammanlagt) är 19,67 µg/l.



Figur 2. Områden för nätprovfiske och fiskodlingarna i Hornavan (Lantmäteriet 2020b).

2.2 Analys av maginnehåll

Alla de 136 frysta magsäckarna tinades upp för analys av maginnehåll. Analysen inleddes med att magsäcken vägdes när den var full, magsäcken öppnades sedan ovanför en petriskål med hjälp av en sax, för att kunna uppskatta hur full magsäcken var. Detta gjordes genom en bedömning av hur magsäcken såg ut innan den var öppnad samt när den var öppnad och angavs i procent 0-100%. När magsäcken var öppnad togs innehållet ur och delades upp i olika kategorier, de olika kategorierna vägdes sedan var för sig i den mån det var möjligt, därefter vägdes även den tomma magsäcken. Maginnehållet delades in i följande kategorier: evertebrater, fisk, oätligt (sten och växtdelar), mysis samt oidentifierbart. Slem från magsäcken, samt sådant som inte kunde delas in i någon annan kategori klassificerades som oidentifierbart. I de fall man inte kunde separera kategorierna helt och mäta dem var för sig så vägdes de tillsammans och vikten beräknades i stället utifrån volymen.

I de fall bytesfisk återfanns i magsäcken genomfördes även en analys av bytesfiskes vikt, nuvarande längd, samt att uppskattad naturlig längd på vardera fisk dokumenterades. Om bytefisken var i tillräckligt gott skick genomfördes även artbestämning. Den del av innehållet i magsäcken som bestod av evertebrater undersöktes närmare i mikroskop för att artbestämma och volymuppskatta dem.

Samtidigt som maginnehållet analyserades, dokumenterades även all information i ett Excel dokument, detta för att sedan kunna undersöka hur dieten skiljer sig, om storleken på abborren när abborren gör sitt nischskifte skiljer sig åt mellan sjöarna, om det är skillnad på mängden maginnehåll i de olika sjöarna, samt om en ökad primärproduktion i fiskodlingsmiljö gör att abborren väljer en mer annan diet.

2.2.1 Identifiering av bytesfisk

Identifiering av de bytefiskar som återfanns i abborrarnas mage och som var i tillräckligt gott skicks gjordes med hjälp av formen på huvudet, kroppen och fenorna, mönstret eller färgen på skinnet eller fenorna, formen på tänderna, formen på magen, färgen på bukhålan, placering på fenorna, formen på otoliterna eller andra specifika karaktärsdrag som till exempel taggarna på ryggen hos småspigg eller taggarna på gällock hos gärs. En vanlig metod för artbestämning av bytesfiskar hos fiskätande fiskar är identifiering av otoliter. Otoliter förekommer hos alla benfiskar och har en karaktäristisk morfologi som varierar hos olika fiskarter, till följd av detta kan denna metod med fördel användas vid artbestämning (Harvey et. al 2000).

2.2.2 Identifiering av evertebrater

De evertebrater som återfanns i magen artbestämdes under mikroskop med hjälp av tilldelat material i form av Powerpoint presentationer som innehöll information och bilder om vanligt förekommande evertebrater i området. I de fall evertebraterna var i så dåligt skick att de komplicerade artbestämningen användes även bestämningslitteratur för att kunna särskilja mer detaljerade karaktärer. Vidare utfördes en uppdelning av de olika kategorierna för att möjliggöra en volymuppskattning i procent av varje kategoris biomassa. Evertebraterna delades in i följande kategorier: gammarus, palasea, mysis, zooplankton; pelagisk eller bentisk, snäckor *(Gastropoda)*, musslor *(Bivalvia)*, dagsländor *(Ephemeroptera)*, nattsländor *(Trichoptera)*, bäcksländor *(Plecoptera)*, skalbaggar *(Coleoptera)*, fjädermyggor *(Chironomidae)*, övriga akvatiska evertebrater, terrestra evertebrater och oidentifierade evertebrater. Evertebraterna delades även in i juvenil eller adult beroende på utvecklingsgrad hos evertebraten.

2.3 Statistik analys

Normalfördelningsdiagram i Minitab genomfördes för data som skulle användas i de statistiska analyserna, detta för att avgöra om data från abborrarna i det olika sjöarna var normalfördelad. Resultaten visade att data inte var normalfördelade då p-värden under 0,05 erhölls. Eftersom värden under 0,05 innebär att man förkastar hypotesen om att värdena är normalfördelade bearbetades värdena ytterligare genom transformering där logaritmering (log(x+0,001)) användes för data som inte

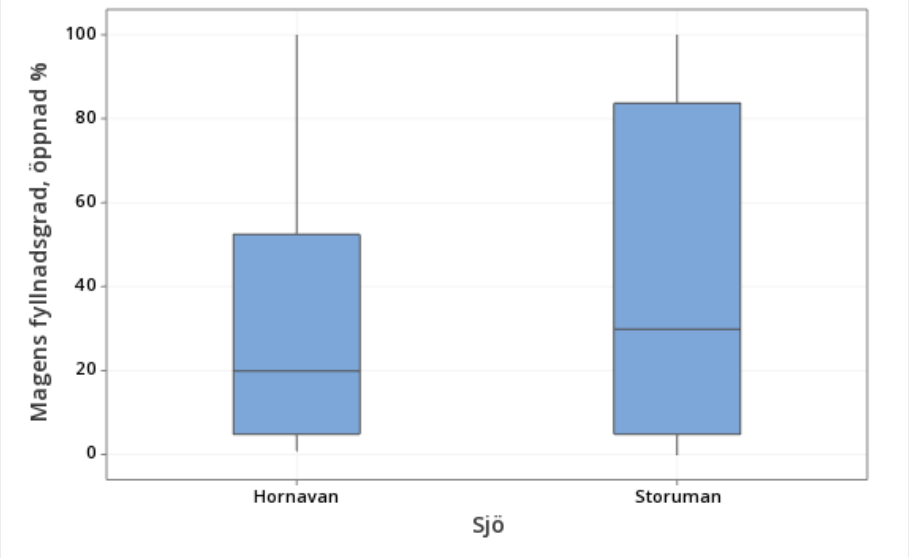
var i procentform och ASIN(SQRT(x)) användes för data angiven i procentform. Trots detta kvarstod avvikelser från normalfördelning i en del av värdena. Eftersom data för längden, vikten av det ätliga innehållet samt vikten för evertebraterna ej uppnådde normalfördelning användes det icke-parametriska testet Mann-Whitney för att analysera längdfördelningen, vikten på det ätliga innehållet i magen samt vikten för evertebraterna hos abborrarna och om det fanns några signifikanta skillnader mellan de olika sjöarna. Signifikans nivån bestämdes till 0,05, detta innebär att resultat med ett p-värde<0,05 påvisar en statistisk signifikant skillnad. För att undersöka vidare om det fanns några statistiska signifikanta skillnader mellan abborrarna i de olika sjöarna genomfördes även en ANOVA- samt en MANOVA-analys.

En ANOVA-analys genomfördes för att undersöka om andelen fisk av det ätliga innehållet i magen i de olika sjöarna skiljde sig åt, om fiskarnas längd hade någon inverkan på andel fisk i magen samt om det fanns någon interaktion mellan sjö och längd. Efter genomförd ANOVA-analys analyserades p-värdet samt f-värdet. P-värdet visade om det fanns någon statistisk signifikant skillnad mellan sjöarna och f-värdet visade förhållandet mellan variationen mellan grupperna och variationen inom grupperna. Slutligen genomfördes en MANOVA-analys för att undersöka om fördelningen av evertebrater i de olika sjöarna skiljde sig åt, även här analyserades p- och f-värdet för att avgöra om någon signifikant skillnad erhölls mellan sjöarna och evertebraterna. Eftersom resultatet visade en signifikant skillnad mellan sjöarna genomfördes även ett post-hoc Tukey test för att undersöka vilka kategorier av evertebraterna som skiljde sig åt. Innan MANOVA-analysen genomfördes behövde vissa kategorier av evertebraterna slås ihop till en och samma kategori, detta eftersom de var för få förekommande individer i vissa kategorier. De kategorier jag slog ihop var terrestra och oidentifierade evertebrater. Eftersom kategorin juvenil dominerade hos de flesta av evertebraterna och för att det var så få i adult-kategorin slogs även dom kategorierna ihop till en och samma. Till exempel slogs (*Chironomidae J*) och *(Chironomidae A)* ihop till *(Chrionomidae).*

3. Resultat och Analys

3.1 Abborrmagarnas fyllnadsgrad, öppnad

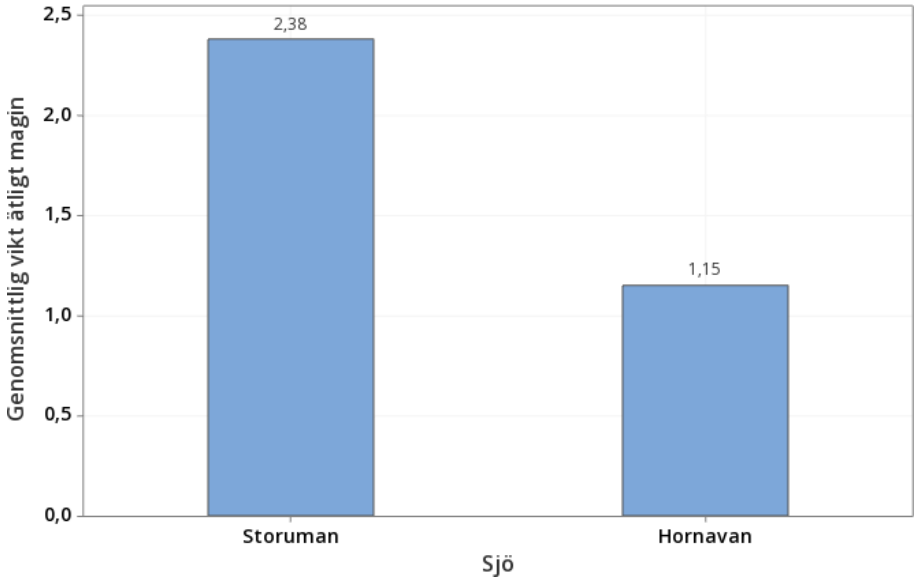
Totalt uppskattades fyllnadsgraden på 80 abborrar i Storuman och 56 abborrar i Hornavan. Medianvärdet för fyllnadsgraden i Storuman är 30%, Q1 och Q3 är 5% och 83,75% (figur 3). Medianvärdet för fyllnadsgraden i Hornavan är 20% och Q1 och Q3 är 5% och 52,5% (figur 3).



Figur 3. Abborrmagarnas fyllnadsgrad uppskattades (0-100%) när magen var öppnad. Storuman (n=80) och Hornavan (n=54).

3.2 Genomsnittlig vikt av ätligt maginnehåll

Data baserades på de abborrar som observerades innehålla de ätliga kategorierna evertebrater samt bytesfisk och vikten i gram på dessa kategorier. De abborrar som hade tomma magar eller innehöll oidentifierat material eller oätbart exkluderas från analysen. Inga foderrester från fiskodlingen hittades i någon av abborrarna. I Storuman var det 69 abborrar och i Hornavan 53. Resultatet från Mann-Whitney analysen visade att det fanns en signifikant skillnad i den totala vikten av ätligt maginnehåll mellan sjöarna (p-värde 0,013). Den totala vikten av ätligt maginnehåll i Storuman var 164,28 gram och i Hornavan 61,11 gram. Den genomsnittliga vikten av det ätliga maginnehållet hos abborrarna i Storuman var 2,38 gram och Hornavan 1,15 gram (figur 4).



Figur 4. Genomsnittlig vikt av ätligt maginnehåll (bytesfisk och evertebrater) i Storuman (n=69) och Hornavan (n=53).

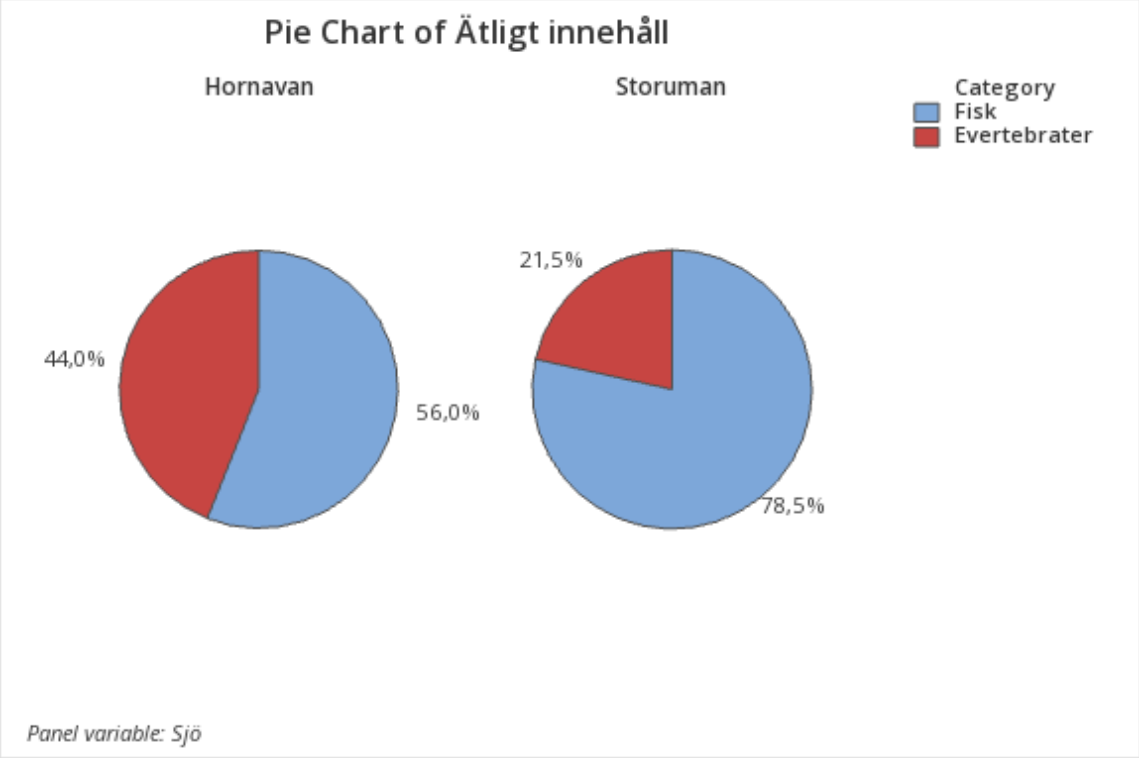
3.3 Andel fisk och evertebrater av ätligt maginnehåll samt abborrarnas längd och andel fisk av ätliga maginnehållet

Det ätliga innehållet i magsäcken hos abborrarna är den del som består av kategorierna evertebrater och bytesfisk, de resterade kategorierna oidentifierbart samt oätligt (stenar och växtdelar) exkluderades i analysen på grund av att de inte utgör ätligt innehåll. I kategorin evertebrater inkluderas även kategorin mysis då andelen mysis var väldigt låg (1,7% viktprocent i Hornavan och 0,8% i Storuman). Totalt observerades 50 stycken fiskätande abborrar av totalt 80 i Storuman och 18 stycken fiskätande abborrar av totalt 56 i Hornavan. I Storuman innehöll 55 abborrar evertebrater och i Hornavan 52. I Hornavan bestod 56% av det ätliga maginnehållet av bytesfisk och 44% av evertebrater, i Storuman bestod 78,5% av bytesfisk och 21,5% av evertebrater (figur 5).

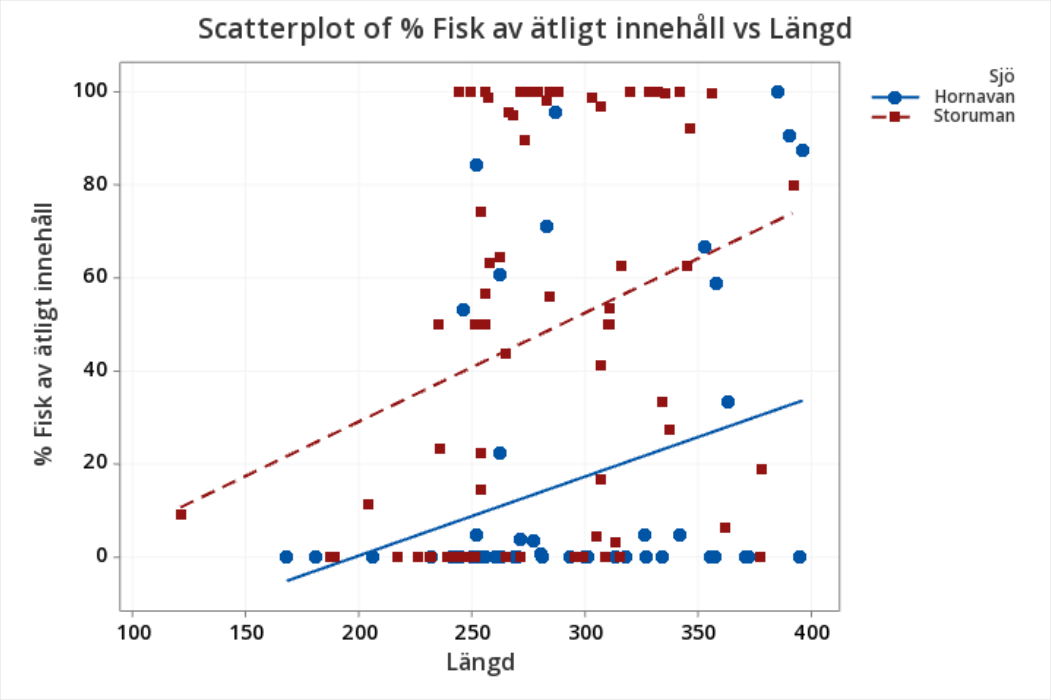
Resultatet är baserat på de individer som hade 0-100% fisk i magen. Resultatet visade stor spridning hos individerna (figur 6) och att i flertalet individer i Storuman uppgick det ätliga innehållet i magen till 100% fisk. Resultatet från ANOVAN (tabell 1) visade att det fanns en signifikant skillnad i andelen bytesfisk mellan sjöarna (p-värde <0,001, f-värde 22,27). Abborrens längd hade också en signifikant påverkan (p-värde 0,007 f-värde 7,48) på andelen bytesfisk i magen, längre abborrar hade mer bytesfisk i magen. Resultatet från interaktionen sjö*längd visade ingen signifikant skillnad mellan sjöarna (p-värde 0,84, f-värde 0,03).

Tabell 1. Resultat från ANOVA: om % fisk av ätliga innehållet i magen i de olika sjöarna skiljde sig åt samt om fiskarnas längd hade någon påverkan på andel fisk i magen.

Grupp	**DF**	**F-värde**	**P-värde**
Längd	1	7,48	0,007*
Sjö	1	22,27	<0,001*



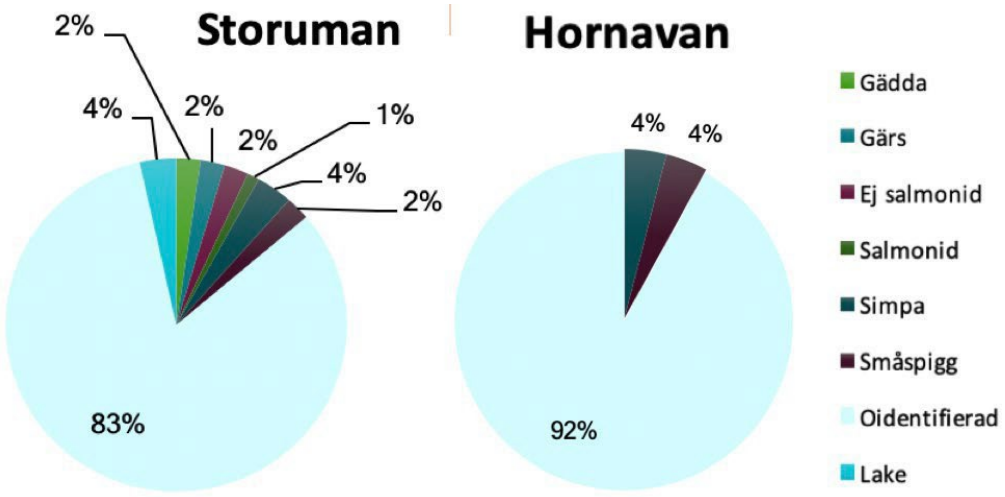
Figur 5. Andel bytesfisk och evertebrater av det ätliga innehållet i magsäcken hos abborrarna i vardera sjö. Storuman (n=68) och Hornavan (n=53).



Figur 6. Förhållandet mellan abborrarnas längd och andel fisk i procent av det ätliga maginnehållet. Varje punkt representerar en enskild abborre. Regressionslinjerna är inte signifikanta.

3.4 Fördelning av identifierade- samt oidentifierade bytesfiskar

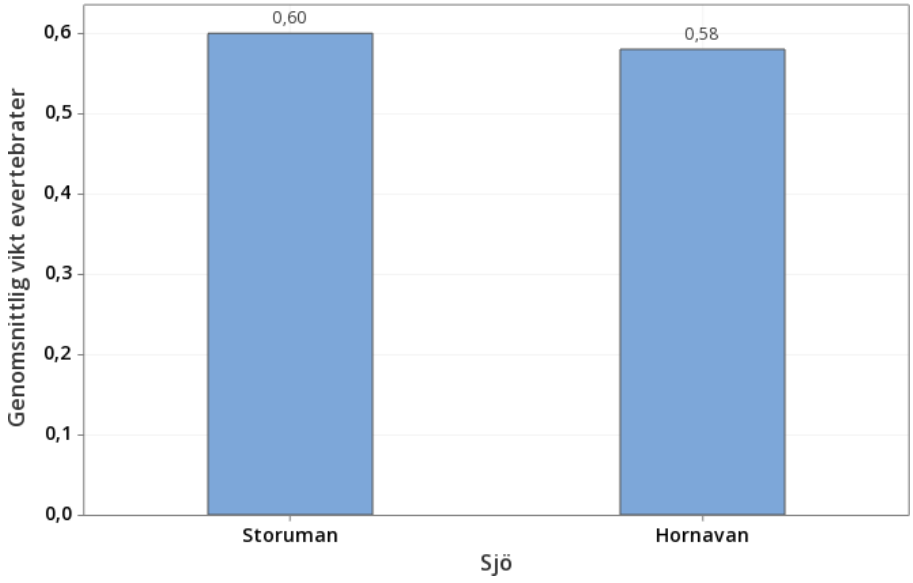
Data baseras på alla fiskätande individer i båda sjöarna, vilket innebär att de individer som ätit flera olika bytesfiskar kan förekomma i flera kategorier. I Storuman förekom 50 fiskätande individer och i Hornavan 18. Majoriteten, 83% samt 92% av den bytesfisk som återfanns i magsäckarna hos abborrarna i Storuman samt Hornavan gick ej att artbestämma. Två av kategorierna som förekom i Storuman gick endast att bestämma som ej salmonid 2% eller salmonid 1% då skicket på bytesfisken var för dåligt. Resterande bytesfiskar som identifierades i Storuman var gädda 2%, gärs 2%, simpa 4%, småspigg 2% (figur 7). I Hornavan identifierades 4% simpa samt 4% småspigg (figur 7).



Figur 7. Fördelning av identifierade- samt oidentifierade bytesfiskar funna i magsäcken från samtliga abborrar. Storuman (n=50) och Hornavan (n=18).

3.5 Genomsnittlig vikt evertebrater

Data baserades på vikten på evertebraterna funna i abborrarnas magsäckar. I Storuman innehöll 55 abborrar evertebrater och i Hornavan 52. Resultatet från Mann-Whitney analysen visade att det inte fanns en signifikant skillnad i den totala vikten av evertebrater i maginnehållet mellan sjöarna (p-värde 0,663). Den totala vikten av evertebraterna i Storuman var 35,36 gram och i Hornavan 30,39 gram. Den genomsnittliga vikten av det evertebraterna i maginnehållet hos abborrarna i Storuman var 0,60 gram och Hornavan 0,58 gram (figur 8).

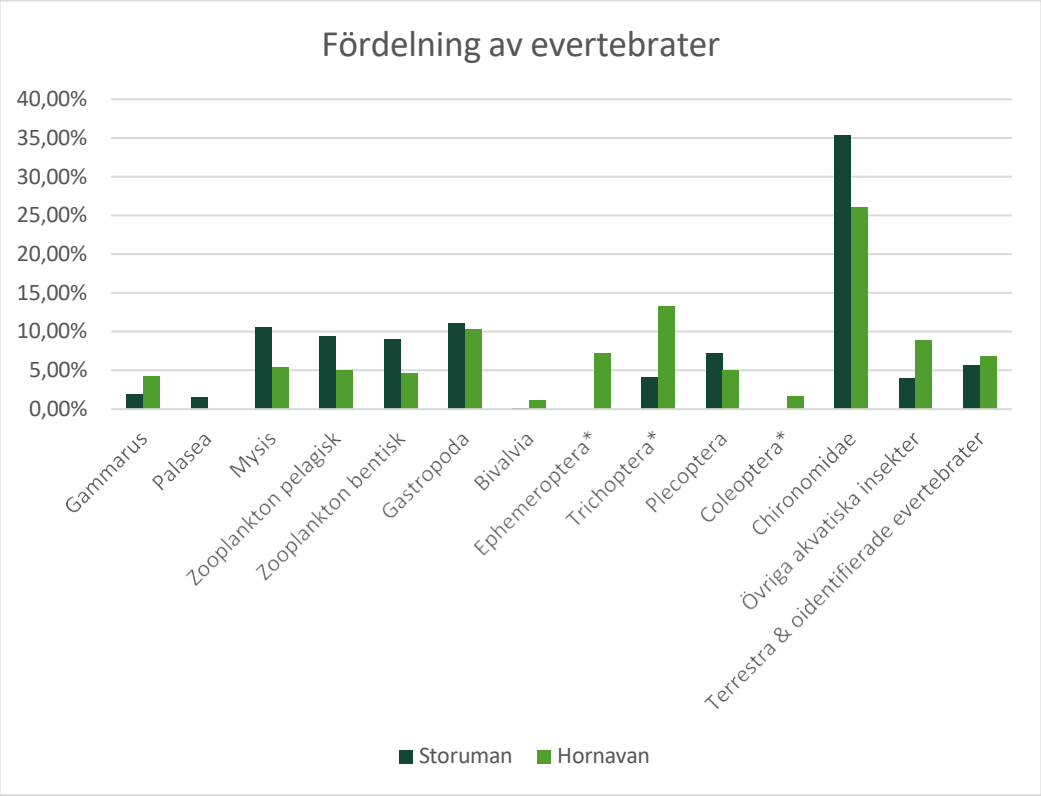


Figur 8. Genomsnittlig vikt (gram) av totala mängden evertebrater funna i abborrarnas magsäckar. Storuman (n=55), Hornavan (n=52).

3.6 Fördelning av evertebrater

Analysen baserade sig på fördelningen av evertebraterna som återfanns i magsäckarna hos abborrarna i de olika sjöarna. I Storuman innehöll 55 abborrar evertebrater och i Hornavan 52. I Storuman förekom följande fördelning: gammarus 2,0%, palasea 1,6%, mysis 10,6%, zooplankton pelagiska 9,3%, zooplankton bentiska 9,0%, snäckor (*Gastropoda)* 11,1%, musslor *(Bivalvia)* 0,1%, dagsländor *(Ephemeroptera)* 0%, nattsländor *(Trichoptera)* 4,1%, bäcksländor *(Plecoptera)* 7,3%, skalbaggar *(Coleoptera)* 0%, fjädermyggor *(Chironomidae)* 35,4%, övriga akvatiska insekter 4,0% och terrestra samt oidentifierade evertebrater 5,6% (figur 9). I Hornavan förekom följande fördelning: gammarus 4,3%, palasea 0%, mysis 5,4%, zooplankton pelagiska 5,1%, zooplankton bentiska 4,7%, snäckor *(Gastropoda)* 10,3%, musslor *(Bivalvia)* 1,2%, dagsländor *(Ephemeroptera)* 7,2%, nattsländor *(Trichoptera)* 13,3%, bäcksländor *(Plecoptera)* 5,0%, skalbaggar *(Coleoptera)* 1,7%, fjädermyggor *(Chironomidae)* 26,1%, övriga akvatiska insekter 8,9% och terrestra samt oidentifierade evertebrater 6,9% (figur 9).

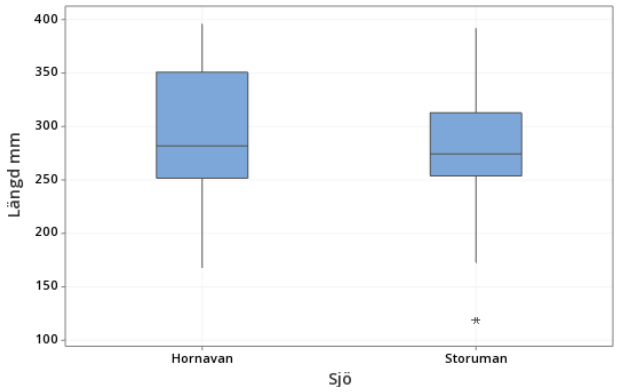
Det fanns en signifikant skillnad i fördelningen av evertebraterna i abborrmagarna i de olika sjöarna (bilaga 1, MANOVA, p-värde 0,004, f-värde 14,92). I Hornavan hade abborrarna ätit mer av kategorierna dagsländor *(Ephemeroptera)*, nattsländor *(Trichoptera)* och skalbaggar *(Coleoptera)* jämfört med abborrarna i Storuman (figur 9, bilaga 1).



*Figur 9. Fördelning av evertebrater funna i magsäcken hos samtliga abborrar från båda sjöarna. Storuman (n=55) och Hornavan (n=52). Signifikanta kategorier är markerade med *.*

3.7 Längdfördelning hos abborrarna

Totalt fångades 56 abborrar i Hornavan och 80 i Storuman. Medianfisken i Hornavan var 282 mm och 275 mm i Storuman. Resultatet från Mann-Whitney visade att det inte fanns någon skillnad i längd mellan abborrarna från de olika sjöarna (p-värde 0,28). I Hornavan varierade abborrarnas längd mellan 350,75 mm och 252 mm och i Storuman varierade abborrarnas längd mellan 313 mm och 254 mm, förutom en avvikande abborre som var 120 mm (figur 10).



Figur 10. Längdfördelning hos abborrarna i vardera sjö. Medianvärdet i Hornavan n=56 är 282 mm, i Storuman n=80 är det 274,5 mm.

4. Diskussion och slutsats

Syftet med denna studie var att undersöka vilken inverkan kassodlingar har på näringsfattiga sjöar och hur det i sin tur påverkar abborrens diet. Resultatet från analyserna visade att det fanns signifikanta skillnader mellan sjöarna i abborrens diet, vilket kan vara till följd av fiskodling. Skillnaderna i denna studie indikerar att det sker ekologiska förändringar i den sjö som är påverkad av extra näringstillförsel och resultaten i studien bekräftar en del av den påverkan från fiskodling man sett i tidigare studier. En skillnad i dieten sågs mellan abborrarna i de olika sjöarna i denna studie. Abborrarna i den näringspåverkade sjön Storuman hade en högre konsumtion av föda samt att det fanns en skillnad i dieten, där abborrarna i Storuman åt mer fisk än abborrarna i Hornavan (figur 5, 7, 9). Något som stödjer detta är att liknande förändringar även kunde ses i Kliemann et al. (2022) studie, där det också undersöktes om det fanns skillnader i dieten hos de vilda fiskarna som var påverkade av fiskodlingen. I studien fann man att det fanns en skillnad i val av föda hos 7 av 9 arter som analyserades samt att de fiskar som redan konsumerade fisk konsumerade en ännu större mängd fisk till följd av fiskodling.

Enligt majoriteten av tidigare studier (Rennie et al. 2019; Rydin et al. 2000; Paterson et al. 2010) resulterar den extra tillförsel av näringsämnen i en ökad biomassa av växtplankton, vilket i sin tur kan resultera i förändringar i näringsväven. Även om primärproduktion eller växtplanktonens biomassa specifikt inte mättes i denna studie, tyder resultaten på att en sådan förändring har skett och resultaten överensstämmer till viss del med vad tidigare forskning visat för påverkan av näringstillförsel. De skillnader som observerades i mängden maginnehåll för abborrarna i de olika sjöarna var att abborrmagarna i den fiskodlingspåverkade sjön Storuman hade 10% högre fyllnadsgrad än i Hornavan (figur 3). Abborrarna i Storuman hade även en högre totalvikt av det ätliga maginnehållet och den genomsnittliga vikten på det ätbara i magen var mer än dubbelt så hög i Storuman än Hornavan (figur 4). Att abborrarna i Storuman konsumerade en högre andel föda beror troligtvis på att det finns mer föda att tillgå i Storuman på grund av den ökade primärproduktionen i sjön. Detta överensstämmer med vad (Lienesch et al. 2005) studie visade, där tillgången på föda ökade i samband med en ökad produktivitet i sjön.

Fisk dominerade i det ätliga maginnehållet hos abborrarna i båda sjöarna men analysen visade att resultatet var signifikant och att det konsumerades mer fisk i Storuman än Hornavan (figur 5). Detta skulle kunna tyda på att fiskodlingen kan ha bidragit till en ökad förekomst av bytesfisk. Liknande fynd observerades i Rennie et al. (2019) studie, där man såg en ökning av bytesfiskar som till exempel simpa *(Cottus cognatus)* och elrista *(Phoxinus phoxinus)* till följd av en ökad produktion

i sjön. I Kliemann et al. 2022 studie fann man även att fiskar och musslor dras till områden med kassodling för exempelvis sök av skydd eller tillgång på föda, vilket i sin tur gynnar de andra vilda fiskarna med tanke på att födotillgången ökar. En ytterligare analys som styrker hypotesen att fiskodling kan ha bidragit till en ökad förekomst av fisk, är att det var fler arter av bytesfiskar i Storuman än Hornavan (figur 7). Dock var majoritet av bytesfiskarna oidentifierade i både Storuman och Hornavan och därför saknades en stor del av data och det förblir okänt hur fördelningen hade sett ut om fler fiskar varit identifierade.

Vid undersökning av den genomsnittliga vikten för evertebraterna i magen observerades ingen skillnad mellan sjöarna (figur 8). Den genomsnittliga vikten av evertebraterna i magarna skiljde sig endast med 0,2 gram mellan sjöarna. Däremot observerades en skillnad i förekomsten av olika arter av evertebrater i maginnehållet hos abborrarna (figur 9). Det fanns en tydlig skillnad i förekomsten av grupperna dagsländor *(Ephemeroptera)*, nattsländor *(Trichoptera)* och skalbaggar *(Coleoptera)* mellan sjöarna. (*Ephemeroptera*) och *(Coleoptera*) förekom endast i abborrarna från Hornavan, *(Trichoptera)* förekom hos abborrarna i båda sjöarna men det konsumerades mer av dem i Hornavan. Skillnaden i förekomst av evertebraterna i sjöarna kan vara ett resultat av att näringstillförsel från fiskodlingen påverkar artsammansättningen. Något som styrker detta är att tidigare studier har visat att diversiteten (Lima et al. 2019) och abundansen (Rennie et al. 2019) av bentiska evertebrater kan minska till följd av en försämring av syrehalten i bottenmiljöer. En sådan försämring kan uppstå till följd av den ökade primärproduktion som en följd av nedbrytningen av döda ökade växtplankton. Särskilt dagsländor (*Ephemeroptera*) kan minska i sjöar som påverkas av extra näringstillförsel (Namin et al. 2013) och i Mwebaza-Ndawula et al. 2013 studie förekom dagsländor (*Ephemeroptera*) inte alls i anslutning till fiskodlingen samtidigt som andra mer toleranta arter dominerade. Dagsländor (*Ephemeroptera*) är precis som mysis känsliga för en försämrad syrehalt och föroreningar (Namin et al. 2013). Ingen signifikant skillnad erhöll dock i kategorin mysis. En viktig sak att ha i åtanke är att storleken på de olika sjöarna som undersökts, både referenssjön Hornavan och den fiskodlingspåverkade sjön Storuman är relativt stora om man jämfört med andra sjöar i tidigare internationella studier. Till exempel är den i Rennie et al. (2019) studie 0,23 kvadratkilometer vilket endast motsvarar 0,13% av Storumans storlek. Detta kan innebära att effekterna från fiskodling i dessa studier därför är mer signifikant än resultatet som erhölls i denna studie. Det är dock svårt att dra några säkra slutsatser baserat på storleksskillnaden då även exempelvis morfologi och miljöförhållanden har betydelse för hur fiskodling påverkar ekosystemet.

Det ontogenetiska nischskiftet som abborren genomgår under sin utveckling från juvenil till adult undersöktes främst utifrån abborranas längd i förhållande till andel bytesfisk av det totala maginnehållet i abborrmagarna (figur 6). Men även om ANOVAN visade att längre abborrar har mer fisk i magen, så var påverkan av längd inte särskilt stor (figur 5), och i den statistiska modellen var interaktionen sjö*längd inte signifikant (figur 5). Utifrån det kan jag dra slutsatsen att påverkan av längd inte skiljer sig mellan de båda sjöarna, och att det därmed inte finns någon skillnad i när det ontogenetiska nischskiftet sker. Spridningen av data var stor och antalet fiskätande individer i Hornavan var låg. Hade studien innehållet dubbelt så många fiskar hade det kanske kunnat gå att klarlägga eventuella skillnader mellan sjöarna med avseende på nischskiftet. I studien togs heller ingen hänsyn till andra faktorer till exempel predationsrisk eller konkurrens från andra fiskar som också visat sig påverka tidpunkten för nischskiftet (Hjelm et al. 2000). Konkurrens från andra arter på exempelvis zooplankton har i tidigare studier visat sig leda till att abborren kan tvingas till att genomföra ett tidigare nischskifte från zooplankton till bentiska evertebrater (Persson & Greenberg 1990). Eftersom denna studie inte undersökte sådana interaktioner, går det inte att uttala sig om konkurrens från andra arter eller predation kan ha påverkat resultatet.

Slutligen undersöktes längdfördelningen hos abborren i de olika sjöarna, resultatet visade att det inte fanns någon skillnad mellan sjöar (figur 10). Att längden för abborrarna i de olika sjöarna inte skiljde sig åt innebar att jag på ett relativt enkelt sätt kunde göra en tillförlitlig jämförelse av dieten utan att inkludera längd i alla statistiska analyser.

4.1 Felkällor och inför framtida studier

Eventuella felkällor i denna studie som kan ha bidragit till det resultat som erhölls kan vara att procentfördelningen av evertebrater i dieten uppskattades med ögonmått. Även om detta är en vanligt förekommande metod kan resultatet av uppskattningen påverkas av personen som utför uppskattningen (Mango 2016). I denna studie skulle detta kunna innebära att skillnaden mellan sjöar egentligen är signifikant för fler grupper av evertebrater än vad resultat från denna studie visade. Viktigt att nämna är också att även om det fiskades upp 136 abborrar så gick det ej att använda alla i samtliga tester, vissa exkluderades då de till exempel saknade längd eller data i någon kategori.

Om studien hade pågått under en längre tid hade det eventuellt funnits möjlighet att även analysera eller ta del av analysresultat från otoliterna, med en djupare analys av otoliterna skulle även en åldersbestämning av abborrarna kunna utföras (Sveriges lantbruk universitet 2025). Något som hade varit till hjälp för att avgöra vid vilken ålder abborrarna genomför det ontogenetiska nischskiftet, i denna studie

baserades frågeställningen om nischskiftet främst på data från abborranas längd, vilket är acceptabelt att använda, men för en mer djupare analys hade även åldersbestämning på abborrarna varit betydelsefull. Likaså hade en djupare analys av andra faser i det ontogenetiska nischskiftet varit fördelaktigt att undersöka, till exempel en djupare analys av bentiska/pelagiska zooplankton i dieten. På grund av tidsbrist baserades analysen av det ontogenetiska nischskiftet i denna studie endast på andelen bytesfisk i abborrarnas mage.

För framtida studier inom ämnet hade det även varit till fördel att inkludera fler arter. Detta eftersom studier visat att olika arter påverkas på olika sätt (Rennie et al. 2019). En studie som inkluderar fler arter hade bidragit till ett mer tillförlitligt studieresultat och en bredare förståelse för de ekologiska effekterna.

4.2 Slutsats

Denna studie visar att fiskodling i form av öppen kassodling kan ha påverkan på näringsfattiga sjöar som i sin tur kan påverka abborrens diet. Studien indikerar att sjön Storuman är påverkad av den extra näringstillförseln som tillkommer till följd av fiskodlingen. Som resultat av näringstillförseln från fiskodlingen ökade abborrarna i Storuman sin konsumtion av föda, troligtvis på grund av en ökad födotillgång till följd av en högre produktion i sjön. Abborrarna i Storuman konsumerade även en högre andel fisk än de i Hornavan, förmodligen för att det fanns mer fisk att tillgå och för att andra grupper, till exempelvis vissa bentiska evertebrater minskade till följd av fiskodlingen. Ingen skillnad i när nischskiftet genomfördes kunde observeras i denna studie. Denna studie har bidragit till viktig information om vilken påverkan fiskodling har på näringsfattiga sjöar och hur det kan förändra näringsväven. Trots att abborrarna i Storuman till synes hade fullare magar och åt mer fisk, så påverkade detta inte abborrarna s storlek.

Referenser

Agstam, O., Nilsson, J., Carlberg, H., Huser, B. & Futter, M. (2023). *Ökad kunskap om kassodlingens miljöeffekter med fokus på fosfor.* (2023:9). Institutionen för vatten och miljö, Sveriges lantbruksuniversitet. https://res.slu.se/id/publ/122305

Bergström, A.-K., Deininger, A., Jonsson, A., Karlsson, J. & Vrede, T. 2021. Effects of nitrogen enrichment on zooplankton biomass and N:P recycling ratios across a DOC gradient in northern-latitude lakes. *Hydrobiologia.* 848, 4991-5010. https://doi.org/10.1007/s10750-021-04689-5

Deininger, A., Faithfull, C.L., Karlsson, J., Klaus, M. & Bergström, A.-K. 2017. Pelagic food web response to whole lake N fertilization. *Limnology and oceanography*. 62, 1498–1511. https://doi.org/10.1002/lno.10513

Fürst, M., Hmmar, J., & Hill, C. (1986). *Inplantering av nya näringsdjur i reglerade sjöar.* Slutrapport från FÅK del II. Institute of Freshwater Research, Swedish Board of Fisheries. https://www.researchgate.net/publication/264267804

Harvey, J., Loughlin, T., Perez, M. & Oxman, D. (2000). *Relationship between Fish Size and Otolith Length for 63 Species of Fishes from the Eastern North Pacific Ocean.* (NOAA Technical Report NMFS 150. U.S). Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration. https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/3159

Helland, I.P., Johnsen, S.I. & Eloranta, A.P. (2019). *Towards environmental design in hydropower reservoirs - Developing a handbook for mitigation measures in regulated lakes.* Norwegian Research Centre for Hydropower Technology. http://hdl.handle.net/11250/2631787

Hirsch, P.E., Eloranta, A.P., Amundsen, P.-A., Brabrand, Å., Charmasson, J., Helland, I.P., Power, M., Sánchez-Hernández, J., Sandlund, O.T., Sauterleute, J.F., Skoglund, S., Ugedal, O. & Yang, H. (2017). Effects of water level regulation in alpine hydropower reservoirs: an ecosystem perspective with a special emphasis on fish. *Hydrobiologia*. 794, 287–301. https://doi.org/10.1007/s10750-017-3105-7

Hjelm, J., Persson, L. & Christensen, B. (2000). Growth, morphological variation and ontogenetic niche shifts in perch (Perca fluviatilis) in relation to resource availability. *Oecologia*. 122, 190-199. https://doi.org/10.1007/PL00008846

Huser, B.J., Futter, M.N., Bogan, D., Brittain, J.E., Culp, J.M., Goedkoop, W., Gribovskaya, I., Karlsson, J., Lau, D.C.P., Rühland, K.M., Schartau, A.K., Shaftel, R., Smol, J.P., Vrede, T. & Lento, J. (2022). Spatial and temporal variation in Arctic freshwater chemistry—Reflecting climate-induced landscape alterations and a changing template for biodiversity. Freshwater biology. 67, 14–29. https://doi.org/10.1111/fwb.13645.

Isles, P.D.F., Creed, I.F. & Bergström, A. (2018). Recent Synchronous Declines in DIN:TP in Swedish Lakes. *Global biogeochemical cycles*. 32, 208–225. https://doi.org/10.1002/2017GB005722

Jordbruksverket (2024). Vattenbruk (2023). Jordbruksverket https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2024-08-15-vattenbruk-2023

Kause, A., Nousiainen, A. & Koskinen, H. (2022). Improvement in feed efficiency and reduction in nutrient loading from rainbow trout farms: the role of selective breeding. *Journal of animal science*. 100. https://doi.org/10.1093/jas/skac214

Kennedy, P.J., Blanchfield, P.J., Kidd, K.A., Paterson, M.J., Podemski, C.L. & Rennie, M.D. 2019. Changes in the condition, early growth, and trophic position of lake trout (Salvelinus namaycush) in response to an experimental aquaculture operation. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*. 76, 1376–1387. https://doi.org/10.1139/cjfas-2017-0578

Kiessling, A. & Futter, M. (2023). *Fiskodling i norr en livsmedelsproduktion med miljöpotential* (Rapport Institutionen för husdjurens utfodring och vård 2023:309) Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet. https://res.slu.se/id/publ/122355

Kliemann, B.C.K., Delariva, R.L., de Oliveira Manoel, L., dos Santos Silva, A.P., Veríssimo-Silveira, R. & Ramos, I.P. (2022). Do cage fish farms promote interference in the trophic niche of wild fish in neotropical reservoir? *Fisheries research*. 248, 106198-. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.106198

Lantmäteriet (2020a). *SWEREF 99 TM, N 7342416 E 622311*, *RH 2000*. Karta [Kartografiskt material] https://minkarta.lantmateriet.se [2025-05-05]

Lantmäteriet (2020b). *SWEREF 99 TM, N 7233620 E 589324, RH 2000*. Karta [Kartografiskt material] https://minkarta.lantmateriet.se [2025-05-05]

Lienesch, P.W., McDonald, M.E., Hershey, A.E., O'Brien, W.J. & Bettez, N.D. (2005). Effects of a Whole-lake, Experimental Fertilization on Lake Trout in a Small Oligotrophic Arctic Lake. *Hydrobiologia*. 548, 51–66. https://doi.org/10.1007/s10750-005-3620-9

Lima, L.S., Pinto, T.K., Brandão, B. de C.S., Santos, W., Hamilton, S., Domingues, E.C., Klein, A.P., Schettini, C.A., Poersch, L.H. & Cavalli, R.O. (2019). Impact of cage farming of cobia (Rachycentron canadum) on the benthic macrofauna in a tropical region. *Aquaculture*. 512, 734314- https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734314

Manko, P. (2016). *Stomach content analysis in freshwater fish feeding ecology.* Vydavateľstvo Prešovskej univerzity. ISBN: 978-80-555-1613-4.

Munguti, J.M., Kirimi, J.G., Obiero, K.O., Ogello, E.O., Kyule, D.N., Liti, D.M. & Musalia, L.M. (2020). Aqua-Feed Wastes: Impact on Natural Systems and Practical Mitigations—A Review. *Journal of agricultural science (Toronto)*. 13, 111-. https:/doi.org/10.5539/jas.v13n1p111

Mwebaza-Ndawula, L., Kiggundu, V., Magezi, G., Naluwayiro, J., Gandhi-Pabire, W. & Ocaya, H. (2013). Effects of cage fish culture on water quality and selected biological communities in northern Lake Victoria, Uganda. *Uganda journal of agricultural sciences.* 14, 61–75. https://doi.org/10.4314/UJAS.V14I2

Myrstener, M., Fork, M.L., Bergström, A.-K., Puts, I.C., Hauptmann, D., Isles, P.D.F., Burrows, R.M. & Sponseller, R.A. (2022). Resolving the Drivers of Algal Nutrient Limitation from Boreal to Arctic Lakes and Streams. *Ecosystems (New York)*. 25, 1682–1699. https://doi.org/10.1007/s10021-022-00759-4

Namin, J.I., Sharifinia, M. & Makrani, A.B. (2013). Assessment of fish farm effluents on macroinvertebrates based on biological indices in Tajan River (north Iran). *Caspian journal of environmental sciences*. 11, 29–39. https://cjes.guilan.ac.ir/article_1107.html

Paterson, M.J., Podemski, C.L., Findlay, W.J., Findlay, D.L. & Salki, A.G. (2010). The response of zooplankton in a whole-lake experiment on the effects of a cage aquaculture operation for rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*. 67(11), 1852–1861. https://doi.org/10.1139/F10-106

Persson, L., & Greenberg, L. A. (1990). Juvenile Competitive Bottlenecks: The Perch (Perca Fluviatilis)-Roach (Rutilus Rutilus) Interaction. *Ecology*, 71, 44–56. https://doi.org/10.2307/1940246

Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegaard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E. & Stromberg, J.C. (1997). The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. *Bioscience*. 47, 769–784. https://doi.org/10.2307/1313099

Rennie, M.D., Kennedy, P.J., Mills, K.H., Rodgers, C.M.C., Charles, C., Hrenchuk, L.E., Chalanchuk, S., Blanchfield, P.J., Paterson, M.J. & Podemski, C.L. 2019. Impacts of freshwater aquaculture on fish communities: A whole-ecosystem experimental approach. *Freshwater biology*. 64, 870–885. https://doi.org/10.1111/fwb.13269

Rydin, E., Vrede, T., Persson, J., Holmgren, S., Jansson, M., Tranvik, L. & Milbrink, G. (2008). Compensatory nutrient enrichment in an oligotrophicated mountain reservoir – effects and fate of added nutrients. *Aquatic sciences*. 70, 323–336. https://doi.org/10.1007/s00027-008-8061-x

Stockner, J.G., Rydin, E. & Hyenstrand, P. (2000). Cultural Oligotrophication: Causes and Consequences for Fisheries Resources. *Fisheries (Bethesda)*. 25, 7–14. https://doi.org/10.1577/1548-8446(2000)025<0007:CO>2.0.CO;2

Sveriges lantbruksuniversitet. (2025). *Åldersanalys av fisk*. https://www.slu.se/institutioner/akvatiska-resurser/miljoanalys/individniva1/Aldersanalys-av-fisk/ [2020-05-07]

Tsagaraki, T.M., Pitta, P., Frangoulis, C., Petihakis, G. & Karakassis, I. (2013). Plankton response to nutrient enrichment is maximized at intermediate distances from fish farms. *Marine ecology.* 493, 31-42. https://doi.org/10.3354/meps10520.

Wikipedia (2022). Storuman (sjö). //sv.wikipedia.org/w/index.php?title=Storuman_(sj%C3%B6)&oldid=50186406

Wikipedia (2024). Hornavan. //sv.wikipedia.org/w/index.php?title=Hornavan&oldid=55029081

Östman, Ö., Beier, U., Bergek, S. & Hentati Sundberg, J. (2016). *Beståndsstatus hos abborre, gädda, sik och gös i de stora sjöarna och längs kusten*. Rapport på uppdrag av WWF. https://res.slu.se/id/publ/86718

Tack

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Karin Nilsson och min biträdande handledare Maria Myrstener för ert stora engagemang och för att ni har stöttat mig genom hela processen, från uppstarten till det färdigställda examensarbetet. Jag vill även tacka min biträdande handledare Gunnar Öhlund för den värdefulla fiskexpertisen, samt övriga forskare som har varit delaktiga och bidragit med kunskap vid analysen av innehållet i abborrmagarna. Det har varit både givande och lärorikt att få vara en del av ert forskarteam.

Bilaga 1

Resultat från statistiska analyser (MANOVA och Post hoc tukey test) genomförda för att undersöka hur fördelningen av evertebrater i abborranas mage skiljde sig mellan sjöarna. Signifikansnivån bestämdes till 0,05. Signifikant resultat visas med * i tabellen.

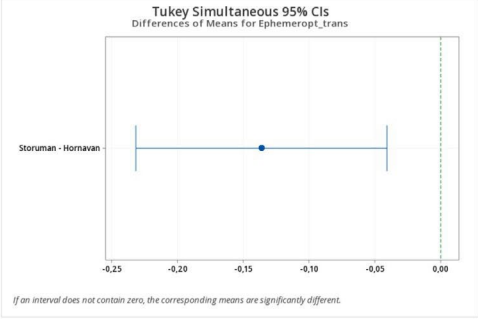
MANOVA	**F-värde**	**P-värde**
Walks	2,556	0,004*
Lawley-Hotellning	2,556	0,004*
Pillais	2,556	0,004*

Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sjö	N	Mean	Grouping
Hornavan	52	0,1362	A
Storuman	55	0,000000	B

Means that do not share a letter are significantly different.

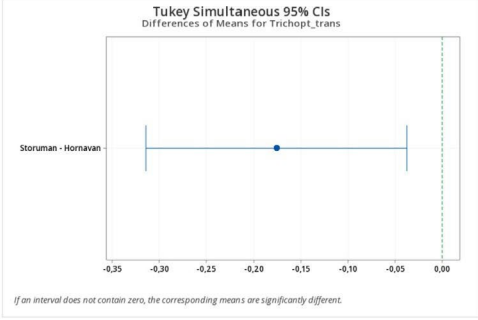


Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sjö	N	Mean	Grouping
Hornavan	52	0,2389	A
Storuman	55	0,0630	B

Means that do not share a letter are significantly different.

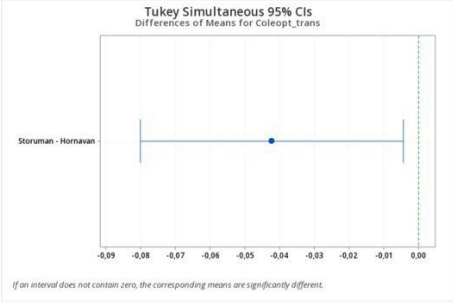


Tukey Pairwise Comparisons

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Sjö	N	Mean	Grouping
Hornavan	52	0,0422	A
Storuman	55	0,000000	B

Means that do not share a letter are significantly different.



Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316

☒ JA, jag, Martine Omark har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta