UMEÅ UNIVERSITET

Historiska torvtäkter och nutida sedimentkemi:

En undersökning av sedimentkvalitet i Håsjön, Håtjärnen och främst Yttersjön

Angelica Holmgren

Examensarbete i geovetenskap, 15hp

Kandidatprogrammet i biologi och geovetenskap, inriktning geovetenskap 180 hp

Vt 2024

Historical peat mining and contemporary sediment chemistry: An investigation of sediment quality in Håsjön, Håtjärnen and primarily Yttersjön

Abstract

This study aimed to investigate the influence of historical peat mining on current sedimentation and sediment quality in Håtjärnen, Håsjön and primarily Yttersjön. One sediment sample were collected from Håtjärnen and from Håsjön, along with 23 additional samples from Yttersjön. Sampling sites in Yttersjön were strategically located from upstream to downstream, near an inlet draining the nearest peat mining site, to assess its impact on sediment composition. This study analyzed subaqueous sediments, which consists of three constituents: minerogenic material, organic material (OM), and biogenic silica (Si). The sediment geochemistry was analyzed through loss on ignition, X-ray fluorescence, Near Infrared spectroscopy, Si/Al-ratio and lastly C/N ratio serving as a proxy for the origin of OM. No patterns in variation were observed in OM, Si/Al ratio, chlorophyll content, or C/N ratios between the upstream and downstream samples in Yttersjön, suggesting that the peat drainage inlet has a negligible impact on the sediment composition. In comparison, Håtjärnen and Håsjön displayed similar compositions of the sediment. An earlier study conducted in this area reported high sediment accumulation rates for the lakes investigated, as well as a substantial organic composition that included peat residues. These new findings, which contradict the earlier study, highlights the importance of analyzing all constituents of sediment to obtain a comprehensive understanding of the sediment composition.

Key-words: *Peat mining, lake sediment, geochemical analyses, organic matter*

Innehåll

1 Inledning **1**

2 Metod **3**

2.1 Studieområde och provtagning 3

2.2 Analyser 5

2.3 Data och statistiska analyser 6

3 Resultat **6**

4 Diskussion **10**

4.1 Bulkdensitet och LOI 10

4.2 Geokemi 10

4.3 Klorofyll och Si/Al 11

4.4 C/N 11

4.5 Slutsatser 13

Tack **13**

Referenser **14**

Bilaga 1 .....

1 Inledning

Subakvatiska sediment bildas när sedimentation sker vid sjöbotten (Zolitschka et al. 2015) och består av 3 huvudkomponenter, minerogent material, organiskt material (OM) från det som produceras i sjön och tillkommit via avrinningsområdet, samt biogent kisel (Si) (Tolu et al. 2017). Med hänsyn till det organiska materialets ursprung delas det in i autoktont och alloktont material. Autokton produktion är material som härrör från sjön medan alloktont material tillkommer från avrinningsområdet eller luftburet (Korsman et al. 1999; Wetzel 2001). Den kemiska sammansättningen av alloktont material varierar vilket beror på dess ursprung i avrinningsområdet. Påverkan av sammansättningen kan innefatta vegetationstyp, markanvändning samt andra punktkällor (Korsman et al. 1999). Mängden alloktont material som kan tillföras och sedimenteras beror av väder (vind och nederbördsmängd) samt jordarter i området (Polis et al. 1997). Det alloktona materialet kan innehålla fosfor och kväve vilket medför en ökad produktivitet i recipienten (Polis et al. 1997). Detta kan i sin tur ge högre produktion av autoktont material i sjön och öka klorofyllhalten (Michelutti och Smol 2016). Klorofyll är en beståndsdel som då ökar eftersom detta finns i växtceller, därav kan klorofyllhalten användas som ett mått på den autoktona produktionen eller eutrofieringen i vattendraget (Michelutti och Smol 2016).

Analys av glödförlust (LOI) är en standardmetod som används vid bestämning av organiskt material (OM) i sediment (Santisteban et al. 2004). För boreala skogar domineras sedimentsammansättningen av OM och varierar vanligtvis mellan 10–60% av sedimentets torrvikt (Tolu et al. 2017; Chmiel et al. 2015)). LOI-analyser ger ingen information om den kemiska sammansättningen av den organiska sedimentfraktionen (Korsman et al. 1999). Metoden behandlar OM som en homogen sedimentkomponent och tar inte till vara på information som kan avläsas av skillnader i OM-kvalitet (Tolu et al. 2017). Utöver att OM kan härstamma från autoktont eller alloktont material kan det även delas in i akvatiskt eller terrestert ursprung. Ursprunget, terrestert eller akvatiskt, kan tydas genom det organiska materialets biokemiska sammansättning (Meyers 2003). En proxy som används för uppskattning av potentiella ursprung är kvoten mellan kol (C) och kväve (N) (Meyers 2003). Akvatiska växtplankton innehåller till skillnad från terrestra kärlväxter lite eller ingen kolrik cellulosa och lignin, därför har OM från dessa låga C/N-värden mellan 4–10 (Meyers & Teranes 2001). Terrestra kärlväxter som är cellulosafattiga men proteinrika skapar OM med C/N-förhållanden på 20 och uppåt (Meyers 2003).

Under senaste decenniet har skanning med X-ray flourescens (XRF) använts alltmer för att erhålla paleo-proxydata från sjösediment (Francus et al. 2009; Rothwell & Rack 2006; Rydberg 2014). XRF är en icke-förstörande metod som mäter koncentrationer av den geokemiska kompositionen i sediment (Chawchai et al. 2016; Rydberg 2014). Ett vanligt användningsområde för dessa koncentrationer är att använda förhållanden som proxys, ett exempel på detta är uppskattning av biogent kisel (Si) (Chawchai et al. 2016; Peinerud 2000). Två huvudsakliga typer av partiklar utgör den totala si-koncentrationen: detritalt Si från vittring och biogent Si från alger (diatoméer) (Peinerud 2000; Peinerud et al. 2001). Koncentration av biogent Si (bSi) är en indikator på kiselalgsproduktion vilket i sin tur är beroende av olika miljöfaktorer, exempelvis sjöns trofiska status (Peinerud 2000). För nordliga sjöar i Sverige varierar Bsi mellan 2–60% (Meyer-Jacob et al. 2014). För att studera variationer av biogent samt minerogent Si normaliseras den totala Si-koncentrationen med aluminium (Al). Normaliseringen antas genom att Al endast är av detrialt ursprung och förväntas vara i konstant förhållande till den icke-biogena Si-koncentrationen (Peinerud 2000;

Peinerud et al. 2001). Allt Si som överstiger detta Si/Al förhållande antas därefter tillkomma biogent. Således är detta förhållande en viktig indikator på Si-algers förekomst och därmed också på produktivitet (Peinerud 2000). Kvoten mellan Si och titan (Ti) går även att använda, Ti är dock mindre normalt förekommande i bergartsbildande mineral till skillnad från Al (Peinerud 2000). Båda mineral finns endast detrialt och är varken inblandade i redox-reaktioner eller biologiska processer (Peinerud 2000).

Torv är en ackumulation av växtrester i en våtmark vars komposition kan variera, det delvis nedbrutna organiska materialet ackumuleras under vattenmättade och syrefria förhållanden (Donahue et al. 2022). Sverige tillhör ett av världens mest torvmarkstäta länder och 15% av landets yta utgörs av torv (Hansen et al. 2016). Torvtäkter är något som länge funnits i landet, användningsområdet för torv har historiskt sett inkluderat tillverkning av bränsle och av matjord (Hansen et al. 2016). Brytning av torv ger upphov till förändringar i hydrologin i själva torvmarken (Donahue et al 2022). Torvtäkter medför ofta nedslamning av vattendrag och dålig vattenkvalitet då belastningen av organiskt och oorganiskt sediment samt sedimentbundna näringsämnen ökar (Tuukkanen et al. 2014). Torvbrytningen kan inducera förändringar hos de mottagande sjöarna i form av näringssammansättning och ökad sedimentering av organiskt rika ämnen i bassängen (Kauppila et al. 2016). Vattendrag som dränerar degraderade torvmarker (som torvtäkter) har i tidigare studier visat sig transportera högre koncentrationer av tungmetaller (Gandois et al. 2020; Ramchunder et al. 2009). Halter som kan förändras för metaller som utlakas är mangan (Mn), magnesium (Mg) och kalcium (Ca) (Hansen et al. 2016). Högre koncentrationer av järn (Fe), arsenik (As), kadmium (Cd) och zink (Zn) har även visat sig ha starka samband till organiskt material från degraderade torvmark (Donahu et al. 2022). För näringsämnen kan halter för exempelvis fosfor (P) samt kväve (N) öka (Hansen et al. 2016). Förändringar i sjövatten och sediment påverkar i sin tur de flesta akvatiskt levande organismer (Kauppila et al. 2016).

Sjöar som tidigare bedömts vara påverkat av torvtäkter är Håsjön, Håtjärnen och Yttersjön belägna i Jämtlands län. Storskalig torvbrytning i detta område startade i mitten på 1980-talet, i dagsläget finns 3 torvtäkter kvar i avrinningsområdet (ProVAb 2010). Enligt Vatteninformationssystem Sverige (VISS) uppnår Sjöarna ej god kemisk status (VISS 2024a; VISS 2024b). Att den kemiska statusen ej uppnår god beror på att gränsvärdet för kvicksilver i biota är hög (>20 ug/g) samt att gränsvärdet för bromerade difenyletrar (PBDE) överskrids (0,0085 ug/kg). Näringsämnen i Yttersjön samt Håsjön bedöms vara måttlig och motiveras med bristfälliga data men känd påverkan från torvtäkter (VISS 2024a; VISS 2024b). Försurningsgraden för Håsjön bedöms vara hög men inte för Yttersjön som bedöms vara god. Vidare är Klorofyll a och totalbiomassa ej klassificerad för någon av sjöarna, samma gäller för koppar och zink (VISS 2024a och VISS 2024b).

De tre sjöarna utreddes av ProVAb på uppdrag från Hån- och Vemdalens fvof i samarbete med Vemhåns byalag och Länsstyrelsen i Jämtlands län angående uppgrundning av sjöarna. Utredningen syftade ytterligare till att fastställa huruvida sedimenttillväxten var onormalt stor samt om dessa sediment utgjordes av torvrester som tillkommit via avrinningsområdet eller ej (ProVAb 2010). Studien omfattande mikroskopering för fastställning av torvandelen i sedimentet och uppskattning av bottensedimentets humifieringsgrad (en metod utvecklad av von Post på 1920-talet för klassificeringsgrad i torv) genom färgbedömning. Försök av tillväxtbestämning för sedimentet gjordes också. En av slutsatserna utredningen gav var en ovanligt hög sedimenteringshastighet (1 cm/år i Håsjön och 2 cm/år i Yttersjön). Utredningens frågeställningar kunde inte besvaras med säkerhet utifrån de metoder som använts. Inga direkta analyser av sedimentets komposition utfördes för de tre tidigare nämnda huvudbeståndsdelarna; minerogent material, organiskt material samt biogent kisel i sediment.

Detta motiverar behovet av en ny studie med ett annat syfte samt andra metoder för att bedöma det kemiska tillståndet i sjöarnas sediment med avseende på torvtäkternas påverkan.

På uppdrag av Ljusnan-Voxnans vattenvårdsförbund syftar denna studie till att undersöka om tidigare torvtäkter bidragit till en förändring i dagens sedimentation och sedimentkvalitet i Håtjärnen, Håsjön och främst Yttersjön. För att kunna besvara detta togs ett sedimentprov i de uppströms sjöarna: Håtjärnen och Håsjön, samt ytterligare 23 prover i Yttersjön. Provplatserna för Yttersjön placerades i olika riktningar, uppströms till nedströms, beläget intill ett inlopp vilken närmsta torvtäkt avvattnas genom. Detta för att bedöma torvtäktens inverkan på nutidens sediment.

2 Metod

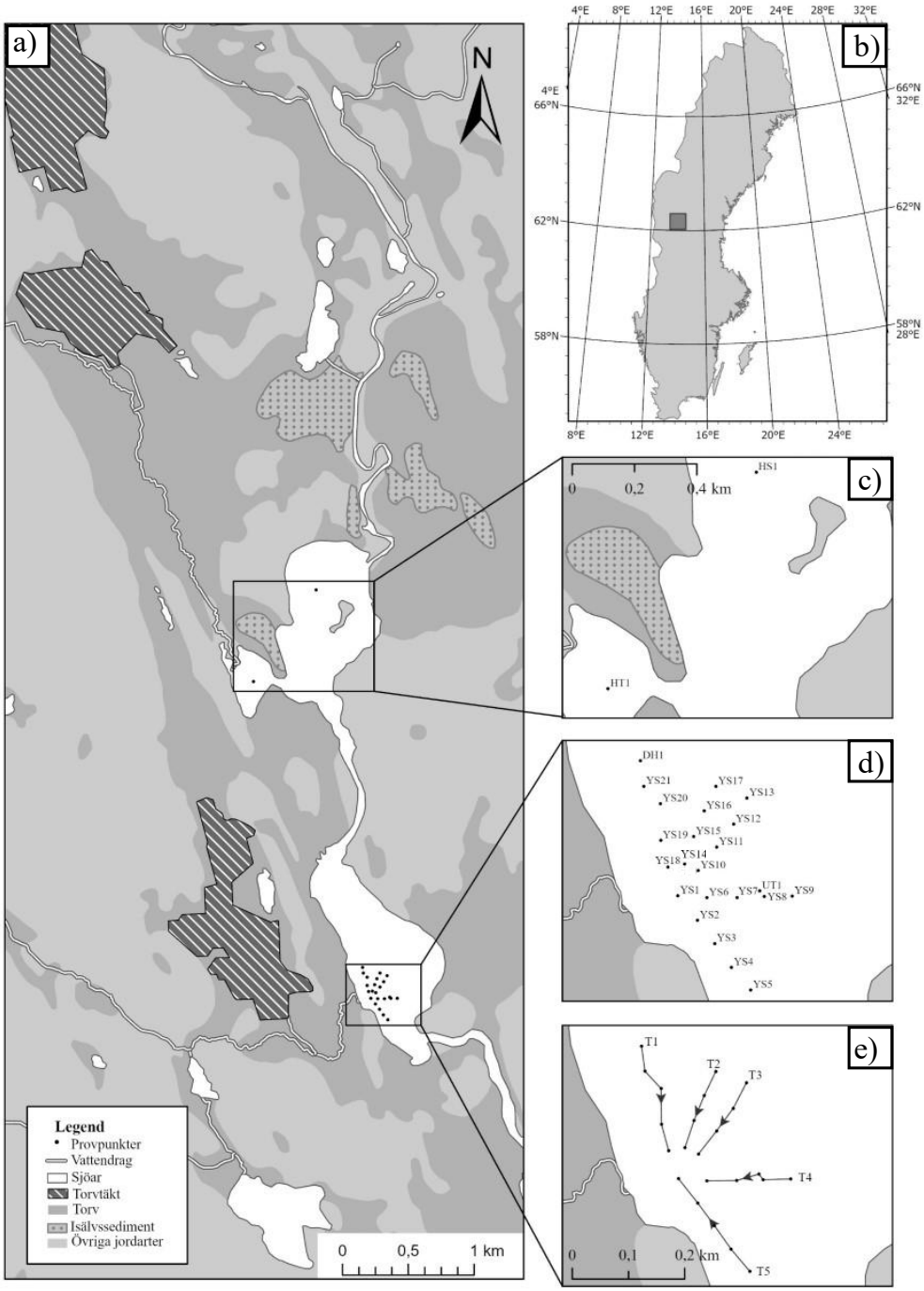
2.1 Studieområde och provtagning

De tre sjöarna för denna studie ingår i Ljusnans huvudavrinningsområde, beläget i Jämtlands Län, mellersta Sverige (figur 1). Håsjön tillsammans med den sammankopplade sjön Håtjärnen i väst har en areal på 0,89 km^2 (VISS 2024a). Nedströms återfinns Yttersjön med en areal på 0,8 km^2 (VISS 2024b). Medeldjupet för sjöarna, baserat på vattendjupmätningar vid provtagning, bedöms vara < 3m. Dessa vattendrag är sammankopplade genom Veman, ett vattendrag som även denna ingår i Ljusnans huvudavrinningsområde med en totallängd på ungefär 70 km (VISS, u.å.). Berggrunden i området består till största del av granit och de dominerande jordarterna för området är torv, morän samt isälvssediment (https://apps.sgu.se/kartvisare/). Bemärkande för detta område är att torvtäkter avvattnas via vattendrag som mynnar ut i sjöarna.

De provpunkter vars ID inte är YS (Yttersjön) tillhör en serie djupleds-provtagningar som använts till ett annat arbete, i detta arbete användes första 1 cm av dessa serier. En provpunkt är placerad i Håsjön (HS1), och en i Håtjärnen (HT1) för att sediment kan transporteras därifrån till Yttersjön då en sammankoppling finns mellan sjöarna (figur 1c). I västra delen av Yttersjön finns 23 provpunkter placerade intill ett inlopp vilken närmsta torvtäkt avvattnas genom. Provpunkternas ID förkortas YS, för Yttersjön, DH för djuphåla och UT, för utlopp. Vattendjupet var 1,1m för Håtjärnen, 1,8m för Håsjön, 4,0m i djuphålan, 2,2m i utloppet och i Yttersjön. Placeringen för provpunkterna går från uppströms till nedströms likt en solfjäder (figur 1d). Det som ligger till grund för provplatsernas placering i Yttersjön är potentiella sedimenteringslokaler samt mindre trovärdiga lokaler för att kunna spåra torvtäktens inverkan via inloppet. Placeringen av punkterna gjordes även för att genom dessa kunna spåra mönster för inloppets påverkan. Vissa provpunkter placerades uppströms, detta för att spridning från inloppet dit bör vara mindre sannolik, men också för att bedöma bidraget från högre upp i avrinningsområdets effekt. För visualisering av data delades punkterna upp i transekter (figur 1e) vilka användes vid tolkning av data samt grafskildring. Transekt 1 (DH1 och YS21-18) går från nord till syd, transekt 2 (YS17-14) från nordöst till syd och transekt 3 (YS13-10) i samma riktning men en bit nedström. Transekt 4 (YS9-8, UT1, YS7-6) är lokaliserad från öst till väst och slutligen transekt 5 (YS5-1) från syd till nord.

Sedimentprovtagning utfördes av Ljusnan-Voxnans vattenvårdsförbund den 12:e och 14:e mars 2024 med hjälp av en HTH sedimentprovtagare. Provtagaren är en vidareutveckling av kajak-corer-konceptet och fungerar genom att ett rör sänks ned i sjöns sediment och förseglas med en stängningsmekanism (Renberg & Hansson 2008). En sektionsbricka användes därefter

för att separera översta 1 cm av sedimentet och placeras i en plastbehållare för att analyseras vid Umeå Universitet.



Figur 1. a) Studieområdet med omgivande jordarter, provpunkter markerat med svarta prickar. b) Studieområdets lokalisering i Sverige. c) Provpunkter i uppströms sjöar; HT1 för Håtjärnen, HS1 för Håsjön. d) Provpunkter och ID samt dess placering i Yttersjön. e) Transekter markerad med T1-T5, pilar markerar punkternas ordning från start till slut.

2.2 Analyser

Alla ytsedimentprover frystorkades, maldes och homogeniserades innan analys. Samtliga 25 torra prover vägdes för att beräkna bulkdensiteten och maldes därefter till mindre fraktioner. Trots att partikelstorlek inte bedömdes under detta moment noterades gnisslande ljud och svårmalda beståndsdelar, indikerande på minerogena fraktioner. För varje torkat prov togs ett delprov på 500 mg som analyserades med hjälp av X-ray fluorescens (XRF) med en handhållen Bruker S1 Titan. Detta är en icke-destruktiv geokemisk analysteknik som är lämpad för lösa pulverprover (Rydberg 2014). Halterna bestämdes för huvudämnena magnesium (Mg), aluminium (Al), kisel (Si), fosfor (P), svavel (S), kalium (K), kalcium (Ca) samt järn (Fe). Spårämnen som användes för denna studie är koppar (Cu), zink (Zn), bly (Pb), titan (Ti) och zirkonium (Zr). Instrumentets precision utvärderades genom två tillvägagångsätt. Prov med avvikande värden (n=6) skakades och analyserades om för att beräkna variationskoefficienten. Två standardprov (NCS DC-70314 och NCS DC-73048) med kända värden analyserades med jämna mellanrum (n=7 per prov). Variationskoefficienten för de omkörda proverna var >10% förutom för Zn, Cu och S. För standardproverna var variationskoefficienten >10% förutom Cu, S och P. För tillförlitliga resultat skall variationskoefficienten vara <10% (Rydberg 2014). Mg och Pb hade en del prover vars värde var under detektionsgränsen, dessa värden ersattes därför med värden för hälften av detektionsgränsen. Dessa ämnen redovisas i korrelationsmatrisen utan några korrelationer till andra ämnen och diskuteras därför inte vidare. Baserat på denna geokemiska analys uppskattades förhållandet av Si och Al. Detta relativa förhållande användes som en proxy för att uppskatta biogent kisel genom antagandet att Al härstammar från minerogent material och en ökning i detta förhållande indikerar på en ytterligare källa för Si som inte är minerogent (Peinerud 2000).

Delprov på 250 mg brändes i 550 C° under 4 timmar för att beräkna dess glödförlust (LOI_{550}). Glödförlust används för att estimera den minerogena och organiska fraktionen i sedimenten (Korsman et al. 1999) och beräknas enligt ekvation 1.

Ekvation 1. $$LOI_{550} = \frac{Torrvikt - Askvikt}{Torrvikt} \times 100$$

Metoden ger ingen information om den kemiska sammansättningen eller ursprung hos den organiska sedimentfraktionen (Korsman et al. 1999) och kompletterades därför med ytterligare analyser. Närinfraröd spektroskopi (NIRS) användes kompletterande för att uppskatta sedimentprovernas klorofyllkoncentrationer. Inför analysen, som utfördes med en FOSS XDS Rapid Content Analyser, placerades proven i behållare av kvartsglas. För klorofyll-uppskattning användes en modell från en tidigare studie (Michelutti et al. 2010). Underlaget för denna kalibreringsmodell baseras på jämförelse av spektra med 35 kalibreringsprover från 5 sjöar med brett spann av trofisk status vars koncentrationer (klorofyll a) var kända. Arean för spektra (reflektanstopparea), kring 675 nm, förändrades baserat på koncentrationer av klorofyll. Genom linjär regression skapade de en modell vilken förutsäger klorofyllkoncentrationen baserat på reflektansdata mellan 650–700 nm (Michelutti et al. 2010). Den förutsagda koncentrationen kallas inferred klorofyll och beräknas enligt ekvation 2.

Ekvation 2. $Klorofyll = 0{,}0919 \times reflektanstopparea_{650-700nm} + 0{,}0011$

Prover förbereddes även inför en kol- och kväveanalys. Proverna (á 20 mg) placerades i en bägare av tennfolie och formades till en boll. Därefter analyserades proverna i en termisk konduktivitetsdetektor (TCD) hos Biogeochemical Analytical Facility (BAF) vid Umeå Universitet. Detta för att få koncentrationen av C och N i proven. Kvoten mellan dessa ämnen

beräknades för att sedan användas som en proxy för ursprung av organiskt material (Meyers 2003).

2.3 Data och statistiska analyser

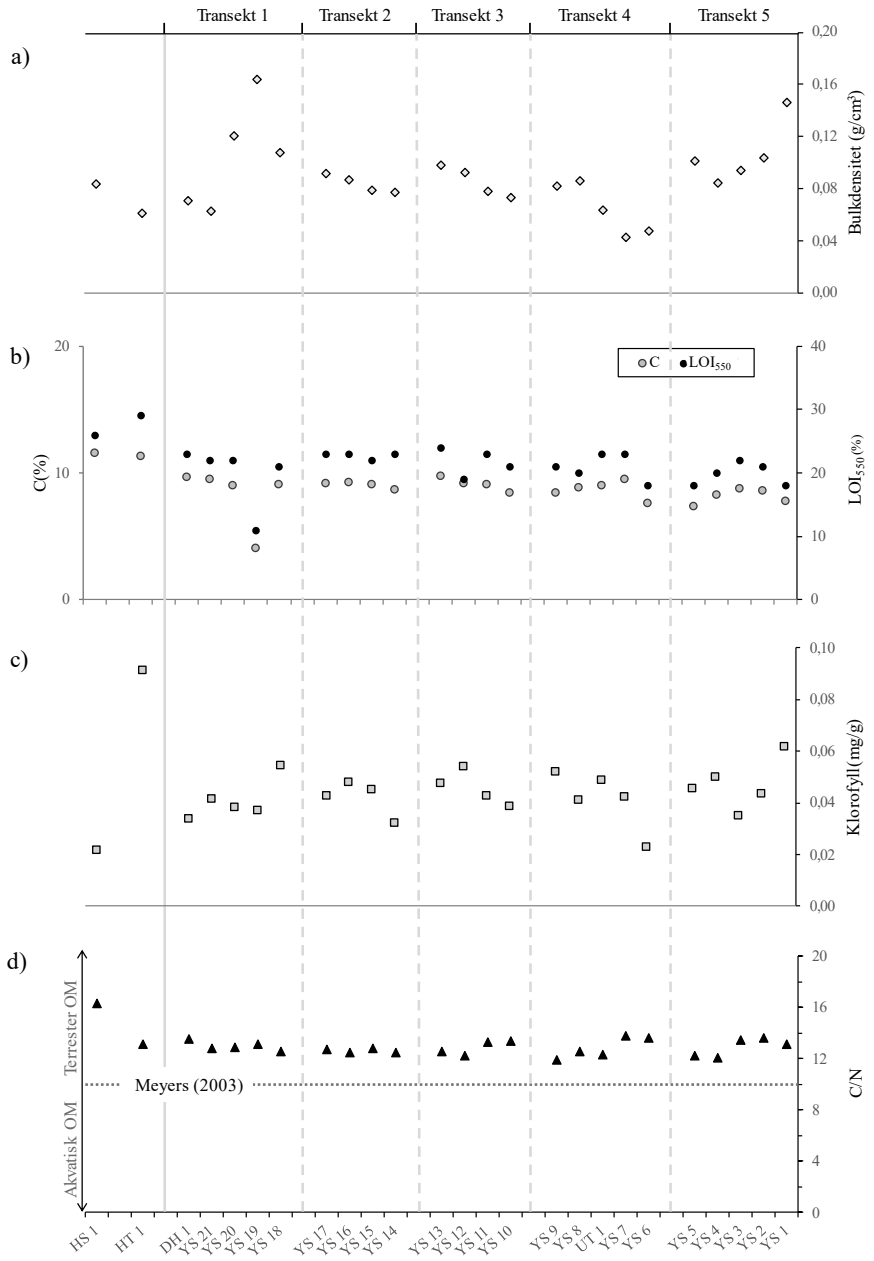
Jordartsgeologiska data inhämtades från SGU och översiktskarta från Lantmäteriet via Geodata Extraction Tool (GET), SLU. Vektorfiler för Sveriges sjöar och vattendrag har inhämtats från Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut (SMHI). Filerna bearbetades och kartor skapades i ArcGIS Pro (version 3.1.0).

Data bearbetades i Excel, version 2404. Pearsons korrelationsanalys utfördes med R-Studio software (version 4.2.2.) där signifikansnivå bestämdes till $p<0,05$.

3 Resultat

Medelvärdet av bulkdensitet (g/cm^3) för proverna är 0,088±0,027 (± 1σ). Högsta bulkdensiteten observeras i transekten uppströms (T1), punkt YS19, med värdet 0,164 g/cm^3 (figur 2a). Lägsta värden återfinns i transekt 4, värde 0,042 g/cm^3 och 0,047 g/cm^3 för YS7 och YS6 respektive. Medelvärdet för LOI_{550} är 21,4±3,2 %. Lägsta andel av OM (av LOI) var 10,8% och återfinns i YS19, transekt 1 (figur 2b). Högsta värdet OM, 29,0%, återfinns i Håtjärnen (HT1). Vidare följer LOI_{550} och C (%) varandras mönster där låga LOI_{550}-värden visar låga C-värden. C-halten korrelerade starkt till OM (LOI%=2,4×C%, korr=0,99). För klorofyllkoncentrationen (mg/g) är medelvärdet 0,044±0,013. I Håsjön (HS1) finns högsta värdet på 0,091 mg/g och lägsta i HT1 med värdet 0,022 mg/g (figur 2c). Ett lågt värde på 0,023 mg/g återfinns även i YS6, transekt 4.

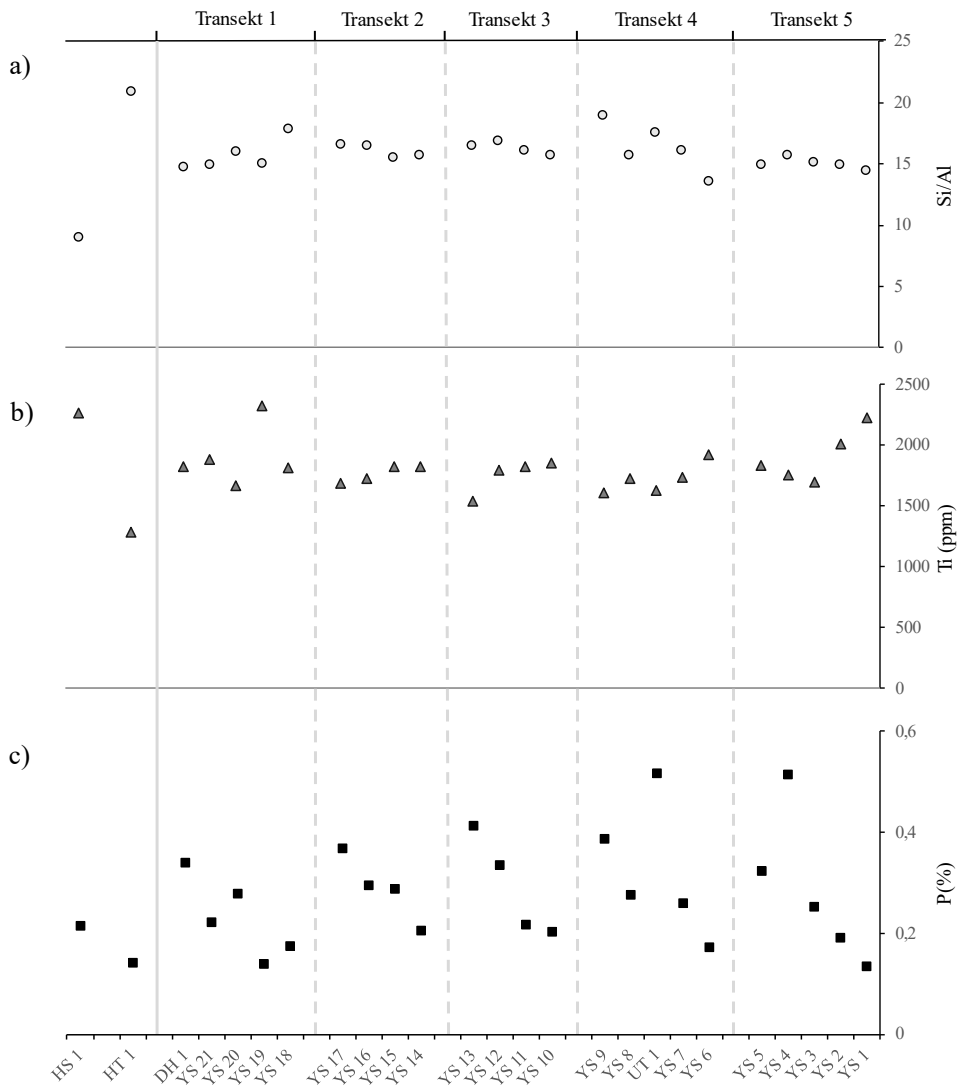
C/N-kvoterna kan ses som en proxy för organisk materialkvalitet där låga C/N-värden (4–10) indikerar på organiskt material som produceras akvatiskt och höga värden (≥20) antyder organiskt material av terrestert ursprung (Meyers 2003). C/N-kvoten är konstant med ytterst liten variation (figur 4d), medelvärdet är 13,0±0,9 men det finns en liten högre kvot på 16,4 för Håsjön (HS1). Dessa värden överstiger de typiska värden för akvatiskt organiskt material, där C/N<10 (Meyers 2003). Värdena tyder dock fortfarande på att andelen akvatiskt material av det totala organiska materialet är högt.



Figur 2. Övre X-axel med följande streckad linje markerar transekter och nedre X-axel visar ID för provpunkter. a) Bulkdensitet i g/cm3. b) LOI_{550} markerat med svarta cirklar och grå cirklar för C, båda redovisade i %. c) klorofyllkoncentration i mg/g. d) Trianglar markerar värden för C/N kvoten, grå punktad linje markerar övergång från akvatisk till terrestert organiskt material (Meyers 2003).

Medelvärdet för Si/Al-kvoten är 15,8±2,0 (± 1σ). Den högsta kvoten (20,9) för provpunkterna finns i Håtjärnen (HT1), varav den lägsta kvoten på 9,0 är i Håsjön (HS1) (figur 3a). Utöver dessa två värden tycks variationen vara låg och följa samma mönster för provpunkterna. Av transekterna i Yttersjön, trots endast lite variationer, återfinns högsta och lägsta kvoten i transekt fyra. Högsta kvoten är 19,0 (YS9) och den lägsta är 13,5 (YS 6). Halterna för Ti varierar lite för Yttersjön och den högsta halten finns i YS19, transekt 1 (figur 3b). Vidare finns en hög halt i HS1 (2300 ppm) och lägsta för proverna i HT1 (1300 ppm). För P varierar halterna mellan 0,31–0,51%, där inget spatialt mönster för variationer med avseende på

torvtäkts-inverkan kan urskiljas (figur 3c). De högsta värdena är 0,51% i YS4 (transekt 5) och i UT1 (transekt 4). Lägsta värdet (0,31%) finns i transekt 1, YS1.



Figur 3. Övre X-axel följt av grå streckad linje markerar transekter och nedre X-axel visar provtagnings ID. a) Kisel och aluminiumkvoter för samtliga provpunkter. b) Titanhalten i ppm. c) Fosforhalt i % för samtliga provtagningspunkter.

Huvudämnena Al och K samt spårämnena Ti och Zr är alla signifikant positivt korrelerade med varandra (R2= 0,65–0,94; p≤0,01) (Tabell 1). För alla dessa ämnen finns en signifikant negativ korrelation till P (R^2= -0,43– -0,53; p≤0,05), till Zn (R^2= -0,50– -0,70; p≤0,05) och slutligen till Fe (R^2= -0,40– -0,70; p≤0,05). Al, K, Zr och korrelerar även signifikant positivt till Ca (R^2= 0,40–0,55; p≤0,05). Näringsämnet P har ytterligare en signifikant negativ korrelation till C/N (R^2= -0,45; p≤0,05) och en positiv till Fe (R^2= 0,63; p≤0,01). Fe har vidare tre signifikanta korrelationer, negativa med ämnena Si och S (R^2= -0,53– -0,66; p≤0,01), samt en positiv till LOI (R^2= 0,62; p ≤0,01). För metallarna Cu och Mn återfanns inga signifikanta korrelationer till några ämnen. S hade även positiva signifikanta korrelationer med Ca (R^2= 0,55; p≤0,01) samt Zn (R^2= 0,41; p≤0,05).

Som tidigare motiverats kan den totala Si-koncentrationen bestå av både minerogent och biogent kisel (Peinerud 2000). Si korrelerar signifikant negativt med Fe (R^2= -0,66; p≤0,01),

C/N (R^2= -0,52; p≤0,01) och LOI (R^2= -0,46; p≤0,05). LOI fungerar som en proxy för organiskt material och korrelerar signifikant negativt med Zr (R^2= -0,72; p <0,01) och signifikant positivt med Fe som tidigare nämnts. Både klorofyll och LOI korrelerar negativt till K och Ti men positivt till Zn (Tabell 1). Till skillnad från LOI korrelerar klorofyll även med C/N (R^2= -0,42; p 0,05) och Al (R^2= -0,65; p≤0,01). C/N i sin tur, som fungerar som en proxy för organisk materialkvalitet, korrelerar ytterligare signifikant positivt med ämnena Al, K och Ti (R^2= 0,49–0,7; p≤0,05). Bulkdensitet korrelerar signifikant negativt till LOI och Zn (R^2= -0,51– -0,70; p≤0,01) samt positivt till K, Ti och Zr (R^2=0,42–0,66; p≤0,05).

Tabell 1. Korrelationsmatris med Pearson korrelationskoefficienter, signifikansnivå är markerad med * för P≤0,05 och ** för P≤0,01.

	MgO	Al2O3	SiO2	P	S	K2O	Ca	Fe	Cu	Zn	Pb	Ti	Mn	Zr	C/N	LOI	Klorofyll	Bulkdensitet
MgO	1																	
Al2O3	-0,189	1																
SiO2	0,016	-0,217	1															
P	0,349	-0,428**	-0,269	1														
S	-0,261	0,257	0,285	-0,350	1													
K2O	-0,127	0,917**	-0,011	-0,466*	0,314	1												
Ca	-0,310	0,400*	-0,177	-0,113	0,549**	0,498*	1											
Fe	0,234	-0,397*	-0,656**	0,628**	-0,527**	-0,597**	-0,375	1										
Cu	-0,234	-0,031	-0,089	0,176	0,097	-0,187	-0,119	0,205	1									
Zn	-0,308	-0,498*	0,225	0,028	0,412*	-0,525**	0,023	0,030	0,271	1								
Pb	-0,130	-0,131	0,141	0,141	-0,066	-0,186	-0,246	0,204	-0,043	0,070	1							
Ti	-0,143	0,864**	-0,072	-0,435*	0,096	0,935**	0,372	-0,489*	-0,212	-0,703**	-0,170	1						
Mn	-0,194	-0,135	-0,110	-0,204	-0,091	-0,118	0,285	-0,144	-0,069	0,324	-0,389	-0,209	1					
Zr	-0,011	0,654**	0,175	-0,531**	0,232	0,828**	0,444*	-0,699**	-0,390	-0,588**	-0,246	0,845**	-0,098	1				
C/N	-0,324	0,699**	-0,523**	-0,447*	0,142	0,513**	0,189	-0,031	0,083	-0,177	-0,139	0,486*	-0,003	0,300	1			
LOI	-0,189	-0,342	-0,459*	0,140	0,025	-0,554**	-0,224	0,619**	0,328	0,536**	0,058	-0,582**	0,096	-0,715**	0,262	1		
Klorofyll	-0,110	-0,650**	0,358	0,006	0,193	-0,534**	-0,019	0,021	-0,103	0,501*	0,314	-0,504*	-0,043	-0,233	-0,423*	0,253	1	
Bulkdensitet	0,198	0,255	0,285	-0,222	0,102	0,417*	0,145	-0,365	-0,184	-0,513**	-0,010	0,494*	-0,235	0,663**	-0,102	-0,603**	0,063	1

4 Diskussion

4.1 Bulkdensitet och LOI

LOI är en enkel uppskattning på totalhalten för OM, att den inte korrelerar till C/N eller klorofyll är inte underligt då dessa bara utgör en del av den totala sammansättningen för OM som har olika ursprungskällor. C (%) och LOI visar samma mönster, de har ett starkt samband vilket stöttar uppskattningen av OM (figur 2b). OM varierar väldigt lite i provpunkterna, där punkterna i Håsjön och Håtjärnen har lite högre värden vilket diskuteras vidare längre fram. Transekterna i Yttersjön varierar väldigt lite i OM-andel och inget mönster tyder på en inverkan från inloppet vilken närmsta torvtäkt avvattnas genom. Transekterna liknar varandra och ingen lägre andel OM återfinns uppströms. För provpunkterna i Yttersjön finns det bara en punkt (YS 19) som utmärker sig från variationen för de andra proverna (18–24%). Punkten YS19 har lägst OM (11%) men högst bulkdensitet (figur 2a; figur 2b), detta förklaras med att den minerogena beståndsdelen dominerade i denna provpunkt vilket även återspeglas i Ti-halten (figur 3b). Korrelationsanalysen visar även ett starkt negativt samband mellan parametrarna bulkdensitet och OM (av LOI), samt ett negativt samband för Ti och OM vilket styrker denna observation. Vidare har även bulkdensitet och Ti ett positivt samband, vilket kan förklaras med att bulkdensitet beror av bland annat tyngd och kompaktion.

Medelvärdet av OM var 21,4±3,2 vilket vid jämförelse till andra sjöar inte bedöms vara hög och variationen i OM är genomgående lågt. Jämförelsevis varierade den boreala sjön Härsvatten i sydvästra Sverige mellan 10–60% (Tolu et al. 2017). Vidare i en annan studie av 7 boreala sjöar i Bergslagen, mellersta Sverige, fann man ett högsta medelvärde för OM i en av sjöarna på 56% och ett lägsta på 20% (Chmiel et al. 2015). I en studie lokaliserad i norra Sverige, i sjön Stor-Skärträsket, fann man en variation mellan 5–30% av OM i ytsedimentet (Korsman et al. 1999). Denna studie visade även på ett svagt positivt samband mellan vattendjup och OM (Korsman et al. 1999) och vidare fann en annan studie höga värden (>50%) i de tre djupaste delarna av sjön Härsvatten (Tolu et al. 2017). Det högsta värdet för denna studie (29%) är betydligt lägre än för de djupare delarna i boreala sjöar, även den totala variationen (10–29%) ligger inom spannet för OM i normala boreala sjöar i olika delar av landet (Chmiel et al. 2015; Korsman et al. 1999; Tolu et al. 2017).

4.2 Geokemi

Titan, som bara är av minerogent ursprung (Meyers 2003), varierar inte så mycket för sjöarna (figur 3b). I transekt 5 är det något högre halter närmast inloppet, vidare fanns en högre halt i transekt 1 (YS19) vilket nämnts tidigare. Utöver detta har Ti en liknande trend för hela Yttersjön. Fe och Zn har ett starkt positivt samband (tabell 1) till LOI. I en tidigare studie har högre koncentrationer av Fe och Zn bevisats ha starka samband till organiskt material från degraderande torvmark (Donahu et al. 2022). Zn har utöver koppling till OM en stark negativ koppling till mineralfraktionen (representerad av Ti och Al) (El Bilali et al. 2002) vilket även stämmer för denna studie. Fe, som både finns rikligt i berggrunden och är väldigt reaktivt, påverkar ödet för många andra huvudämnen (Evans et al. 2004; Lenstra et al. 2018; Slomp et al. 2013). Fe, liksom Mn och Al, är inte begränsad till en specifik mineralfas och kan återspegla både detritala och lösta samt amorfa faser i sedimentet (Yin et al. 2011) vilket stämmer bra överens med korrelationer från dessa ämnen i denna studie. Negativa samband mellan OM (av LOI) och minerogena ämnen (K, Ti, Zr och till viss del Si) återfinns då det är olika beståndsdelar av det totala sedimentet. Dessa samband tyder också på en liknande komposition av sedimentet.

ProVAb (2010) ansåg att problemen med eutrofieringseffekter i sjöarna kan ha orsakats indirekt från torvtäkterna genom att verksamheten tillfört näringsämnen i systemet eller på annat sätt bidragit till ett ökat näringsutflöde i området. Vid degraderande torvmark kan näringsämnens halter för exempelvis fosfor (P) samt kväve (N) öka (Hansen et al. 2016). För näringsämnet P återfinns ingen tydlig trend (figur 3c) men halten (%) tycks för transekterna i Yttersjön vara lägre för punkterna närmast placerad till inloppet till väst (YS1, YS2, YS6, YS10, YS14) och därefter öka bort från inloppet. Dock speglas ingen tydlig trend som kan påvisa ett samband för utsläpp via torvtäkten i väst. Den ökade P-halten i sedimentet för dess punkter visar inte på någon ökning i sjöns produktion (Si/Al eller klorofyll) vilket skulle efterföljas av en högre P-belastning (Engstrom et al. 2006). Halterna kan troligtvis förklaras av Fe i stället, vilka hade en stark positiv korrelation (tabell 1). Samutfällningar mellan Fe och P har visat sig vara en primär sänka för P från vattenmassan, innebärande att dessa binder sedan sjunker och ackumuleras i sedimentet (Evans et al. 2004; Lenstra et al. 2018; Slomp et al. 2013).

4.3 Klorofyll och Si/Al

Si/Al-kvoten är väldigt stabil för Yttersjön (15,8±1,2), utan några tydliga ökningar i förhållandet (figur 3a). Vid ökningar i Si/Al-förhållandet indikerar det på att biogent Si tillkommit (Peinerud 2000), detta kan inte återfinnas för Yttersjön. klorofyllkoncentrationer i Yttersjön visar även dessa på lite variation (0,04±0,08). En punkt (YS6) i transekt 4 hade låg halt av klorofyll och lite lägre Si/Al-kvot, men Ti-halten var lite högre för denna punkt i transekten.

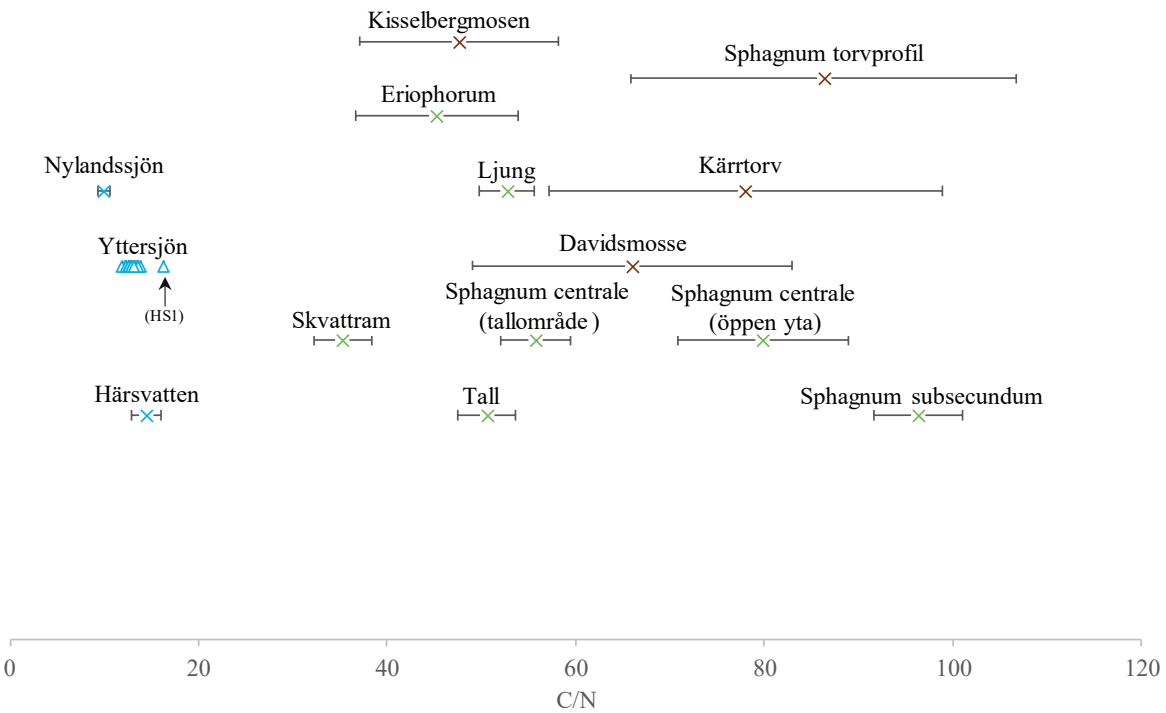
Den högre kvoten av OM (av LOI) i Håtjärnen, trots lägre C/N förhållanden, förklaras av klorofyllkoncentrationen och SI/Al kvoten (figur 2-3). Si/Al-förhållandet och klorofyllkoncentrationen ökar vilket tyder på högre autokton produktion i denna sjö. Håtjärnen ligger mer åtskild till väst, utan några stora vattenmassor som rinner igenom denna. Vattendjupet är dessutom lägst här för sjöarna (1,1m) och har troligtvis ej samma cirkulation i sjön, samt större förutsättningar för sedimentation och produktion. Klorofyllkoncentrationen och även Si/Al-förhållandet är låg i Håsjön, indikerande på lägre autokton produktion. Håsjön som är lite djupare en Håtjärnen (1,8m) har som tidigare nämnts en större å, Veman, som flödar ut i sjön. Avrinningsområdet uppströms sjöarna är stort (VISS, u.å) och Veman sträcker sig ungefär 50 km uppströms. Inloppets bredd i Håsjön är ungefär 40 m och en mil uppströms från sjön finns en mätstation (9020) som mätt årsmedelvattenföring för perioden 2005–2009 till 6,8m^3/s (Ljusnan-Voxnans Vattenvårdsförbund, 2010). Dessvärre finns ingen uppskattning för vattenföringen i Håtjärnen, men inloppet för denna sjö är betydligt mindre (ca 8 m) vilket kan ge en längre omsättningstid samt mer tid för sedimentering.

4.4 C/N

C/N kvoten är högst i Håsjön (HS1), OM (av LOI) är även högre här än för Yttersjön (figur 2d). Klorofyllkoncentrationen och Si/Al förhållandet är låga för denna provpunkt, vilket tyder på att mycket av det organiska materialet tillkommer från avrinningsområdet. Sjön i fråga ligger närmast Veman som tidigare nämnts, vilken avvattnar två torvtäkter uppströms i systemet samt passerar stora torvarealer. C/N-kvoten för denna sjö antyder på att en intransport från Veman har en bidragande effekt på sedimentet. För Yttersjön finns inga bemärkande kvoter som tyder på ett terrestert bidrag från inloppet till väst (figur 2d). Proverna i transekt 5 (lokaliserad uppströms, norrut) skiljer sig varken från transekten placerad nedströms (Transekt 1) eller från någon av de andra transekterna. Sammantaget är

variationen för C/N i denna sjö låg. Detta tyder på att inloppet för torv-avvattningen i Yttersjön inte ger någon tydlig inverkan på sedimentet, tolkningen blir i stället att sedimentet är av samma ursprung. C/N-kvoten för de tre sjöarna är högre (11,9–16,4) än för rent algmaterial (4–10) (Meyers 2003), trots att skillnader i kväveomsättning kan påverka C/N-kvoten tyder det på ett bidrag av terrestra organiska material (Meyers och Ishiwatari, 1993). OM tillkommer förmodligen genom bidrag med ursprung högre upp i systemet, från exempelvis Veman, då inga större skillnader återfinns i Yttersjöns provplatser och inte heller skiljer sig från de andra två sjöarna. Denna typ av jämförelse mellan platser är förvisso inte tillräckligt detaljerad för att uppskatta bidraget från torvtäkter till sedimentationen i Yttersjön, Håsjön och Håtjärnen, men den eliminerar sannolikheten till en stor påverkan av skillnader i sedimentation för Yttersjön från torvtäkten i väst.

Ifall det finns ett ökat bidrag från torvtäkterna i systemet (terrestert C) borde detta återspeglas i C/N-kvoten, för denna uppskattning sattes denna studies sjöar i perspektiv till andra sjöar utan närvarande torvtäkter i systemet (Figur 4). Vidare användes tidigare studiers C/N-kvoter för torvprofiler och växter som återfinns på myrar för olika ställen. Kvoterna för torvprofilerna samt vegetation på myrar är väldigt höga vilket då borde återspeglas i sjöarnas C/N-kvot om det tillkommit mycket torvrester. Kvoterna för torvprofilerna ligger kring 50–90, växter kopplade till torv är omkring 50–100 och övriga växter är mellan 30–60 (figur 4). Kvoter kopplad till torv är betydligt högre än vad som återspeglas för Håsjön, Håtjärnen och Yttersjön. För ytterligare jämförelse borde torvrester i systemet (med tanke på den höga C/N-kvoten) bidragit till en högre C/N-kvot från sjöar utan torvtäkter i systemet. Sjöarna Håsjön, Håtjärnen och Yttersjöns C/N förhållanden skiljer sig inte från akvatiska sediment i boreala svenska sjöar som Nylandssjön (9,9±0,6) i norra Sverige eller Härsvatten i sydväst (14,4 ±1,5) (Gälman et al. 2008; Tolu et al. 2017). Kvoterna (13,0±0,9) tyder inte på en högre terrester OM-bidrag till sediment i jämförelse till dessa boreala sjöar vilka inte har torvtäkter i systemet.



Figur 4. C/N-kvoter (x-axel) från ett antal olika studier i jämförelse med data från denna studie (markerad med trianglar). Blått indikerar på värden för sjöar, grönt för vegetation och brunt för

torvprofiler. Värden markerat med X står för medelvärden från tidigare studier med efterföljande standardavvikelse. Data hämtat från: Nylandssjön (Gälman et al. 2008), Härsvatten (Nylund et al. Unpublished; Tolu et al. 2017), Kisselbergmosen (Ohlson och Okland 1998), Davidsmosse (Sjöström et al. 2022), Rödmossamyrans kärrtorv och sphagnum torvprofil (Bindler Unpublished; Rydberg et al. 2010). Data för vegetation: tall, skvattram, ljung, sphagnum centrale (öppet område), sphagnum centrale (tallområde) samt eriphorum är samtliga hämtad från Rödmossamyran (Bindler Unpublished; Rydberg et al. 2010).

I en tidigare studie (Kauppila et al. 2016) genomförd i Finland, hittades inga skillnader vid jämförelse av en sjö med torvbrytning i närområdet till en referenssjö utan. Studiens slutsats var att torvutvinning inte hade resulterat i en betydande skillnad i sedimentation eller kolackumulering jämfört med referenssjön (Kauppila et al. 2016). Några teorier kring resultatet var att en snabb vattenomsättning, relativa grundhet samt att morfologin hos sjön kunde haft en viss betydelse för möjligheten till ackumulering för organiskt material (Kauppila et al. 2016). Det är svårt att säga något specifikt om vattenomsättningen för sjöarna Yttersjön, Håsjön och Håtjärnen på grund av bristfälliga data. Enda uppskattningen som kan nämnas är att den avsides belägna Håtjärnen mest troligt har längre omsättningstid än för de andra två sjöarna, och att Veman som rinner genom Håsjön har en årsmedelshastighet på 6,8m^3/s. Sedimentation kan vara liten för grunda sjöar vilket beror av suspension (Niemistö et al. 2008) men de djupare platserna (exempelvis DH1) för denna studie visar ingen ökning av vare sig OM eller C/N. En del av bidragen kommer sedimenteras i de övre bassängerna och spela roll för effekterna nedströms (Kauppila et al. 2016), i denna studie finns inga bassänger mellan torvtäkterna och sjöarna Håsjön, Håtjärnen och Yttersjön vilket ytterligare tyder på en försumbar effekt från torvtäkter.

4.5 Slutsatser

Transekter uppströms visar inte på någon skillnad från transekterna riktad nedström från inloppet med avseende på OM, Si/Al, klorofyll eller C/N-kvoter. Vid bidrag av OM från torvtäkten till väst för Yttersjön ska transekter som går norrut, uppströms, inte vara påverkat av inloppet i lika grad som de riktade nedströms. Med avseende på den biogeokemiska sammansättningen i punkterna kunde inget mönster som tyder på en inverkan av torvtäkten i väst urskiljas. Vidare indikerade värden för Yttersjön vid jämförelse till Håsjön och Håtjärnen en relativt liknande sammansättning av beståndsdelar, med lite högre autokton produktion i Håtjärnen samt lite mer tillkommande terrestert organiskt material i Håsjön. Vid jämförelse av andra sjöar, utan torvtäkter i systemet, finns ingen indikation på ovanligt mycket tillkommande organiskt material. De resultat ProVab (2010) fann angående onormalt stor sedimenttillväxt och hög andel torv samt organiskt material i sedimentet stämmer inte överens med denna studie. C/N visar ingen antydan på tillkommande torvrester och OM visar ingen grund för ovanlig sedimenttillväxt på grund av torvtäkter. Vidare tyder inte kvoten mellan Si och Al eller klorofyllhalter på något mönster som kan kopplas till en inverkan från torvtäkter. Avslutningsvis bedöms inte dagens ytsediment påverkas av de historiska torvtäkterna.

Tack

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare, Richard Bindler, för all vägledning och främst all kunskap du delat med dig av. Jag riktar även ett stort tack till min klasskamrat, Edith Aggling, för alla roliga timmar spenderade i labbet tillsammans under detta arbete. Slutligen vill jag passa på att tacka mina klasskamrater för dessa tre roliga, oförglömliga år.

Referenser

Chawchai, S., Kylander, M. E., Chabangborn, A., Löwemark, L. och Wohlfarth, B. 2016 Testing commonly used X-ray fluorescence core scanning-based proxies for organic-rich lake sediments and peat. *Boreas* 45: 180–189.

Chmiel, H. E., Niggemann, J. Kokic, J., Ferland, M., Dittmar, T och Sobek S. 2015. Uncoupled organic matter burial and quality in boreal lake sediments over the Holocene, J. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 120, 1751–1763,

Donahue, T., Renou Wilson, F., Pschenyckyj, C och Kelly-Quinn, M. 2022. A review of the impact on aquatic communities of inputs from peatlands drained for peat extraction. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy* 122B (3): 145-160.

El Bilali, L., Rasmussen, P. E., Hall, G. E. M. och Fortin, D. 2002. Role of sediment composition in trace metal distribution in lake sediments. *Applied Geochemistry* 17: 1171–1181.

Engstrom, D.R., Swain, E.B. och Kingston, J.C. 1985. A palaeolimnological record of human disturbance from Harvey's Lake, Vermont: geochemistry, pigments and diatoms. *Freshwater Biology* 15: 261-288.

Evans, D.J., Johnes, P.J och Lawrence, D.S. 2004. Physico-chemical controls on phosphorus cycling in two lowland streams. Part 2 - the sediment phase. *Science of The Total Environment* 329 (1–3): 165–182.

Francus, P., Lamp, H., Nakasawa, T., Marshall, M., Brown, E. och Suigetsu. 2009. The potential of high-resolution X-ray fluorescence core scanning: applications in paleolimnology. *PAGES News*, 17 (3), 93–95.

Gandois, L., Hoyt, A., Mounier, S., Le Roux, G., Harvey, C., Claustres, A., Nuriman, M. och Anshari, G. 2020. From canals to the coast: dissolved organic matter and trace metal composition in rivers draining degraded tropical peatlands in Indonesia. *Biogeosciences* 17(7): 1897–909.

Gälman, V., Rydberg, J., Sjöstedt de Luna, S., Bindler, R., och Renberg, I. 2008. Carbon and nitrogen loss rates during ageing of lake sediment; changes over 27 years studied in varved lake sediment. *Limnology & Oceanography* 53: 1076-1082.

Hansen, K., Hellsten, S., Holmgren, K., Liljeberg, M., Valley, S., Wisell, T., Zetterberg, T. och Olsson Öberg, M. 2016. Torvutvinningens miljöpåverkan. *Svenska Miljöinstitutet*, Rapport nr: C 198.

Kauppila, T., Ahokas, T., Nikolajev-Wikström, L., Mäkinen, J., Tammelin, M.H och Meriläinen, J.J. 2016. Aquatic effects of peat extraction and peatland forest drainage: a comparative sediment study of two adjacent lakes in Central Finland. *Environmental Earth Sciences* 75(1473).

Korsman, T., Nilsson, M. B., Landgren, K., och Renberg, I. 1999. Spatial variability in surface sediment composition characterised by near-infrared (NIR) reflectance spectroscopy. *Journal of Paleolimnology*, 22(1), 61-68.

Lenstra, W.K., Egger, M., van Helmond, N., Kritzberg, E., Conley, D.J och Slomp, C.P. 2018. Large variations in iron input to an oligotrophic Baltic Sea estuary: impact on sedimentary phosphorus burial. *Biogeosciences* 15 (22): 6979–6996.

Ljusnan-Voxnans vattenvårdsförbund. 2010. *Lvvf 2010. VISS.* https://viss.lansstyrelsen.se/ReferenceLibrary/51578/LVVF_2010.pdf

Meyer-Jacob, C., Vogel, H., Boxberg, F., Rosén, P., Weber, M och Bindler, R. 2014. Independent measurement of biogenic silica in sediments by FTIR spectroscopy and PLS regression. *Journal of Paleolimnology* 52: 245–255.

Meyers, P och Ishiwatari, R. 1993. Lacustrine organic geochemistryman overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments. *Organic geochemistry* 20(7): 867-900.

Meyers, P och Teranes, J. 2001. Sediment Organic Matter. Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Physical and Geochemical Methods 2: 239-269.

Meyers, P. 2003. Applications of organic geochemistry to paleolimnological reconstructions: a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. *Organic Geochemistry* 34 (2): 261-289.

Michelutti, N och Smol, JP. 2016. Visible spectroscopy reliably track trends in paleoproduction. *Journal of Paleolimnology* 56(4): 253-265.

Michelutti, N., Blais, J.M., Cumming, B.F., Paterson, A.M., Ruhland, K., Wolfe, A.P., och Smol, J.P. 2010. Do spectrally inferred determinations of chlorophyll a reflect trends in lake trophic status? *Journal of Paleolimnology* 43(2): 205-217.

Niemistö J, Holmroos H, Pekcan-Hekim Z, Horppila J (2008). Interactions between sediment resuspension and sediment quality decrease the TN:TP ratio in a shallow lake. *Limnology and Oceanography* 53(6):2407–2415.

Ohlson, M. & Okland, R.H. 1998. Spatial Variation in Rates of Carbon and Nitrogen Accumulation in a Boreal Bog. *Ecology* 79(8): 2745-2758.

Peinerud, E. 2000. Interpretation of Si concentrations in lake sediments: three case studies. *Environmental Geology* 40: 64–72 (2000).

Peinerud, E., Ingri, J och Ponter, C. 2001. Non-detrital Si concentrations as an estimate of diatom concentrations in lake sediments and suspended material. *Chemical Geology* 177: 229-239.

Polis, G.A., Anderson, W.B. och Holt, R.D. 1997. Toward an Integration of Landscape and Food Web Ecology: The Dynamics of Spatially Subsidized Food Webs. *Annual review of ecology and systematics* 28: 289-316. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.28.1.289

ProVAb. 2010. *Utredning gällande uppgrundning av Håsjön, Yttersjön och Håtjärnen*. Uppdragsnummer: 09 5 248

Ramchunder, S., Brown, L. och Holden, J. 2009. Environmental effects of drainage, drain-blocking and prescribed vegetation burning in UK upland peatlands. *Progress in Physical Geography* 33(1): 49–79.

Renberg, I., och Hansson, H. 2008. The HTH sediment corer. *Journal of Paleolimnology 40*(2): 655–659.

Rothwell, R. G. och Rack, F. R. 2006. New techniques in sediment core analysis: an introduction. *Geological Society, London, Special Publication* 267: 1–29

Rydberg, J. 2014. Wavelength dispersive X-ray fluorescence spectroscopy as a fast, non-destructive and cost-effective analytical method for determining the geochemical composition of small loose-powder sediment samples. *Journal of Paleolimnology* 52(3): 265–276.

Rydberg, J., Karlsson, J., Nyman, R., Wanhatalo, I., Näthe, K., och Bindler, R. 2010. Importance of vegetation type for mercury sequestration in the northern Swedish mire, Rödmossamyran. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 74(24), 7116-7126.

Sjöström, J., Bindler, R., Martínez Cortizas, A., Björck, S., Hansson, S., Karlsson, A., Ellerton, D och Kylander, M. 2022. Late Holocene peat paleodust deposition in south-western Sweden - exploring geochemical properties, local mineral sources and regional aeolian activity. *Chemical Geology* 602.

Slomp, C.P., Mort, H.P., Jilbert, T., Reed, D.C., Gustafsson, B.G. och Wolthers, M. 2013. Coupled dynamics of iron and phosphorus in sediments of an oligotrophic coastal basin and the impact of anaerobic oxidation of methane. *PLOS One* 8 (4), e62386.

Tolu, J., Rydberg, J., Meyer-Jacob, C., Gerber, L och Bindler, R. 2017. Spatial variability of organic matter molecular composition and elemental geochemistry in surface sediments of a small boreal Swedish lake. *Biogeosciences*, 14(7), 1773–1792,

Tuukkanen, T., H. Marttila och B. Klïve. 2014. Effect of soil properties on peat erosion and suspended sediment delivery in drained peatlands. *Water Resources Research* 50: 3523–3535. doi:10.1002/2013WR015206.

VISS. 2024a. *Håsjön*. https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA22401917 (hämtad 2024-05-20)

VISS. 2024b. *Yttersjön*. https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA44933381 (hämtad 2024-05-20)

VISS. Utan år. *Avancerat sök.* http://viss.lansstyrelsen.se (hämtad 2024-05-25)

Wetzel, R.G. 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems. 3. Uppl. London: Academic Press. ISBN: 978-0127447605.

Yin, H., Feng, X. H., Qiu, G. H., Tan, W. F., och Liu, F. 2011. Characterization of Co-doped birnessites and application for removal of lead and arsenite, *Journal of Hazardous Materials* 188(1-3): 341–349.

Zolitschka, B., Francus, P., Ojala, A.E.K., och Schimmelmann, A. 2015. Varves in lake sediments – a review. *Quaternary Science Reviews* 117: 1-41. DOI: 10.1016/j.quascirev.2015.03.019

Bilaga 1

Rådata, id placerade i ordning för transekterna.

Sample	Mg (%)	Al (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	K (%)	Ca (%)	Fe (%)	Cu (ppm	Zn (ppm	Pb (ppm)	Ti (ppm)	Mn (ppm)	Zr (ppm)	LOI	klorofyll (ug/g)	Bulkdensitet (g/cm3)	C/N	Si/AL
YS 1	0,021	1,554	19,821	0,134	0,180	0,789	1,201	7,787	14,0	72,0	15,0	2227	6614	278,0	0,180	61,50	0,146	13,17	14,45
YS 2	0,008	1,528	20,150	0,190	0,203	0,764	1,058	8,233	16,0	110,5	17,5	2013	11707	149,5	0,210	43,50	0,103	13,62	14,94
YS 3	0,030	1,408	18,735	0,252	0,163	0,667	1,013	9,252	18,0	117,0	5,0	1701	27483	140,0	0,220	34,80	0,094	13,52	15,08
YS 4	0,027	1,337	18,550	0,512	0,164	0,689	1,239	10,788	14,0	106,0	15,0	1754	16078	107,0	0,201	50,00	0,084	12,15	15,72
YS 5	0,023	1,512	19,923	0,323	0,348	0,739	1,383	7,886	19,0	122,0	13,0	1833	4835	169,0	0,180	45,40	0,101	12,27	14,92
YS 6	0,031	1,573	18,783	0,171	0,151	0,758	1,127	7,730	12,0	87,0	11,0	1919	23872	187,0	0,180	22,80	0,047	13,64	13,53
YS 7	0,008	1,362	19,375	0,259	0,193	0,660	0,986	9,624	17,0	116,0	16,0	1740	4930	104,0	0,230	42,40	0,042	13,83	16,12
UT 1	0,025	1,193	18,455	0,514	0,126	0,600	1,047	12,088	20,5	99,5	11,0	1626	5354	93,0	0,230	48,60	0,063	12,33	17,52
YS 8	0,008	1,462	20,248	0,275	0,142	0,637	0,932	9,738	19,0	99,0	19,0	1730	11605	94,0	0,204	41,00	0,086	12,60	15,68
YS 9	0,020	1,170	19,635	0,386	0,121	0,583	0,954	11,350	19,0	101,0	19,0	1609	9165	79,0	0,209	51,80	0,081	11,93	19,00
YS 10	0,021	1,459	20,285	0,202	0,192	0,707	0,991	9,335	22,0	112,0	16,0	1851	11147	122,0	0,211	38,70	0,072	13,41	15,75
YS 11	0,031	1,401	19,947	0,217	0,185	0,671	0,922	9,794	20,0	103,0	5,0	1825	5306	113,0	0,230	42,70	0,078	13,34	16,13
YS 12	0,020	1,305	19,463	0,334	0,136	0,635	0,890	10,141	21,0	96,0	23,0	1801	4844	98,0	0,190	53,90	0,092	12,28	16,90
YS 13	0,044	1,219	17,716	0,412	0,140	0,583	0,920	13,856	16,0	85,5	17,0	1542	6320	75,5	0,240	47,30	0,098	12,62	16,47
YS 14	0,008	1,329	18,454	0,204	0,182	0,671	1,143	9,249	21,0	103,0	5,0	1825	27719	112,0	0,230	32,20	0,077	12,54	15,73
YS 15	0,033	1,401	19,230	0,286	0,148	0,668	0,891	10,830	19,0	99,0	18,0	1824	4933	107,0	0,220	45,20	0,078	12,83	15,55
YS 16	0,032	1,285	18,693	0,295	0,152	0,633	0,872	11,448	14,0	96,0	5,0	1731	5652	111,0	0,230	47,80	0,086	12,54	16,48
YS 17	0,033	1,301	19,083	0,366	0,144	0,620	0,895	11,719	11,0	95,0	21,0	1689	6092	84,0	0,230	42,60	0,092	12,79	16,62
YS 18	0,025	1,416	22,254	0,174	0,307	0,722	0,983	5,556	17,0	106,0	17,0	1813	1809	185,0	0,207	54,20	0,107	12,60	17,80
YS 19	0,026	1,552	20,556	0,138	0,161	0,808	1,092	5,904	10,0	62,0	10,0	2321	6997	359,0	0,108	37,00	0,164	13,16	15,00
YS 20	0,031	1,360	19,201	0,278	0,155	0,660	0,877	11,743	23,0	98,0	19,0	1666	5374	105,0	0,216	38,10	0,120	12,90	15,99
YS 21	0,022	1,424	18,769	0,220	0,155	0,702	0,952	11,056	10,0	99,0	21,0	1883	5807	135,0	0,220	41,30	0,063	12,81	14,93
DH 1	0,022	1,475	19,114	0,339	0,171	0,702	0,915	9,826	21,5	105,0	14,0	1828	4262	136,0	0,230	33,90	0,071	13,58	14,68
HT 1	0,008	1,053	19,448	0,141	0,239	0,521	1,083	10,208	16,0	154,5	18,0	1284	21255	64,5	0,290	91,30	0,061	13,17	20,93
HS 1	0,008	1,867	14,804	0,215	0,214	0,816	1,215	11,843	20,5	76,5	14,0	2264	4292	190,0	0,262	21,70	0,083	16,35	8,98