

Industriella utsläpp till Östersjön

En kartläggning av utsläpp och effekter från
pappers- och massaindustrin

Anna Frödin

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 732
(15 hp/ECTS credits)



Miljö- och geovetenskapliga institutionen
Lunds universitet
2026

Industriella utsläpp till Östersjön

En kartläggning av utsläpp och effekter från pappers- och massaindustrin

Kandidatarbete
Anna Frödin

Miljö- och geovetenskapliga institutionen
Lunds universitet
2026

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
Abstract	6
1. Introduktion	7
1.1 Syfte och frågeställningar	7
1.2 Bakgrund	7
1.2.1 Svensk pappers- och massaindustri	7
1.2.2 Pappers- och massabruk i Östersjöområdet	7
1.2.3 Utsläpp från pappers- och massaindustrin	7
2. Metodik	9
2.1 Litteraturstudie och analys	9
2.2 GIS	9
3. Resultat	10
3.1 Utsläpp från pappersbruk 1980-1984 och 2020-2024	10
COD & BOD ₇	10
BOD ₇ /COD	13
Suspenderade ämnen	14
Processvatten	14
3.2 Fiberbankar, fiberrika sediment och energi	15
3.3 Siktdjup	17
4. Diskussion	20
Siktdjup	20
Relationen BOD/COD	21
Utsläpp av COD, BOD ₇ och suspenderade ämnen	21
Fiberbankar och fiberrika sediment	21
5. Slutsatser	22
6. Tack	23
7. Referenser	23

Sammanfattning

ANNA FRÖDIN

Frödin, A., 2026: Industriella utsläpp till Östersjön - En kartläggning av utsläpp och effekter från pappers- och massaindustrin. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 732, 26 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Pappers- och massatillverkning har sedan början av 1900-talet varit en ekonomiskt viktig industri för Sverige men har historiskt bidragit till stora föroreningsutsläpp, något som man försökt åtgärda genom såväl svensk lagstiftning som på EU-nivå. I denna uppsats har fokus lagts på två huvudsakliga typer av utsläpp, dessa är brunt vatten och fibrer. Brunt vatten orsakas av högt innehåll av *chromophoric dissolved organic matter*, CDOM, där lignin är den främsta färgande molekylen i avloppsvatten från just pappers- och massaindustrin. Stora utsläpp av brunt vatten kan bidra till brunifiering av kustvattnet vilket kan leda till minskat siktdjup samt minskad primärproduktion till följd av att solinstrålningen inte kan tränga lika djupt ner i vattenmassan. Förlust av cellulosafibrer vid massaframställning leder till innehåll av suspenderade ämnen i avloppsvattnet. Sedimentation av fibrer kan leda till bildandet av fiberbankar eller fiberrika sediment med ett flertal miljöfarliga egenskaper. Syftet med uppsatsen är att undersöka och kartlägga vilka de huvudsakliga utsläppstyperna från pappers- och massabruk är idag samt hur utsläppen förändrats sedan 1980-talet. För att besvara frågeställningarna har en litteraturstudie genomförts där statistik över utsläpp under två utvalda tidsperioder analyserats. Utöver detta har siktdjup och energinivå i Östersjön analyserats med hjälp av geografiska informationssystem. Resultaten av studien indikerar att det finns ett samband mellan kustvattnets siktdjup och närhet till pappers- och massabruk, något som sannolikt går att koppla till utsläpp av brunt vatten med högt innehåll av CDOM. Vidare tycks det finnas ett samband mellan tillämpad framställningsprocess och dominerande typ av utsläpp. Utifrån resultaten av studien kan det konstateras att pappers- och massabruk har en omfattande påverkan på kustvattnet och bottenmiljön i brukens närområden trots att utsläppen har minskat kraftigt sedan 1980-talet.

Nyckelord: Östersjön, COD, BOD₇, CDOM, suspenderade ämnen, pappers- och massaindustri, brunt vatten, fiberbankar, fiberrika sediment, siktdjup, hydrodynamik.

Handledare: Helena Filipsson, Lunds universitet; Josefine Larsson, Marint Centrum i Simrishamn

Ämnesinriktning: Maringeologi

Anna Frödin, Miljö- och geovetenskapliga institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige.
E-post: anna.frodin@telia.com

Abstract

ANNA FRÖDIN

Frödin, A., 2026: Industriella utsläpp till Östersjön - En kartläggning av utsläpp och effekter från pappers- och massaindustrin. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 732, 26 pp. 15 hp (15 ECTS credits).

Abstract: Manufacturing of paper and pulp has been an economically important industry in Sweden since the beginning of the 20th century, however it has historically contributed to large amounts of pollution, something legislators have tried to mitigate through both national and European legislation. This report focuses on two main types of pollution, brown water and fibers. Brown water is the result of high levels of *chromophoric dissolved organic matter*, CDOM, in which lignin is the main contributor in wastewater originating from pulp and paper mills. Large effluents of brown water can contribute to brownification of the coastal waters and lead to reduction of water transparency as well as lower primary production due to less solar radiation deeper down in the water column. Suspended solids in wastewater is caused by loss of cellulose fiber in pulp production. Sedimentation of fibers can lead to the formation of fiber banks and fibrous sediments, both of which have several environmentally hazardous properties. The purpose of this report is to map and assess the main types of emissions from pulp and paper mills today as well as how the emissions have changed since the 1980s. To answer the research questions a literary review has been conducted in which emission statistics from two time periods of five years each has been analysed. In addition to this GIS has been used to analyse secchi depth and energy levels in the Baltic Sea. The results indicate a correlation between the secchi depth in coastal waters and proximity to pulp and paper mills, likely adhering to emissions of brown water with higher concentration of CDOM. Furthermore the results indicate a correlation between primary type of emission and manufacturing process. It is concluded that pulp and paper mills still have a large impact on coastal waters and seafloor conditions in nearby areas despite extensive reduction in emissions since the 1980s.

Keywords: Baltic Sea, COD, BOD₇, CDOM, suspended solids, pulp and paper industry, brown water, fiber banks, fibrous sediments, secchi depth, hydrodynamics.

Supervisor(s): Helena Filipsson, Lunds universitet; Josefine Larsson, Marint Centrum i Simrishamn

Subject: Marine Geology

Anna Frödin, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: anna.frodin@telia.com

1. Introduktion

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med föreliggande uppsats är att undersöka och kartlägga några huvudsakliga typer av föroreningar från pappers- och massabruk längs Östersjökusten, att undersöka faktorer som påverkar vilka utsläpp som sker och dess spridning, samt att jämföra dagens utsläpp med hur utsläppen sett ut historiskt. I uppsatsen undersöks även vilka effekter utsläppen får och hur detta påverkar vattenmiljön längs Sveriges östkust. Pappers- och massabruken som ingår i studien har valts ut med grund i dess geografiska närhet till Östersjön samt huruvida avloppsvattnet från bruken släpps ut direkt till Östersjön alternativt till vattendrag med direkt och nära anslutning till Östersjön. Med avloppsvatten avses i detta arbete både det vatten som används för nedkylning av processenheter, kylvatten, samt det vatten som används i själva processerna för framställning av papper och massa, processvatten.

För att uppfylla uppsatsens syfte ska följande frågeställningar besvaras:

- Vilka typer och mängder av utsläpp ser vi från dagens pappers- och massabruk längs Östersjökusten?
- Hur har utsläppen sett ut historiskt och var kan vi hitta spår av historiska utsläpp?
- Skiljer sig effekterna av utsläppen från pappers- och massaindustrin beroende på geografiskt läge och vad finns det i så fall för anledningar till det?

1.2 Bakgrund

1.2.1 Svensk pappers- och massaindustri

Skogsindustrin är en mycket viktig aktör inom svensk handel och export inom vilken pappers- och massaindustrin utgör en väsentlig del (Löfroth et al., 2021). Sverige är ledande i Europa som producent av pappersmassa och andra största producent av papper (Confederation of European Paper Industry, 2024). I Sverige finns det idag totalt cirka 50 aktiva massa- och pappersbruk som sammanlagt producerade åtta miljoner ton papper och elva miljoner ton massa under 2024 (Skogsindustrierna, u.å. a). Under första halvan av 1980-talet låg Sveriges produktion av massa omkring nio miljoner ton och produktionen av papper omkring sex miljoner ton (Statistiska Centralbyrån, 1985; 1986). *av massa, papper och kartong i kraft, detta* Historiskt har pappers- och massaindustrin bidragit till stora föroreningsutsläpp, i takt med att industrin växte under 1900-talet ökade också utsläppen till hav, sjöar och vattendrag (Apler et al., 2019). Sedan miljöskyddslagen (1969:387) och Miljöbalken (1998:808) trädde i kraft, år 1969 respektive 1999, med striktare krav för bland annat hantering av avloppsvatten från industrier och utsläpp till vatten har utsläppen från pappersindustrin minskat avsevärt. I september 2018 trädde även EUs BAT-slutsatser (Best Available Techniques) för produktion är ett sätt för EU att kräva bäst tillgängliga tekniker och processer används i syfte att minska utsläpp och miljöpåverkan från industrin. Genom BAT-slutsatserna sattes sträng-

are gränsvärden upp för utsläpp från pappers- och massabruk till vatten gällande bland annat kemisk syreförbrukning och suspenderade ämnen (European Commission, 2015).

Det finns två huvudtyper av massaframställning, kemisk och mekanisk. Såväl kemisk som mekanisk massaframställning grundar sig i separation av cellulosa-fibrer från resterande delar av veden som inte är av intresse för massatillverkningen. Den kemiska massatillverkningen delas in i två olika processer, sulfite- och sulfatprocessen. I båda processerna kokas träfliset för att separera cellulosa-fibrerna från vedråvaran, skillnaden mellan processerna är vätskans kemiska sammansättning. I sulfiteprocessen används en sur lösning bestående av svavelsyra (H_2SO_4) och vätesulfite (HSO_3^-) medan man i sulfatprocessen låter fliset koka i en basisk lösning av natriumhydroxid (NaOH) och natriumsulfid (Na_2S) (Svenska Geotekniska Föreningen, u.å.). Idag är sulfatprocessen den vanligaste massatillverkningsprocessen i Sverige. I den mekaniska massatillverkningen används inga kemikalier för att separera cellulosa-fibrerna. Vid framställning av termomekanisk massa (TMP) separeras fibrerna på mekanisk väg genom att träflis mals ner under uppvärmning med ånga. Kemitermomekanisk massa (CTMP) är en variant av TMP där träflisen impregneras med natriumsulfite (Na_2SO_3) innan den mekaniska malningen påbörjas (SCA, u.å.).

1.2.2 Pappers- och massabruk i Östersjöområdet

Pappers- och massabruk behöver kontinuerlig tillgång till vatten för sina processer och har därmed alltid varit lokaliserade i närheten av vattentillgångar (Gupta & Gupta, 2019). Sveriges östkust har historiskt varit, och är än idag, en populär plats för anläggning av pappers- och massabruk. Denna rapport fokuserar på de bruk längs Östersjökusten som är aktiva idag samt de fiberförekomster längs kusten som avsatts av tidigare aktiva bruk. De 15 aktiva bruk som ingår i studien, vilket län de tillhör samt deras geografiska lokalisering kan utläsas ur figur 1.

1.2.3 Utsläpp från pappers- och massaindustrin

Det avloppsvatten som bildas genom processer i pappers- och massaindustrin innehåller höga halter av organiskt material. Däribland färgande ämnen, främst lignin, samt suspenderade ämnen (suspended solids), vilka till stor del består av cellulosa-fibrer (Gupta & Gupta, 2019). Vid nedbrytning av organiskt material förbrukas syre, detta kan ske kemiskt eller biologiskt genom mikroorganismers nedbrytning. Den kemiska syreförbrukningen, COD (chemical oxygen demand), ger ett mått på hur mycket syre som skulle åtgå för att kemiskt oxidera allt organiskt material i ett vattenprov (Bydén et al., 2003). Även mikroorganismer förbrukar syre vid nedbrytning av organiskt material, hur stor förbrukningen är beskrivs av den biokemiska syreförbrukningen, BOD (biochemical oxygen demand). Vid analys av BOD i ett vattenprov utförs mätningar vid två tillfällen med sju dygn emellan, därav anges parametern vidare som BOD₇ (Bydén et al., 2003). Vilka typer av utsläpp som dominerar är avgörande för miljöpåverkan. Ligninet har en komplex molekylär



Fig. 1. Kartan visar en översikt över den geografiska lokaliseringen av de pappers- och massabruk som ingår i studien. Totalt ingår 15 bruk i undersökningen. Kartan visar även svenska län inom vilka de bruken som ingår i undersökningen är placerade. Kristianstad län som fanns under 1980-talet har idag slagits samman med före detta Malmöhus län och blivit Skåne län, men benämns fortsatt som Kristianstad län.

struktur vilket gör den svårnedbrytlig (Kirby, 2006). På grund av denna egenskap bidrar lignin mycket lite till den biokemiska syreförbrukningen, eftersom mikroorganismer inte klarar av att bryta ner molekylerna under den korta mätperioden vid mätning av BOD₇ (Blixt, 2006).

Brunt vatten

Processen då vatten gradvis blir mörkare och släpper igenom mindre solljus kallas brunifiering. Brunifiering av havsvattnet har observerats globalt och så även i Östersjön (Davies & Smyth, 2025). Vattnet vid kusten påverkas av processer i havet såväl som av terrestra processer. En viktig bidragande faktor till brunifieringen är de vattendrag som mynnar ut i Östersjön

och för med sig terrestra humusämnen, delvis nedbrutet och upplöst organiskt material. Detta orsakar brunifiering med gradvis mörkare vatten vilket i sin tur leder till att den fotiska zonen, det djup till vilket solljus tränger ner i vattenkolumnen, minskar (Davies & Smyth, 2025).

Det saknas idag kunskap om hur utsläpp från pappers- och massabruk bidrar till brunifieringen längs Östersjöns kust. Vid tillverkning av papper och massa frigörs stora mängder lignin från råmaterialet, den molekyl som utgör den mest bidragande faktorn till missfärgningen av avloppsvattnet (Kumar et al., 2021). Trots att processvattnet från pappers- och massabruk idag genomgår omfattande rening är det vanligt att vattnet som släpps ut har en påtagligt brunaktig färg. Detta orsakas bland annat av chromophoric dissolved organic matter (CDOM), färgade finkorniga partiklar av organiskt material som bildas vid nedbrytning av växtmaterial och andra organiska ämnen (Stedmon et al., 2000). Höga halter CDOM påverkar siktdjupet i vattnet. Siktdjupet är det djup till vilket ca 1% av det inkommande solljuset når (Bydén et al., 2003). Genom att absorbera och sprida ljus av olika våglängder gör innehållet av CDOM i vattnet att ljuset inte når lika djupt ner i vattenkolumnen (Bydén et al., 2003). Detta kan leda till en försämrad primärproduktion vid havsbotten genom att mängden UV-ljus som når genom vattenkolumnen minskar (Stedmon et al., 2000). Siktdjupet påverkas dock även av andra faktorer och varierar kraftigt under året, exempelvis beroende på väderförhållanden och årstid (Bydén et al., 2003).

Fibrer

Suspenderade partiklar är ett mått på mängden fasta ämnen i vattnet. I avloppsvatten från massa- och pappersbruk utgörs suspenderade partiklar vanligtvis till stor del av fiberfragment (European Commission, 2015). Innan ikraftträdandet av miljöskyddslagen (1969:387) och miljöbalken (1999:808) var processerna för rening av avloppsvatten från industrier otillräckliga och det förekom stora förluster av fibrer genom avloppsvattnet (Apler et al., 2019). Det vatten som släpps ut från pappers- och massabruk idag kan trots omfattande reningsprocesser innehålla suspenderat material i form av cellulosa-fibrer (Ali & Sreekrishnan, 2001). Hur stor mängd suspenderade ämnen det finns i avloppsvattnet skiljer sig mellan bruk och tillverkningsprocess.

Avsättningar av sediment med högt innehåll av fibrer har bildats i områden angränsande till pappers- och massabruk till följd av de höga halterna suspenderade ämnen i avloppsvattnet (Naturvårdsverket, 1995). Apler et al. (2019) definierar två typer av fiberavsättningar, *fiberbankar* som är mäktigare avlagringar i vilka fibrer och träflis är den övervägande beståndsdel, respektive *fiberrika sediment* i vilka det fibrösa materialet är uppblandat med naturliga sediment. Fiberbankar återfinns ofta i grundare vatten, detta beror troligtvis på fibrernas tendens att bilda så kallade flockar bestående av flera fibrer. Detta grövre fibrösa flockade material sedimenterar snabbt till följd av sin tyngd och avsätts i nära anslutning till utsläppskällan (Norrlin & Josefsson, 2017). I grunda vatten utsätts botten i större utsträckning för erosion till följd av

vågrörelser och strömmar vilket kan leda till resuspension av material och föroreningar från fiberbankarna (Apler et al., 2019). Under sådana energirika förhållanden sker ingen omfattande ackumulation av nytt material och därför är fiberbankarna sällan över-sedimenterade av naturliga sediment (Norrlin & Josefsson, 2017). Fiberrika sediment i vilka naturliga sediment såsom sand och silt blivit uppblandade med fibrer och flis är vanligtvis tunnare avlagringar än fiberbankarna (Apler et al., 2019). Det fibrösa materialet i dessa avsättningar har transporterats längre, troligtvis för att det inte bildat flockar, och sedimenterat i lugnare och något djupare vatten (Norrlin et al., 2016). I sådana lugnare områden är ackumulationen större och transporten mindre vilket lett till att dessa sediment till större grad är översedimenterade av recenta, naturliga sediment (Norrlin & Josefsson, 2017).

De fiberhaltiga avsättningarna har ett flertal problematiska egenskaper. De höga halterna av organiskt material i fiberavsättningarna kan orsaka syrebrist i omgivningen då nedbrytningen av det organiska materialet förbrukar syre (Apler et al., 2014). Fiberavsättningar innehåller ofta höga halter av långlivade organiska föreningar (POPs) och tungmetaller (Dahlberg et al., 2020). Höga halter organiskt kol (TOC) i sedimentet möjliggör både absorption och adsorption, dvs att ämnen tas upp av eller fastnar på ytan av ett annat ämne, av POPs (Dahlberg et al., 2020). När nedbrytning av organiskt material sker vid anaeroba förhållanden leder processen till gasbildning av metan (CH_4), hur mycket metan som bildas beror bland annat på tillgången av organiskt material (Lehoux et al., 2021), till följd av mycket höga TOC-värden i fibersediment är dess utsläpp av metangas större än i naturliga sediment (Lehoux et al., 2021).

2. Metodik

2.1 Litteraturstudie och analys

Arbetet är delvis en litteraturstudie. Informations-sökning har skett kontinuerligt under arbetet. Sökande av vetenskaplig litteratur har gjorts i Web of Science där fokus riktats mot granskade artiklar inom ämnesområdet. Branschrelaterade skrifter, myndighets-rapporter och information om tekniska standarder har främst inhämtats genom sökningar på Google. Sökprocessen har varit iterativ och genomförts i flera omgångar där inhämtad information bidragit till mer fokuserade och specifika sökningar allteftersom avgränsande sökord identifierats.

För detta arbete har två tidsperioder om vardera fem år valts ut för djupare undersökning, 1980-1984 samt 2020-2024. Perioderna har valts ut för att representera olika skeden i utvecklingen av pappers- och massaindustrin i Sverige. Mellan 1980 och 1984 hade omställningen mot ett miljövänligare arbetssätt inom industrin påbörjats. Mycket har dock fortsatt förändrats under de senaste 40 åren, bland annat till följd av EUs BAT-slutsatser som trädde i kraft 2018, detta representeras av perioden 2020-2024. Statistik över utsläppssiffror under 1980-1984 har inhämtats från Statistiska Centralbyrån. Utsläppssiffror över COD, suspenderade ämnen samt utsläpp av

processvatten och produktionssiffror under åren 2020 till 2024 har inhämtats från Skogsindustriernas miljödatas och utsläppssiffror över BOD_7 under samma period har inhämtats från Naturvårdsverkets utsläppsregister (Swedish Pollutant Release and Transfer Register). I begränsad utsträckning baseras datan på personlig kontakt med pappers- och massabruken, detta i de fall där uppgifter saknats i databaserna. Data över vattenföring i vattendrag kopplade till de utvalda bruken har inhämtats från Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, SMHI.

Mätvärden för BOD_7 och COD har använts för att beräkna kvoten BOD_7/COD vilket ger ett mått på hur biologiskt nedbrytbart det organiska materialet i ett vattenprov är. Lignin bidrar övervägande till COD och en låg BOD_7/COD -kvot kan därför förklaras av höga halter lignin. Eftersom CDOM i avloppsvatten från pappers- och massaindustrin till största del består av lignin är det möjligt att utifrån kvoten dra slutsatser om hur mycket lignin provet innehåller samt i förlängningen hur brunt det utsläppta vattnet är. Detta kan i sin tur ge information om och hur stor påverkan föroreningen kan tänkas ha på siktdjup och UV-absorption i utsläppsområdet. Metoden ger ingen exakt siffra på mängden CDOM i vattnet men kan ge en indikation om innehållet av lignin och därmed mängden CDOM.

2.2 GIS

Kartorna i rapporten har tagits fram med hjälp av geografiska informationssystem (GIS), specifikt programvaran QGIS. Rasterdata över siktdjup har inhämtats från Helsingforskonventionen, HELCOM. Datasetet heter "Secchi Depth (Mean)" och är ett årsmedelvärde för siktdjup i Östersjön. Eftersom siktdjupet varierar mycket mellan årstider valdes ett dataset med årsmedelvärde för att ge ett mer representerande resultat än ett värde för ett specifikt datum eller månad. För analys av siktdjup skapades tre zoner parallellt med kusten, 0-5 km, 5-10 km samt 10-20 km. Zonerna valdes ut för att representera ett när-område till kustlinjen inom vilket det troligt skulle kunna finnas en påverkan från pappers- och massabruk men inte enbart representera det mest vågpåverkade området allra närmast land. Därefter skapades buffertzoner kring varje bruk i studien med samma avståndskategorier, detta för att undersöka eventuella skillnader mellan brukens närområden och referensområden längs övriga delar av kusten (figur 2). Vektordata över fiberhaltiga sediment har inhämtats från Sveriges Geologiska Undersökning (SGU), datasetet heter "Fiberhaltiga sediment" och är en kartläggning av fiberbankar och fiberrika sediment längs delar av Sveriges kust. Datan användes för att koppla fiberhaltiga sediment till de bruk som ingår i studien samt undersöka eventuella nedlagda bruk som gett upphov till liknande avsättningar. För att undersöka de fiberhaltiga sedimentens avsättnings-miljöer har observationer av sediment från SGUs kartläggningar analyserats utifrån energinivå och bottenotyp.

Rasterdata över bottensediment hämtades från Helsingforskonventionen, HELCOM. Datasetet heter "Seabed sediments (BALANCE)" och innehåller data över havsbottens ytliga sediment. Datan är indelad i



Fig 2: De pappers- och massabruk som valts ut för rapporten samt de referensintervall mellan bruken som använts i analysen av siktdjup längs Östersjökusten.

fem kategorier, berggrund, hårbottenkomplex, grov-till finsand (delvis grus), hård lera samt lera och gyttja. Dessa fem kategorier användes för att göra tolkningar om energin vid botten. Berggrund och hårbotten tyder på hög till mycket hög energi och erosionsbotten, sand och hård lera indikerar medelhög energi och transportbotten och lera och gyttja indikerar låg energi och ackumulationsbotten. Tabell 1 nedan visar hur kategoriseringen i datasetet över botten sediment från HELCOM använts för att tilldela områden i Östersjön ett energiindex och utifrån detta tolka energinivån och botten typen i vardera område. Datasetet har en upplösning som varierar mellan 1:20 000 och 1:1 000 000 över hela utsträckningen. För rapportens syfte har datan använts trots att dess noggrannhet inte är helt tillfredsställande, detta för att skapa en överblick över botten typ och energi i Östersjön och kunna ge en visning om troliga lokaler för ackumulation av fiberrika sediment.

3. Resultat

3.1 Utsläpp från pappersbruk 1980-1984 och 2020-2024

COD & BOD₇

Tabell 2 visar en sammanställning av de pappers- och massabruk som är aktiva idag respektive de bruk som var aktiva mellan åren 1980-1984 fördelat över län inom undersökningsområdet. Tabellen visar även vilken process de olika aktiva bruken använder vid tillverkningen samt den genomsnittliga produktionen under 2020-2024. Den vanligaste processen för de undersökta bruken är sulfatprocessen som används av elva av bruken. TMP/CTMP används vid tre bruk varav SCA Örtviken under perioden har genomfört en övergång till TMP/CTMP, 2024 var det första året med fullskalig produktion. Endast Sylvamo Nymölla använder sig av sulfitprocessen. Under perioden 1980-1984 fanns det fler aktiva bruk i Sverige än vad det finns idag, en del av de bruken som var aktiva under 1980-talet är fortsatt aktiva men ingår inte i denna

Tabell 1: Tabellen visar de kategorier som datasetet över botten sediment i Östersjön är indelat i. Kategorierna (I - V) har använts för att tolka energimiljön vid havsbotten, detta har använts för att tilldela varje kategori en botten typ: erosion, transport eller ackumulation, samt ett energiindex (1-4).

HELCOM-kategori	Havsbottenobservation	Tolkad energinivå	Tolkad botten typ	Energiindex
I	Bedrock	Hög - mycket hög energi	Erosion	4
II	Hard bottom complex, includes patchy hard surfaces and coarse sand (sometimes also clay) to boulders	Hög energi	Erosion / transport	4
III	Sand including fine to coarse sand (with gravel exposures)	Medel - hög energi	Transport	3
IV	Hard clay sometimes/ often/possibly exposed or covered with a thin layer of sand/gravel	Låg - medel	Transport	2
V	Mud including gyttja-clay to gyttja-silt	Låg	Akkumulation	1

undersökning. Tabell 2 anger även antal bruk som ingår i datan över utsläppssiffror för 1980-1984, Västernorrlands och Gävleborgs län var de som hade flest aktiva bruk under perioden med totalt nio respektive åtta pappers- och massabruk. Stockholm var det län med minst antal bruk med endast två aktiva bruk under perioden.

Utsläppen av COD och BOD₇ under åren 1980-1984 var generellt stabila inom varje län (figur 3). Störst var utsläppen i Västernorrlands och Gävleborgs län. I Västernorrland hade utsläppet av COD ett medelvärde av 180 000 ton/år med ett maximalt utsläpp över 200 000 ton under 1980 och 1981. Den biokemiska syreförbrukningen, BOD₇, uppgick till ett medelvärde av knappt 48 000 ton/år. Även Gävleborgs län låg högt i utsläpp av både COD och BOD₇ under perioden jämfört med resterande län, utsläppen av COD uppgick till ett medelvärde av drygt 95 000 ton/år med högst värden under 1980 och 1981 då utsläppen uppgick till omkring 110 000 ton. BOD₇ uppgick till ett medelvärde av knappt 23 000 ton/år i Gävleborgs län under perioden. Lägst var utsläppen i Stockholm, Kalmar och Östergötlands län. I Stockholm underskred utsläppen av COD 10 000 ton för samtliga år med ett medelvärde av 8200 ton/år och BOD₇ varierade mellan 2100 och 3100 ton med ett medelvärde av drygt 2600 ton/år. I Kalmar län uppgick utsläppen av COD till medelvärde av knappt 10 500 ton/år, BOD₇ i länet var lägst av samtliga län i undersökningen med ett medelvärde av endast 1500 ton/år. För Östergötlands län uppgick COD till ett medelvärde av 15 000 ton/år och BOD₇ till ett medelvärde av knappt 3000 ton/år.

I figur 4 visas resultatet för utsläpp av COD och BOD₇ under åren 2020-2024 fördelat över år och bruk. SCA Östrand och Sylvamo Nymölla var de bruk som hade störst utsläpp av COD under perioden. SCA Östrand hade ett maximalt utsläpp av COD omkring

9250 ton under 2021, medelvärdet för hela perioden uppgick till 8300 ton/år. BOD₇ vid SCA Östrand uppgick till ett medelvärde av drygt 500 ton/år. För Sylvamo Nymölla uppgick COD-utsläppen till ett genomsnittligt värde av drygt 10 300 ton/år vilket är det högsta genomsnittliga värdet bland de studerade bruken under perioden, BOD₇ var dock lågt i jämförelse med resterande bruk och uppgick till ett medelvärde av knappt 180 ton/år. Störst var utsläppen av BOD₇ från SCA Munksund med ett genomsnittligt värde av knappt 1200 ton/år, medelvärdet dras upp av värdena för 2020 och 2021 som båda översteg 2000 ton/år. För två av bruken, Holmen Iggesund och Holmen Braviken, har inga värden för mängd utsläppt BOD₇ kunnat inhämtas, mätvärden saknas även gällande COD för Södra Cell Mönsterås samt Södra Cell Mörrum.

Medelvärdet för utsläpp av COD i Västernorrland som uppgick till 180 000 ton/år mellan 1980 och 1984 härstammar från totalt nio bruk. De bruk som studerats inom Västernorrlands län under 2020-2024 är tre stycken, Mondi Dynäs, SCA Östrand och SCA Ortvisen. Dessa tre bruk har sammanlagt ett genomsnittligt utsläpp av knappt 12 500 ton COD per år under perioden 2020-2024, vilket motsvarar omkring 7% av det genomsnittliga utsläppet i länet under perioden 1980-1984. I Kristianstad län uppgick medelutsläppet av COD under 1980-1984 till drygt 40 600 ton/år med fyra aktiva bruk. Under 2020-2024 har endast ett bruk inom länet studerats, Sylvamo Nymölla, där medelvärdet för COD-utsläpp uppgick till drygt 10 300 ton/år vilket motsvarar drygt 25% av utsläppen i Kristianstad län under 1980-1984. Utsläppen av COD är, för samtliga bruk, betydligt större än utsläppen av BOD₇ under såväl 1980-1984 som 2020-2024 (figur 3; 4). Detta är förväntat för utsläpp från pappersbruk där innehållet av lignin ofta är högt jämfört med utsläpp från andra industrier.

Tabell 2: Sammanställning över pappers- och massabruk som är aktiva idag respektive bruk som var aktiva under åren 1980-1984 fördelat på län inom rapportens undersökningsområde. Bruk vars verksamhet avslutades någon gång under åren 1980-1984 har med detta årtal inom parentes. I tabellen anges även hur stor den genomsnittliga produktionen varit för respektive bruk under 2020-2024 samt vilken tillverkningsprocess som används. Statistik över tillverkning är hämtad från Skogsindustriernas miljödatabas. Information om under vilka år bruken varit aktiva har hämtats från Brukshistoria (2019).

Län	Aktiva bruk 2020-2024	Genomsnittlig produktion 2020-2024 (ton/år)	Process	Aktiva bruk 1980-1984 (år nedlagt)	Antal aktiva bruk 1980-1984
Stockholm	Holmen Hallsta	450 000	TMP	Hallsta, Tumba	2
Östergötland	Holmen Braviken	435 000	TMP	Braviken, Långasjönäs, Skärblacka	3
Kalmar	Södra Cell Mönsterås	710 000	Sulfat	Mönsterås, Emsfors, Figeholm, Edsbruk, Silverdalen	4
Blekinge	Södra Cell Mörrum	395 000	Sulfat	Mörrum, Nättraby, Djupafors	3
Kristianstad	Nymölla	290 000	Sulfit	Nymölla, Klippan, Broby (-82), Östanå (-81)	4
Gävleborg	Holmen Iggesund	390 000	Sulfat	Iggesund, Vallvik, Gävle, Norsundet, Hammarby, Forsså (-83), Strömsbruk, Marmaviken	8
	Rottneros Vallvik	230 000	Sulfat		
	Billerud Gävle	620 000	Sulfat		
Västernorrland	Mondi Dynäs	255 000	Sulfat	Dynäs, Östrand, Ortvisen, Wifstavarfs, Utansjö, Väja, Domsjö, Husums, Köpmanholmen (-82)	9
	SCA Östrand	830 000	Sulfat		
	SCA Ortvisen	375000 *	TMP/CTMP		
Västerbotten	SCA Obbola	495 000	Sulfat	Obbola, Bure träsliperi, Hörnefors (-82)	3
Norrbotten	Billerud Karlsborg	300 000	Sulfat	Karlsborg, Piteå, Munksund	3
	Smurfit Westrock Piteå	665 000	Sulfat		
	SCA Munksund	270 000	Sulfat		

*Värdet är inte ett genomsnitt för perioden utan representerar 2024 års produktion. SCA Ortvisen genomförde under 2022-2023 en omfattande omställning av verksamheten från tillverkning av finpapper till TMP/CTMP. 2024 var första året med fullskalig produktion.

COD och BOD₇ fördelat över län och år (1980-1984)

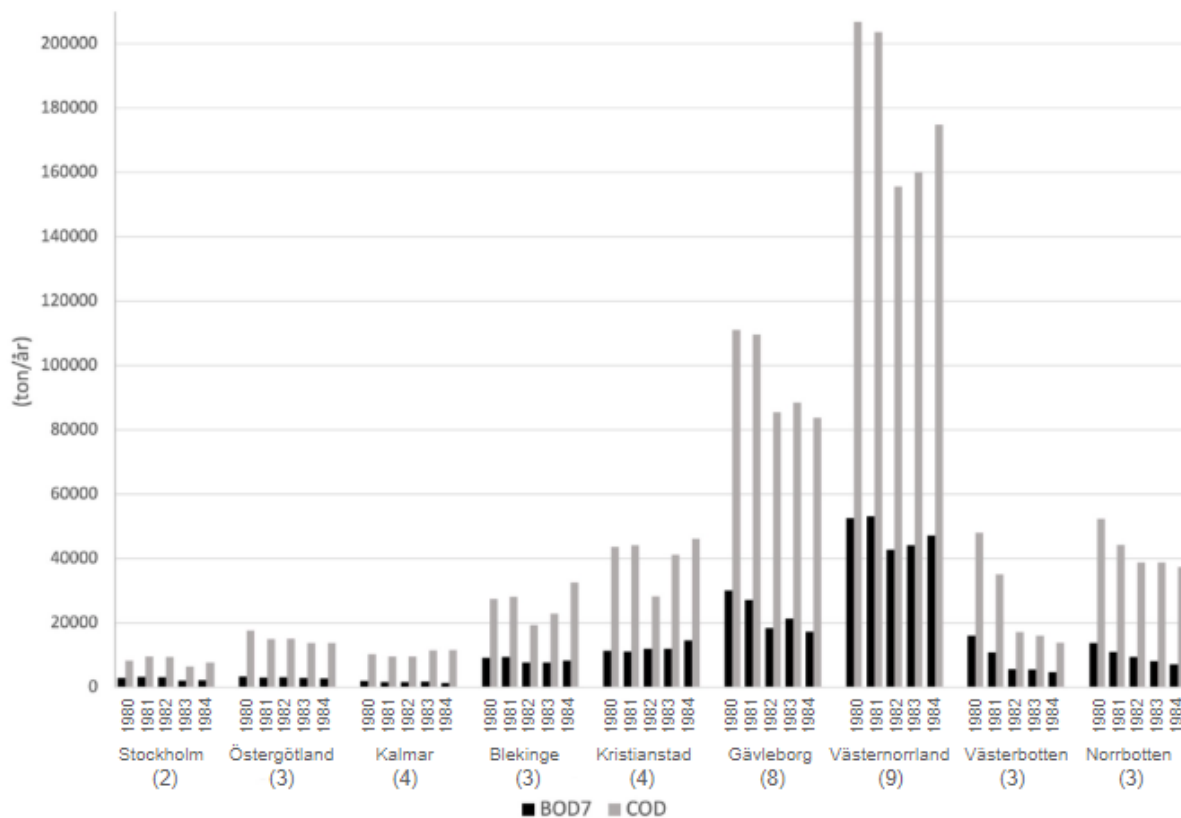


Fig 3: Diagrammet visar utsläppsnivåer av kemiskt syreförbrukande ämnen, COD, samt biokemiskt syreförbrukande ämnen, BOD₇, fördelat på år och län baserat på statistik från Statistiska Centralbyrån (1995; 1996). Inom parentes under varje län anges hur många bruk som var aktiva inom länet under 1980-1984.

Utsläpp av COD och BOD₇ fördelat över bruk och år (2020-2024)

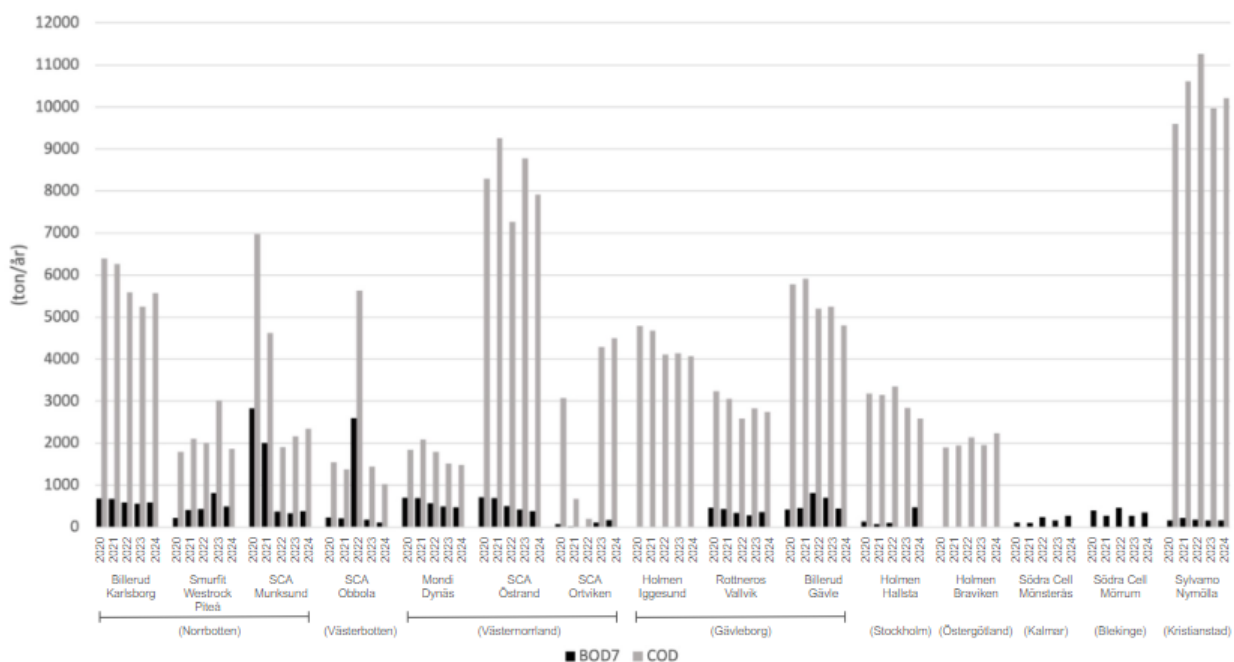


Fig 4: Diagrammet visar utsläppsnivåer av kemiskt syreförbrukande ämnen, COD, samt biokemiskt syreförbrukande ämnen, BOD₇, fördelat på år och bruk. Datan är baserad på statistik från Naturvårdsverkets utsläppsregister och Skogsindustriernas miljödatabas. Inom parentes under varje bruk anges vilket län bruket tillhör. Notera skillnaden i axlar mellan figur 3 och 4.

BOD₇/COD

Figur 5 visar kvoten mellan BOD₇/COD i utsläppen från pappers- och massabruk under åren 1980-1984 återigen fördelat på län. Högst var BOD₇/COD-kvoten i Blekinge och Västerbottens län med 0,33 i båda länen. Lägst kvot hade Kalmar län med ett medelvärde av 0,15 för hela perioden. Kvoterna för varje år varierar något inom länen, Kristianstad län har den största variationen med en maximal avvikelse på 0,169 mellan 1981 och 1982, medelvärdet för kvoten under hela perioden i länet var 0,31. Ett fåtal avvikande värden förekommer, främst för Blekinge län 1982 och Kristianstad län 1982 där årskvoten överstiger medelvärdet för resterande år (figur 5).

BOD₇/COD-kvoten för åren 2020-2024 redovisas i figur 6. Högst BOD₇/COD-kvot hade Mondi Dynäs med ett medelvärde av 0,33 för hela perioden. Sylvamo Nymölla var det bruk som hade lägst kvot

med ett medelvärde av 0,02. Majoriteten av värden för BOD₇/COD ligger mellan 0,02 och 0,3 med ett fåtal avvikande värden. SCA Obbola hade 2022 en kvot som uppgick till 0,46 vilket är omkring tre gånger större än resterande år för bruket. Även SCA Munksund hade 2020-2021 kvoter som översteg 0,4 medan de resterande tre åren hade en kvot mellan 0,15 -0,19. Holmen Hallsta hade 2024 en BOD₇/COD-kvot som uppgick till 0,18 vilket var betydligt högre än tidigare år vars kvoter varierade mellan 0,02-0,04. För fyra bruk, Holmen Iggesund, Holmen Braviken, Södra Cell Mönsterås samt Södra Cell Mörrum har BOD₇/COD-kvoten inte kunnat beräknas, detta beror på att värden för någon av parametrarna saknas i redovisningen och inte kunnat inhämtas på annat sätt. Av samma anledning saknas även kvoten för Holmen Hallsta för år 2023.

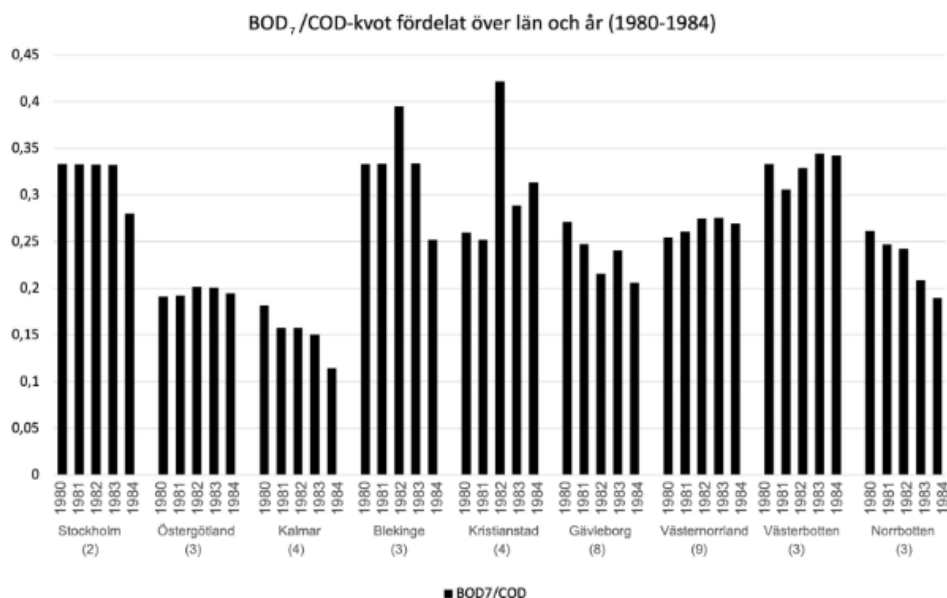


Fig 5: BOD₇/COD-kvot för åren 1980-1984. Datan är fördelad över och och län, i varje län ingår mer än ett bruk. Inom parentes under varje län anges hur många bruk som var aktiva inom länet under perioden 1980-1984. Statistik hämtad från Statistiska Centralbyrån (1995; 1996).

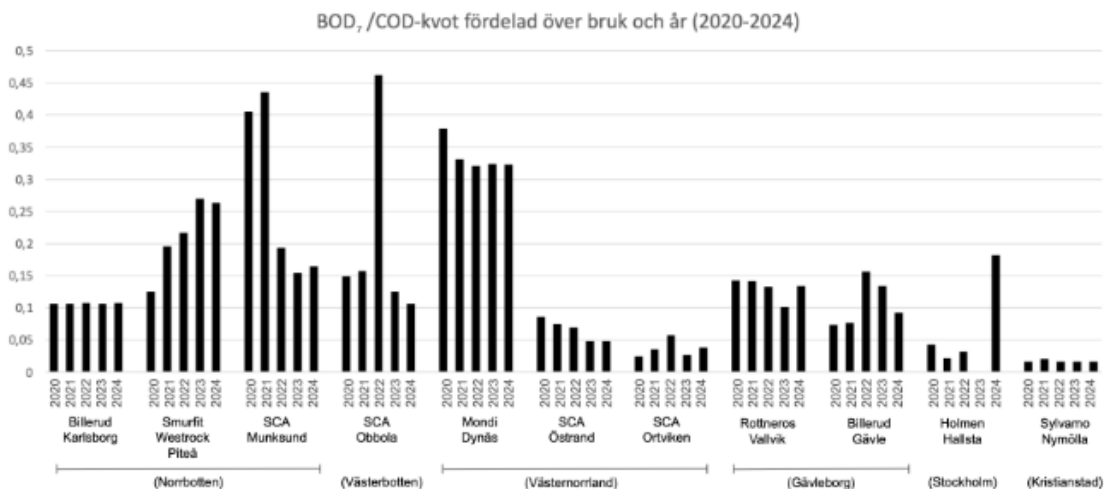


Fig 6: BOD₇/COD-kvot under åren 2020-2024 fördelat över bruk. Inom parentes anges vilket län bruket tillhör. För fyra bruk har kvoten inte kunnat beräknas till följd av avsaknad av uppgifter gällande antingen BOD₇ eller COD. För Holmen Hallsta saknas av samma anledning en kvot för 2023. Datan baseras på statistik från Naturvårdsverkets utsläppsregister och Skogsindustriernas miljödatabas

Suspenderade ämnen

Utsläppen av suspenderade ämnen under åren 1980-1984 var störst i Gävleborgs och Västernorrlands län (figur 7). Västernorrlands län hade det högsta genomsnittliga utsläppet av suspenderade ämnen med ett medelvärde av 14 300 ton/år med ett maximalt utsläpp av över 23 000 ton under år 1980, vilket är omkring dubbelt så mycket som under de efterföljande fyra åren. I Gävleborgs län uppgick det genomsnittliga utsläppet av suspenderade ämnen till knappt 9000 ton/år. Lägst var utsläppen i Kalmar och Blekinge län där utsläppen understeg 2000 ton under samtliga fem år. För Kalmar län var medelvärdet för suspenderade ämnen 760 ton/år och för Blekinge var utsläppen drygt 1500 ton/år. För Stockholm, Kristianstad och Västerbottens län var medelvärdet för utsläppen drygt 2000 ton/år. Resultaten visar en nedåtgående trend i mängden utsläpp av suspenderade ämnen under perioden 1980-1984 för majoriteten av länen, endast Kristianstad visar en liten ökning av utsläppen av under slutet av perioden.

Under 2020-2024 varierade utsläppen av suspenderade ämnen både inom och mellan bruket (figur 8). Det lägsta uppmätta värdet var för SCA Ortvik 2022 med endast 59 ton suspenderade ämnen. Bruket hade ett medelutsläpp av 193 ton/år för hela perioden vilket var det lägsta medelvärdet av samtliga studerade bruk, dock genomgick bruket under perioden en omställning i framställningsprocess och var därmed inte i fullskalig produktion. Även SCA Munksund, Holmen Braviken och Mondi Dynäs

hade förhållandevis låga utsläpp av suspenderade ämnen under perioden med medelvärden inom 250-280 ton/år. Störst var utsläppen från Billerud Gävle med ett medelutsläpp på cirka 880 ton/år och ett maximalt värde på 950 ton under 2023. Även Billerud Karlsborg, SCA Östrand och Holmen Iggesund hade medelutsläpp överstigande 700 ton/år under perioden. Det sammanlagda medelutsläppet av suspenderade ämnen från bruket i Västernorrland under 2020-2024 var drygt 1200 ton/år, detta motsvarar knappt 9% av det totala utsläppet av suspenderade ämnen inom länet under perioden 1980-1984. I Norrbotten uppgår 2020-2024 års genomsnittliga utsläpp av suspenderade ämnen till knappt 1600 ton/år medan samma siffra för 1980-1984 uppgår till drygt 5300 ton/år vilket motsvarar en minskning med nästan 70%.

Processvatten

Tabell 3 anger från vilka vattendrag de undersökta bruket gör uttag till processvatten. Mängden utsläppt processvatten var störst från Södra Cell Mörrum, Billerud Gävle och Sylvamo Nymölla där samtliga medelvärden överstiger 28 000 000 m³/år. SCA Obbola var det bruk som släppte ut minst mängd processvatten, utsläppen uppgick till ett årligt medelvärde av 5 680 000 m³. Hur stor andel av tillförseln till utsläppspunkten som utgörs av naturlig vattentillförsel från vattendraget respektive härstammar från utsläppen av processvatten är anhängigt vattendragets storlek. Hur stort årsmedelvärde för vatten-

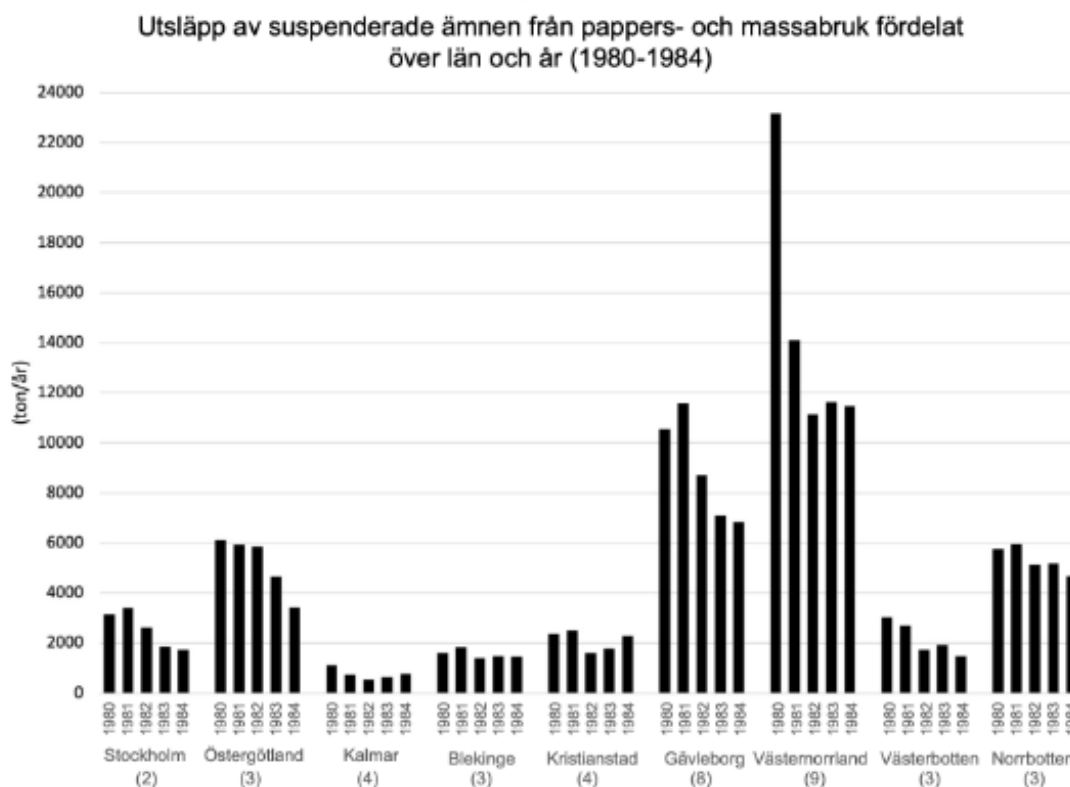
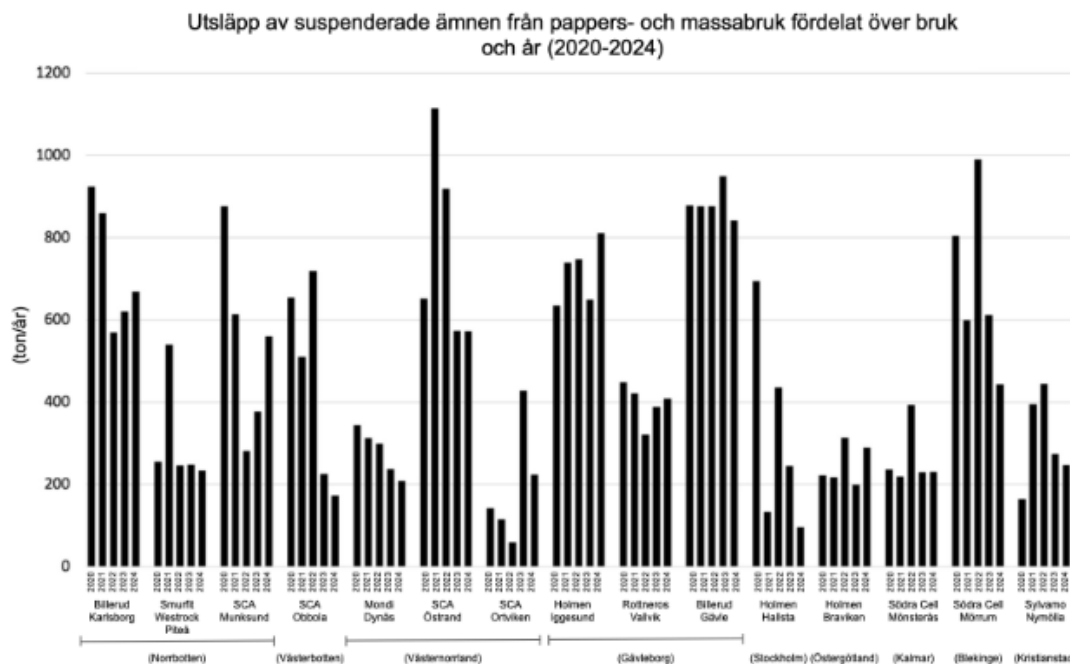


Fig 7: Mängden suspenderade ämnen i utsläpp från pappers- och massabruk fördelat på år och region. Statistik hämtad från Statistiska Centralbyrån (1995; 1996).



föring i vattendragen som bruken gör sina uttag från är anges i tabell 3. Störst vattenföring har Ångermanälven och Indalsälven som har en genomsnittlig vattenföring av omkring 17×10^9 respektive 15×10^9 m³/år, dessa två vattendrag försörjer Mondi Dynäs, SCA Östrand och SCA Örtviken med vatten. Vattenföringen i vattendragen kan jämföras med vattenföringen i de fem största vattendragen som mynnar ut i Östersjön (tabell 4), varav det största är floden Neva vars genomsnittliga vattenföring uppgår till omkring 73×10^9 m³/år och mynnar ut i Sankt Petersburg, Ryssland. Det bruk vars utsläpp av processvatten utgjorde störst procentuell andel av vattendragets vattenföring var Sylvamo Nymölla där utsläppen av processvatten motsvarade hela 10,5% av vattnet som

Skråbeån förde ut i Hanöbukten. För Holmen Iggesund samt Billerud Gävle motsvarade utsläppen vardera 4,2% av respektive vattendrags tillförsel, även för Södra Cell Mönsterås och Södra Cell Mörrum var utsläppet av processvatten högt jämfört med vattenförlingen i respektive vattendrag med drygt 3% av vattenförlingens storlek.

3.2 Fiberbankar, fiberrika sediment och energi

Jämförelsen mellan lokaliseringen av de bruk som valts ut för denna uppsats och de karteringar över fiberhaltiga sediment i Norrbotten, Västerbotten,

Tabell 3: Tabellen visar från vilka vattendrag bruken gör uttag av vatten för användning som processvatten samt medelutsläpp av processvatten under 2020-2024. Tabellen visar även hur stor den genomsnittliga vattenföringen i respektive vattendrag var under 2020-2024 samt hur stor andelen utsläppt processvatten är i jämförelse med vattenföringen. Siffror för vattenföring baseras på data från SMHI (u.ä. a) och siffror för processvattenutsläpp baseras på statistik från Skogsindustriernas miljödatabas. För Skeboån och Motala ström saknas värden för vattenföring.

BRUK	PROCESSVATTEN (1000 m3)	VATTENDRAG	VATTENFÖRING VATTENDRAG (1000 m3/år)	PROCESSVATTEN ANDEL AV TILLFÖRSEL	PROCENTUELL ANDEL (%)
Billered Karlsborg	16640	Kalixälven	10920000	0,0015	0,15
Smurfit Westrock Piteå	11614	Piteälven	5950000	0,0020	0,2
SCA Munksund	8679	Piteälven	5950000	0,0015	0,15
SCA Obbola	5680	Umeälven	8146000	0,0007	0,07
Mondi Dynäs	10880	Ångermanälven	17240000	0,0006	0,06
SCA Östrands	18261	Indalsälven	15560000	0,0012	0,12
SCA Ortviken	7536	Indalsälven	15560000	0,0005	0,05
Holmen Iggesund	22838	Delångersån	543000	0,0421	4,2
Rottneros Vallvik	13720	Ljusnefjärden	7752000	0,0018	0,18
Billered Gävle	28180	Gävleån	665000	0,0424	4,2
Holmen Hallsta	6780	Skeboån	-	-	-
Holmen Braviken	9519	Motala ström	-	-	-
Södra Cell Mönserås	21140	Emån	642800	0,0329	3,3
Södra Cell Mörrum	28880	Mörrumsån	846600	0,0341	3,4
Sylvamo Nymölla	28020	Skråheån	267700	0,1047	10,5

Tabell 4: D fem största vattendragen som mynnar ut i Östersjön, vid vilket lands kust mynningen är belägen samt hur stor respektive vattendrags genomsnittliga vattenföring är, siffrorna är baserade på information från HELCOM (Räike et al., 2021).

VATTENDRAG	UTMYNNING	VATTENFÖRING (1000 m3/år)
Neva	Ryssland	72850000
Vistula	Polen	35070000
Daugava	Lettland	19770000
Neman	Litauen	19270000
Oder	Tyskland / Polen	17530000

Västernorrland och Gävleborgs län som genomförts av SGU visar att det finns fiberbankar eller fiberhaltiga sediment i anslutning till samtliga nio bruk som ingår i denna studie och som ligger inom karteringsområdet (figur 9). Vid flera av bruken har både fiberbankar och fiberrika sediment kunnat påvisas. Fiberbankarna återfinns generellt i mycket nära anslutning till själva bruken eller utsläppskällan medan fiberrika sediment och fiberfattiga sediment påträffas på något längre avstånd från bruken. SGUs kartering visar även att det finns ett stort antal

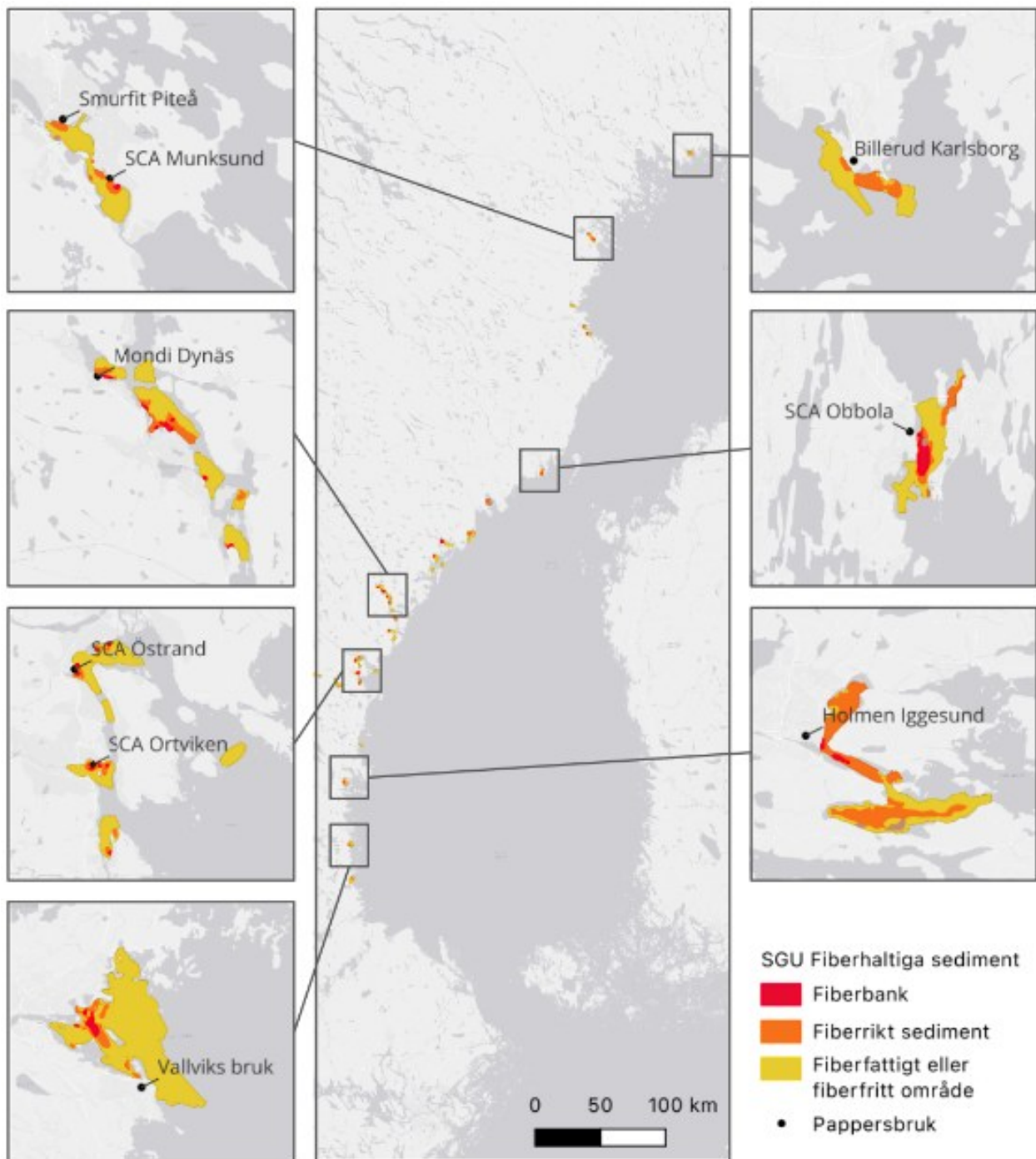


Fig 9: Detaljerad överblick över de aktiva bruk som ingår i studien och som ligger inom området för karteringen av fiberhaltiga avsättningar som genomförts av Sveriges Geologiska Undersökning, SGU. Fiberbankar, fiberrika sediment samt fiberfattigt eller fiberfritt område markeras i rött, orange respektive gult.

avsättningar av fiberbankar eller fiberrika sediment som kan kopplas samman med idag nedlagda bruk (figur 10). I många fall har tidigare aktiva bruk varit lokaliserade i anslutning till de bruk som är fortsatt aktiva idag. På sådana platser kan de fiberhaltiga sedimenten vara kopplade till flera bruk. I en del områden med fiberhaltiga sediment finns det idag ingen aktiv pappers- och massatillverkning. SGUs kartläggningar visar att fiberhaltiga sediment uteslutande är avsatta i områden där postglacial lera är den dominerande sedimenttypen. I figur 11 visual-

iseras den analys som genomförts av energinivå i Östersjön baserat på ytliga bottensediment. Områden med hög till mycket hög energi markeras av rött medan blå områden indikerar låg energi.

3.3 Siktdjup

Figur 12 visar årsmedelvärdet för siktdjup i Östersjön och tabell 4 visar hur siktdjupet varierar mellan och inom kustområden beroende på avstånd från land. Resultatet visar att närområdet kring pappers- och

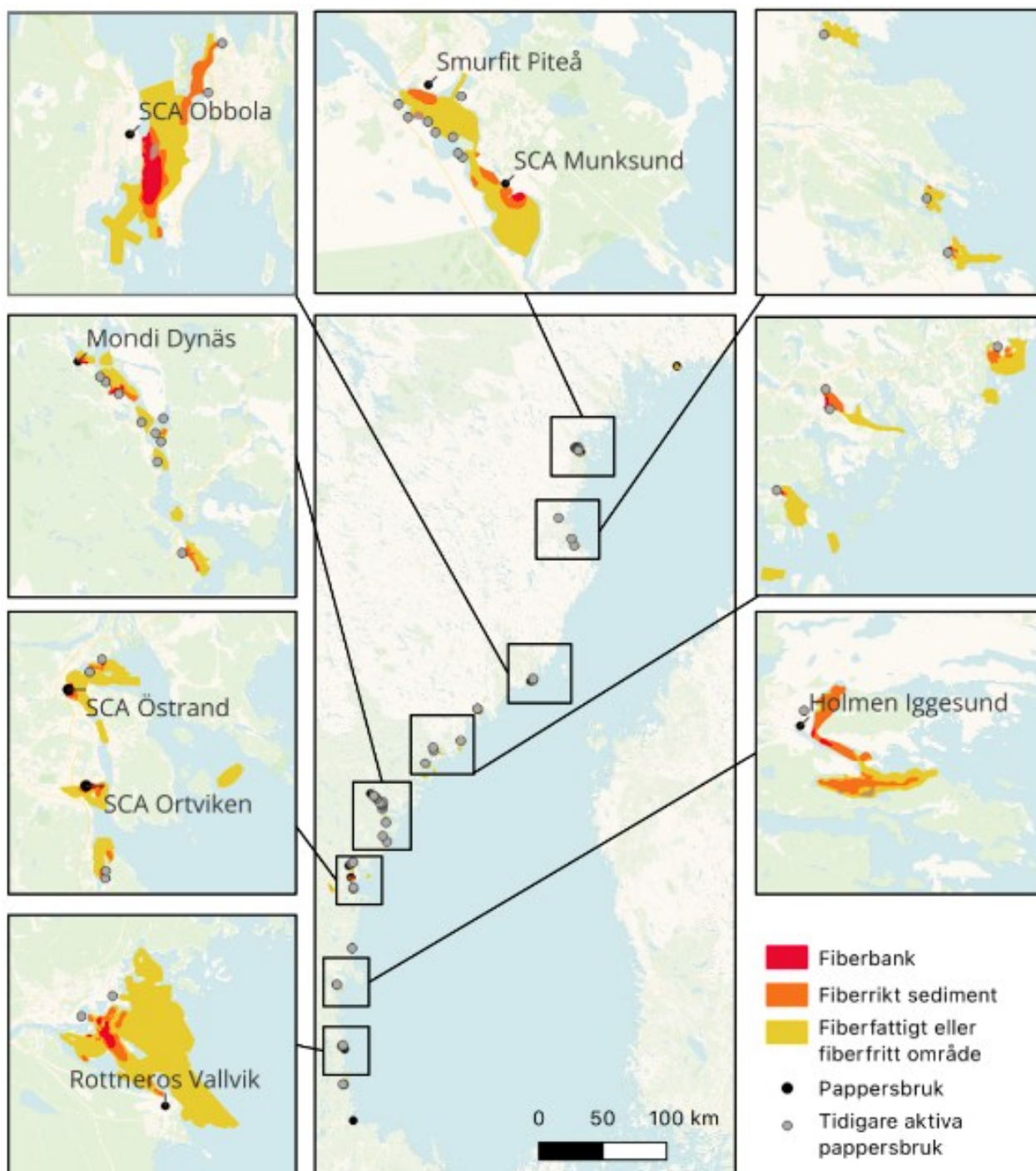


Fig 10: Kartan visar fiberbankar och fiberrika sediment kopplade till idag nedlagda bruk. Aktiva bruk illustreras av svarta punkter och nedlagda bruk av grå punkter. Fiberbankar representeras av rödfärgade områden, fiberrika sediment av orangea områden samt fiberfattiga eller fiberfria områden av gult

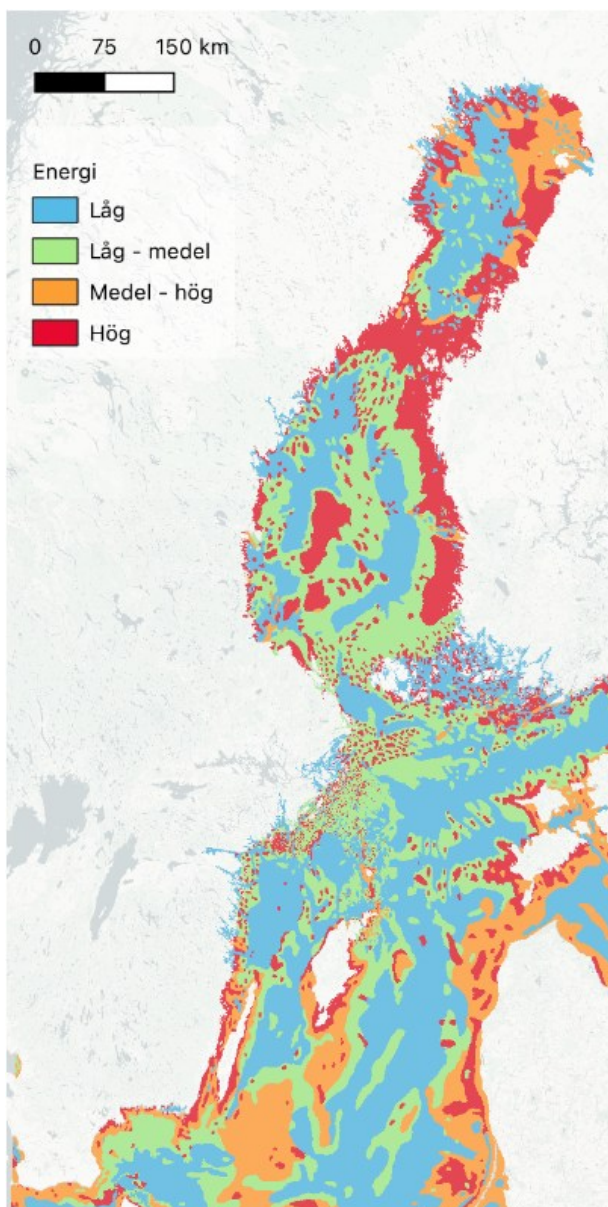


Fig 11: Kartan visar en förenklad modell över energinivå vid havsbotten i Östersjön baserat på ytliga havsbottensediment. Utifrån olika sedimenttyper har fyra energiklasser skapats: låg, låg-medel, medel-hög respektive hög energi. De olika klasserna illustreras i färg från blått till rött.

massabruk generellt uppvisar ett mindre siktdjup än dess angränsande referensområden inom samtliga tre avståndintervall, med undantag för de två sydligaste bruken Södra Cell Mörrum och Sylvamo Nymölla. Dessa två bruk har båda ett siktdjup som är jämförbart med de angränsande referensområdena 12 & 13 (tabell 5). För intervallet 0-5 km var siktdjupet minst för Mondi Dynäs, Billerud Karlsborg och Smurfit Westrock Piteå som alla hade ett årligt medelsiktdjup mindre än två meter. Siktdjupet vid referensområdena angränsande till Billerud Karlsborg har ett årsmedel av cirka fyra meter vid 0-5 km, detta är de lägsta siktdjupen för samtliga referensområden. Störst siktdjup vid 0-5 km uppvisar Södra Cell Mörrum och Sylvamo Nymölla vars årliga medelvärde uppgick till 8,61

respektive 8,95 meter. Även vid intervallet 5-10 km har Smurfit Westrock Piteå och Mondi Dynäs de minsta siktdjupen med 1,69 respektive 1,53 meter. För Mondi Dynäs är siktdjupet vid 5-10 km lika stort som vid 0-5 km. För intervallet 10-20 km är skillnaden mellan bruk och referensområde mindre. Mondi Dynäs uppvisar det lägsta värdet för siktdjup inom detta intervall och skillnaden mellan brukets och de angränsande referensområdenas siktdjup är fortsatt stor. Även Holmen Braviken uppvisar ett siktdjup som är betydligt mindre än de för dess angränsande referensområden, siktdjupet inom intervallet 10-20 km för Holmen Braviken uppgick till 3,48 meter. För resterande bruk går det även vid 10-20 km att utläsa en skillnad i siktdjup mellan för angränsande referensområden även om den generellt är mindre för detta intervall.

Resultatet visar att det finns en generell trend i ökande siktdjup längre söderut längs kusten (tabell 5; figur 12). Årsmedelvärdet för referensområden 1 & 2 uppgår endast till omkring fyra meter vid 0-5 km från kustlinjen medan motsvarande värde för de sydligaste referensområdena 12 & 13 uppgår till omkring nio meter. Vid 10-20 km är siktdjupet vid referensområde 1 & 2 5,24 respektive 5,91 meter vilket cirka 3,5 meter mindre än siktdjupet vid referensområde 12 & 13. Resultatet visar även att siktdjupet för samtliga referensområden blir större desto längre från kustlinjen intervallet är, denna trend går även att utläsa för områden vid pappers- och massabruk med undantag för Mondi Dynäs och Smurfit Westrock Piteå. Vid Mondi Dynäs är siktdjupet lika stort vid 0-5 km som vid 10-20 km och för Smurfit Westrock Piteå är siktdjupet vid 0-5 km marginellt större än siktdjupet vid 5-10 km.

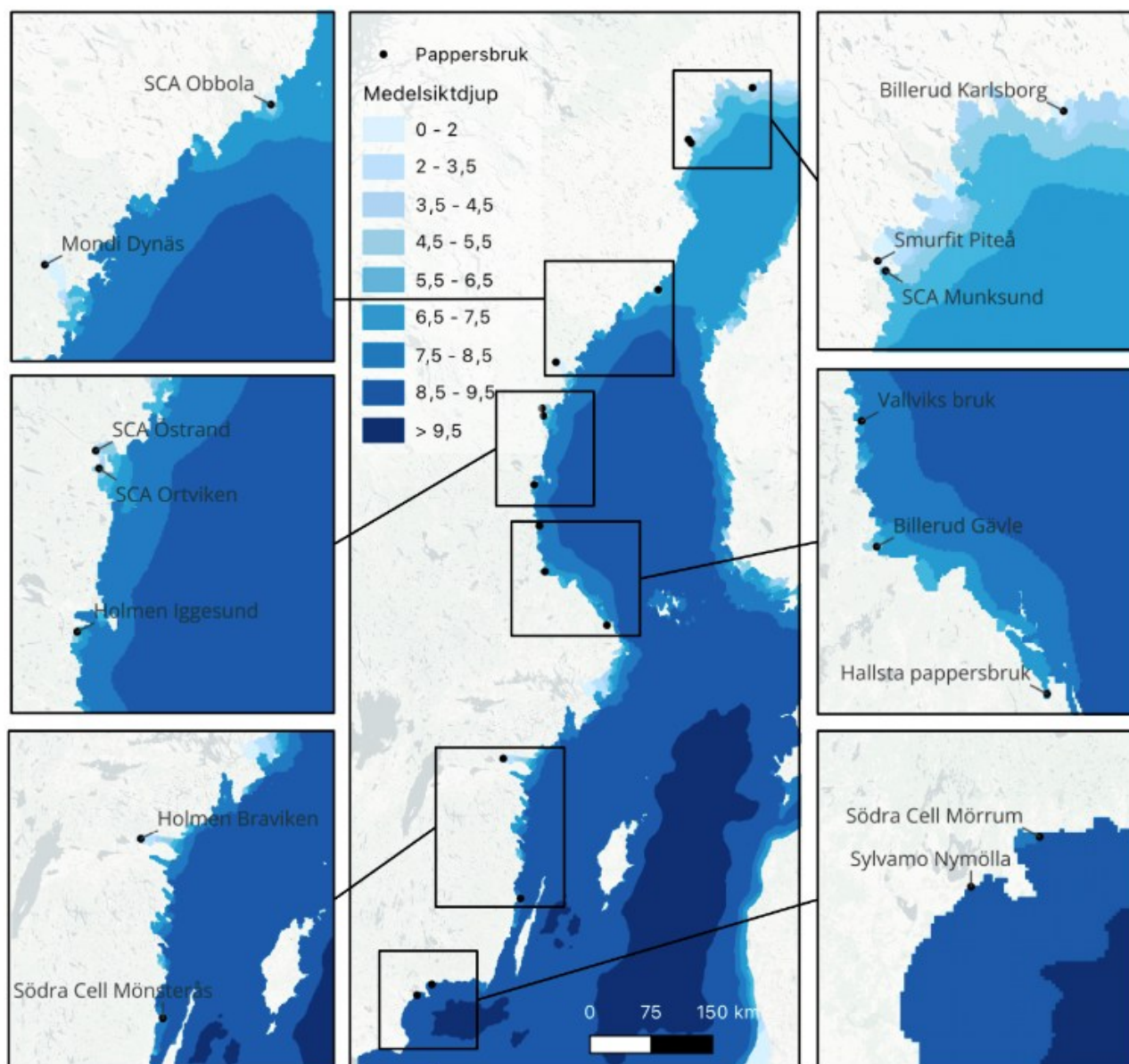


Fig 12: Kartan visar en modell över det årliga medelsiktdjupet i Östersjön i stort samt närområdet kring de bruk som ingår i studien. Gradienten i siktdjup är visualiserad i blått där ljusare blå färg innebär ett mindre siktdjup och mörkare blå motsvarar ett större siktdjup.

Tabell 5: Tabellen visar det årsmedelvärde för siktdjup längs östersjökusten dels för områden utanför ett pappers- eller massa- bruk och dels för de referensområdena mellan bruken. Siktdjupet har delats in i tre intervall baserat på avstånd från kustlinjen, 0-5 km, 5-10 km samt 10-20 km.

BRUK / REFERENS	MEDEL SIKTDJUP 0-5 KM (m)	MEDEL SIKTDJUP 5-10 KM (m)	MEDEL SIKTDJUP 10-20 KM (m)
Referensområde 1	3,84	4,13	5,24
Billerud Karlsborg	1,93	3,90	4,86
Referensområde 2	4,06	4,96	5,91
Smurfit Westrock Piteå	1,95	1,69	4,46
SCA Munksund	4,04	4,12	5,03
Referensområde 3	6,07	6,66	6,91
Referensområde 4	6,92	7,07	7,17
SCA Obbola	3,48	6,27	7,02
Referensområde 5	7,53	7,87	8,17
Mondi Dynäs	1,53	1,53	1,76
SCA Östrands	3,78	4,96	6,96
SCA Ortviken	4,81	5,87	7,06
Referensområde 6	8,09	8,20	8,41
Holmen Iggesund	6,62	7,49	7,95
Referensområde 7	8,08	8,35	8,54
Rottneros Vallvik	7,60	7,79	8,05
Referensområde 8	7,71	8,10	8,33
Billerud Gävle	5,97	7,00	7,56
Referensområde 9	7,30	7,77	8,18
Holmen Hallsta pappersbruk	7,00	7,48	8,02
Referensområde 10	6,86	7,89	8,45
Holmen Braviken	2,58	3,11	3,48
Referensområde 11	8,33	9,14	9,28
Södra Cell Mönserås	8,05	8,48	8,77
Referensområde 12	8,82	9,08	9,35
Södra Cell Mörrum	8,61	8,99	9,26
Sylvamo Nymölla	8,95	9,04	9,25
Referensområde 13	9,30	9,39	9,45

4. Diskussion

Siktdjup

Resultatet visar att det går att se ett samband mellan närhet till bruk och siktdjup (figur 12). Utifrån denna studie går det dock inte med säkerhet att säga att pappers- och massabrukens utsläpp av CDOM är den största eller enda orsaken till detta. Det kan finnas andra faktorer som påverkar siktdjup, exempelvis närhet till andra typer av industrier och utlopp från vattendrag som för med sig terrestra humusämnen vilket leder till ökad brunifiering nära utloppet. Även övergödning är en viktig faktor att ta hänsyn till. Mängden näringsämnen, främst fosfor (P) och kväve (N), avgör hur stor primärproduktionen kan vara i vattnet. Finns det god tillgång till näringsämnen ökar även mängden plankton vilket bidrar till sämre siktdjup. Även själva vattendjupet påverkar siktdjupet, dels genom fysisk begränsning men även genom att bottenmaterialet i grundare vatten till större del utsätts för resuspension till följd av påverkan från vindgenererade vågor. Likaså kan det geografiska läget inverka på siktdjupet, om avloppsvattnet släpps ut i en skyddad mindre vik blandas utsläppen ut långsammare än om

de släpps ut direkt i Östersjön där strömmar transporterar med sig ämnena från utsläppsplatsen på ett mer effektivt sätt.

Att siktdjupet är lägre utanför 13 av 15 av pappers- och massabruken jämfört med vid deras respektive angränsande referensområde indikerar att bruken i vart fall till viss del bidrar till brunifiering av havsvattnet nära kusten. För de sydligast belägna bruken Södra Cell Mörrum och Sylvamo Nymölla är siktdjupet jämförbart med de angränsande referensområdena. Både Södra Cell Mörrum och Sylvamo Nymölla släpper ut sitt avloppsvatten till Hanöbukten via flera kilometer långa avloppsrör. Sylvamo Nymöllas BOD₇/COD-kvot är mycket låg vilket indikerar att avloppsvattnet har låg biologisk nedbrytbarhet och troligtvis högt innehåll av lignin och därmed en starkt brun färg. Att siktdjupet vid utsläppspunkterna trots detta inte är lägre utanför Sylvamo Nymölla beror troligtvis på Hanöbuktens dynamiska karaktär där starka strömmar och stor vindpåverkan orsakar kraftig omblandning av vattnet. I kontrast till detta står Mondi Dynäs och Holmen Braviken, utanför dessa två bruk var siktdjupet betydligt mindre än i referensområdena för samtliga tre intervall trots att avloppsvattnet från Mondi Dynäs har en BOD₇/COD-kvot som är mycket högre än Sylvamo Nymöllas. Både Mondi Dynäs och Holmen Braviken är belägna i trånga vikar i vilka

omblandningen troligt är relativt låg, även om vattnet är grunt är ström- och vågpåverkan mindre inne i en skyddad vik.

Relationen BOD/COD

Förhållandet mellan BOD₇ och COD i ett vattenprov ger en indikation om hur stor den biologiskt nedbrytbara fraktionen i provet är. En högre kvot indikerar att provet har god biokemisk nedbrytbarhet medan en lägre kvot indikerar att innehållet är svårt för mikroorganismer att bryta ner, i vart fall under den korta mätperioden på sju dygn. Det finns en mängd olika färgande ämnen men i utsläpp från just pappers- och massaindustrin är det huvudsakliga färgande ämnet lignin, eftersom detta är en molekyl som finns naturligt i stora mängder i trä. Till följd av dess komplicerade kemiska struktur bidrar lignin främst till COD. De bruk som uppvisar låga BOD₇/COD-kvoter som exempelvis Sylvamo Nymölla kan därmed antas ha större andel CDOM i avloppsvattnet vilket även skulle indikera att vattnets färg är mörkare. En högre koncentration CDOM i vattnet kan göra att konsekvenserna av utsläppen förvärras genom ökad brunifiering och försvagad primärproduktion till följd av minskad UV-strålning längre ner i vattenkolumnen.

Utsläpp av COD, BOD7 och suspenderade ämnen

Eftersom statistiken från 1980-1984 är indelad efter län, och inte efter enskilda bruk som den nyare statistiken, är det inte möjligt att göra en direkt jämförelse av mängden utsläpp per bruk under de två tidsperioderna för samtliga bruk. Det är endast i Norrbottens län som dagens aktiva bruk är det samma som under 1980-1984. Under åren 1980-1984 var utsläppen av COD i Norrbotten genomsnittligt drygt 42 200 ton/år jämfört med utsläppen från Billerud Karlsborg, Smurfit Westrock Piteå och SCA Munksund som mellan åren 2020-2024 genomsnittligt uppgick till sammanlagt drygt 11 500 ton/år. Det innebär en minskning med över 70%. Utsläppen av BOD₇ i Norrbotten var drygt 9800 ton/år under 1980-1984 och de tre bruken i länet hade under 2020-2024 ett sammanlagt utsläpp av BOD₇ som uppgick till knappt 2300 ton/år, även detta innebär en kraftig minskning med över 75%. För suspenderade ämnen var det genomsnittliga utsläppet i Norrbottens län mellan åren 1980-1984 drygt 5300 ton/år och samma siffra för åren 2020-2024 var knappt 1600 ton/år, en minskning med knappt 70%. Att utsläppen i Norrbotten minskat så kraftigt kan bero på ett flertal faktorer, exempelvis striktare krav på rening av avloppsvatten från industrin och teknisk utveckling.

Olika processer tycks bidra till olika typer och mängder av utsläpp. De bruk som utför termomekanisk eller kemitermomekanisk massaframställning (TMP/CTMP), Holmen Hallsta och Holmen Braviken, uppvisar en låg BOD₇/COD-kvot. Även SCA Ortviken tillämpar TMP/CTMP men saknar mätvärden för BOD₇. Att kvoten är låg skulle indikera utsläpp av brunt vatten snarare än höga halter suspenderade ämnen. Detta stämmer överens med datan då Holmen Hallsta, Holmen Braviken och SCA Ortviken

är tre av de bruk som haft lägst utsläpp av suspenderade ämnen under perioden 2020-2024. Återigen bör det tas i beaktande att SCA Ortviken inte haft fullskalig produktion under hela perioden. Sylvamo Nymölla är det enda bruket i denna studie som tillämpar sulfatprocessen vid kemisk massaframställning. Brukets utsläpp av suspenderade ämnen är relativt lågt i jämförelse med många av de övriga bruken, däremot har Sylvamo Nymölla det högsta utsläppet av COD av samtliga bruk med över 10 300 ton/år trots att bruket endast har en årlig produktion av omkring 290 000 ton/år. Detta kan jämföras med SCA Östrand som tillämpar sulfatprocessen vid tillverkningen och vars COD-utsläpp uppgick till 8300 ton/år trots att bruket har en årsproduktion av omkring 830 000 ton/år. De bruk som tillämpar sulfatprocessen uppvisar högre BOD₇-nivåer än övriga bruk samt överlag även högre BOD₇/COD-kvot vilket indikerar att det utsläppta vattnet innehåller lägre halter CDOM och troligtvis även har mindre brun färg. Utsläppen av suspenderade ämnen tycks dock vara högre för de bruk som använder sulfatprocessen.

Fiberbankar och fiberrika sediment

Rasterdatan över havsbottens sediment från HELCOM var indelad i fem kategorier baserat på materialets konsolidering och kornstorlek. Detta kan utnyttjas för att dra slutsatser om ett områdes energinivå. Högre energinivåer orsakar erosion och transport av sediment medan lägre energinivå tillåter sedimentation. Vilket material som eroderas eller avsätts under olika energiförhållanden beror på dess kornstorlek. Finkornigt sediment såsom lera, gytta och silt kräver lugna lågenergimiljöer för att sedimentera medan grövre material som sand kan sedimentera redan vid medelhög till hög energinivå vid vilka finkornigt material kan eroderas och transporteras medan något grövre material förblir immobilt. Bottensediment bestående av grov sand, grus eller exponerad berggrund tyder på att energinivån i området är hög till mycket hög, allt finkornigt material eroderas och transporteras och endast det grövsta materialet ligger kvar.

Karteringen av fiberhaltiga sediment som genomförts av SGU (Apler et al., 2014; Norrlin et al., 2016) visar att samtliga undersökta avsättningar är belägna i områden där det dominerande sedimentet är postglacial lera. Sedimentet indikerar att det inte sker någon direkt transport eller erosion i området, energinivån är så pass låg att de allra finaste kornfraktionerna kan sedimentera och ackumuleras. För ett antal av de karterade fiberbankarna och fiberrika sedimenten stämmer inte sedimenttypen i datan från HELCOM överens med observationer gjorda av SGU (Apler et al., 2014; Norrlin et al., 2016). Detta beror mest troligt på att HELCOM-datan har en upplösning som varierar mellan 1:20 000 och 1:1 000 000 vilket gör den mindre noggrann än observationer som gjorts direkt i fält. Figur 11 visar modelleringen av områden med olika energinivå i Östersjön baserat på vilka sediment som rapporterats på havsbotten. De blå områdena i figur 11 stämmer väl överens med lokaliseringen för mätstationerna för miljöövervakning i

utsjösediment som är placerade i de djupaste delarna längs Sveriges östersjökust (Apler & Josefsson, 2016). Detta är ackumulationsbotten där det ytliga sedimentet består till stor del av lera och gyttja vilket indikerar att energin vid havsbotten är mycket låg.

En viktig faktor som troligt kommer medföra påverkan på och spridning av fiberhaltiga sediment är den landhöjning som fortsatt pågår i främst norra Sverige som konsekvens av inlandsisens tyngd under den senaste istiden. Landhöjningen är som störst i området kring Västernorrlands, Västerbottens och Norrbottens kust med en höjning på mellan åtta och tio mm/år (SMHI, u.å. b). Med antagandet att landhöjningen varit konstant har markytan vid Västernorrlands, Västerbottens och Norrbottens kust stigit med upp mot en meter sedan 1900-talets början då många av dagens pappers- och massabruk grundades. Är landhöjningen kraftigare än havsnivåhöjningen innebär det att den relativa vattennivån sjunker och vattnet längs kusten blir grundare. När vattnet blir grundare kan vindinducerade vågor påverka sediment som tidigare legat under vågbasen. I områden med fiberbankar och fiberrika sediment som tidigare varit skyddade i lugna vatten kan landhöjningen leda till resuspension och spridning av förorenade sediment (Norrlin & Josefsson, 2017). Landhöjningen är därmed en process som försvårar såväl undersökning som sanering av fiberhaltiga sediment eftersom spridningen kan leda till avsättning av materialet långt från den ursprungliga utläppskällan.

Utsläppen av suspenderade ämnen är, som resultaten av denna studie visar, höga vid Södra Cell Mörrum, trots det är Hanöbukten ett område inom vilket fiberbankar och fiberrika sediment inte ännu kunnat identifieras och karteras. Det är troligt att detta beror på den kraftigt dynamiska miljön i Hanöbukten. Området är starkt påverkat av vind och strömmar vilket ger upphov till energirika vatten samt transport och erosion av botten sediment, därför är det troligt att energinivån i vattnet är för hög för att tillåta sedimentation av fibrer nära kusten, något som även indikeras av de grövre sedimenten som karterats i området (Josefsson, 2016). Det är troligt att de suspenderade fibrerna i avloppsvattnet från Södra Cell Mörrum samt Sylvamo Nymölla transporteras längre ut från kusten till lugnare och djupare vatten där energinivån är lägre och fibrerna tillåts sedimentera vid ackumulationsbotten. Utifrån analysen av energinivå i Östersjön som genomförts i denna studie skulle troliga platser för sådana miljöer i första hand vara inom de blå områdena i figur 11, samt till viss del även inom de gröna områdena. Dessa områden ligger längre ut från kusten än utbredningen av de mer omfattande karteringar som genomförts, detta skulle förklara varför fiberrika sediment inte påträffats vid sådana karteringar. Det är även möjligt att fiberavsättningar skulle kunna finnas inne i grunda vikar. Det är dock troligt att detta isåfall skulle ha observerats av allmänheten och myndigheter eller vid karteringar av strandzonen.

De fiberhaltiga sediment som karterats av SGU är främst lokaliserade i Västernorrland och angränsande

län, det saknas än så länge undersökningar om fiberhaltiga sediment i övriga delar av Sverige. Detta kan delvis förklaras av det faktum att pappers- och massaindustrin varit glesare i södra Sverige än i de norra delarna av landet. Utsläppen har därmed även varit mindre, vilket gjort att behovet av kartläggning och åtgärder gällande fiberhaltiga sediment varit mindre påtagligt i södra Sverige. En annan anledning är att den kartering som utförs ofta är projektbaserad, därmed karteras inte hela kusten samtidigt. Projekt inriktade på fiberhaltiga sediment har än så länge främst varit lokaliserade i norra Sverige.

5. Slutsatser

Resultatet av denna undersökning visar att det finns ett samband mellan siktdjupet inom ett område och dess närhet till pappers- och massabruk. Det finns dock flera andra faktorer vars påverkan möjligtvis är än mer omfattande, såsom övergödning, tillförsel av terrestra humusämnen från vattendrag samt närhet till andra typer av industri. Studien visar även att geografiskt läge har en stor betydelse på till vilken grad siktdjupet påverkas. Vid vindpåverkade, dynamiska kustpartier är påverkan på siktdjup mindre påtaglig i jämförelse med vid skyddade, lågdynamiska vikar. Geografiskt läge påverkar även förutsättningarna för avsättning av fiberbankar och fiberrika sediment. I dynamiska områden som exempelvis Hanöbukten, som är starkt påverkad av vind och strömmar, är energinivån i vattnet för hög för att avsättning av fibröst material ska vara möjlig. I sådana områden kan det antas att fibrerna transporteras längre ut från kusten till områden med större vattendjup och lägre energi där de avsätts på ackumulationsbotten. Med den fortgående landhöjningen finns det en påtaglig risk att fiberbankar och fiberrika sediment som varit skyddade i lugna områden i större grad kommer utsättas för vågpåverkan vilket kan leda till erosion och spridning av såväl sedimenten som de föroreningar sedimenten innehåller.

Studien visar även att det finns ett samband mellan vilken tillverkningsprocess ett bruk använder samt hur mycket och vilka typer av utsläpp det ger upphov till. Störst utsläpp av suspenderade ämnen tycks härstamma från de bruk som tillämpar kemisk massaframställning, specifikt sulfatprocessen, medan dessa bruk har en högre BOD₇/COD-kvot vilket kan antas innebära att avloppsvattnet innehåller en lägre halt CDOM och därmed även skulle vara mindre brunt. Sulfitprocessen, som tillämpas vid Sylvamo Nymölla, tycks vara den process som ger upphov till störst utsläpp av kemiskt syreförbrukande ämnen. BOD₇/COD-kvoten är mycket låg vid detta bruk vilket leder till slutsatsen att brunt vatten är det primära utsläppet vid bruket. Slutligen visar studien att det har skett en minskning i mängden utsläpp från pappers- och massabruk mellan de två tidsperioder som undersökts, för Norrbottens län hade utsläppsnivåerna för såväl COD, BOD₇ och suspenderade ämnen minskat med omkring 70%.

För vidare studier inom detta område föreslås fortsatt kartering av fiberbankar och fiberrika sediment längs större delar av Sveriges östersjökust samt även i södra Sverige för ökad förståelse kring hur bottenmiljöns energinivå påverkar avsättning och spridning av dessa typer av sediment. Det bör även studeras vidare om det finns anledning att upprätta gränsvärden för innehåll av CDOM i avloppsvatten från pappers- och massaindustrin då det i denna studie visats att det finns ett samband mellan siktdjup och närhet till pappers- och massabruk som troligt orsakas av utsläpp av brunt vatten. Gränsvärden för utsläpp av CDOM skulle därmed kunna leda till förbättrat siktdjup och i förlängningen öka primärproduktionen nära havsbotten i de områden som påverkas av brunifiering från pappers- och massabruk.

6. Tack

Jag vill börja med att rikta ett stort tack till mina handledare Helena Filipsson & Josefine Larsson för stöttning och uppmuntran samt för all feedback som bidragit till att utveckla detta arbete. Till mina vänner på geologen för att ni gjort denna tiden lättare, roligare och för att ni orkat lyssna. Jag vill även tacka min familj som varit ett jättestort stöd under hela arbetet!

7. Referenser

- Ali, M., & Sreekrishnan, T. (2001). Aquatic toxicity from pulp and paper mill effluents: a review. *Advances in Environmental Research*, 5(2), 175-196. [https://doi.org/10.1016/s1093-0191\(00\)00055-1](https://doi.org/10.1016/s1093-0191(00)00055-1)
- Apler, A., & Josefsson, S. (2016). *Chemical contamination in offshore sediments 2003-2014* (SGU-rapport 2016:04). <https://resource.sgu.se/dokument/publikation/sgurapport/sgurapport201604rapport/s1604-rapport.pdf>
- Apler, A., Nyberg, J., Jönsson, K., Hedlund, I., Heinemo, S., & Kjellin, B. (2014). *Fiberbanksprojektet - Kartläggning av fiberhaltiga sediment längs Västernorrlands kust* (SGU-Rapport 2014:16). <https://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1416-1-rapport.pdf>
- Apler, A., Snowball, I., Frogner-Kockum, P., & Josefsson, S. (2019). Distribution and dispersal of metals in contaminated fibrous sediments of industrial origin. *Chemosphere*, 215, 470-481. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.010>
- Blixt, A. (2006). *Kemisk karaktärisering samt nedbrytning av process- och avloppsvatten vid SCA Ortvikens pappersbruk* [Examensarbete, Uppsala universitet]. DiVA. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:159142/FULLTEXT01.pdf>
- Brukshistoria. (2019). *Lista över massa- och pappersbruk i Sverige*. https://brukshistoria.se/media1.brukshistoria.se/pdf_o_thumb/Massa_och_pappersbruk.pdf
- Bydén, S., Larsson, A.-M., & Olsson, M. (2003). *Mäta vatten: Undersökningar av sött och salt vatten*. Institutionen för miljövetenskap och kulturvård, Göteborgs Universitet.
- Confederation of European Paper Industries. (2025). *Cepi Key Statistics 2024 European pulp and paper industry*. <https://www.cepi.org/wp-content/uploads/2025/07/Cepi-2024-Key-Statistics.pdf>
- Dahlberg, A., Apler, A., Vogel, L., Wiberg, K., & Josefsson, S. (2020). Persistent organic pollutants in wood fiber-contaminated sediments from the Baltic Sea. *Journal of Soils and Sediments*, 20(5), 2471-2483. <https://doi.org/10.1007/s11368-020-02610-6>
- Davies, T., & Smyth, T. (2025). Darkening of the Global Ocean. *Global Change Biology*, 31(5), Article e70227. <https://doi.org/10.1111/gcb.70227>
- European Commission. (2015). *Best Available Techniques (BAT) reference document for the production of pulp, paper and board* (EUR 27235). https://bureau-industrial-transformation.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/PP_revised_BREF_2015.pdf
- Gupta, A., & Gupta, R. (2019). *Treatment and Recycling of Wastewater from Pulp and Paper Mill*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-13-1468-1>
- HELCOM. (2008). *Seabed Sediments (BALANCE)* [Dataset]. Hämtad den 26 april 2026 från <https://metadata.helcom.fi/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/41f4f5ca-4d07-4b76-b8ed-8ac2739d57a6>
- HELCOM. (2025). *Secchi Depth (Mean)* [Dataset]. Hämtad den 16 april 2026 från <https://metadata.helcom.fi/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/d1830d19-ddd7-42c5-a9e7-335a2a7df4d8>
- Josefsson, S. (2016). *Miljöföröreningar i sediment vid Blekinges kust och i Hanöbukten* (SGU-rapport 2016:22). <https://resource.sgu.se/dokument/publikation/sgurapport/sgurapport201622rapport/s1622-rapport.pdf>
- Kirby, R. (2005). Actinomycetes and lignin degradation. In A. I. Laskin, J. W. Bennett, G. M. Gadd, & S. Sariaslani (Eds.), *Advances in Applied Microbiology*, 58, 125-168. [https://doi.org/10.1016/s0065-2164\(05\)58004-3](https://doi.org/10.1016/s0065-2164(05)58004-3)
- Kumar, A., Srivastava, N., & Gera, P. (2021). Removal of color from pulp and paper mill wastewater- methods and techniques- A review. *Journal of Environmental Management*, 298, 113527. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113527>
- Lehoux, A., Isidorova, A., Collin, F., Koestel, J., Snowball, I., & Dahlberg, A. (2021). Extreme gas production in anthropogenic fibrous sediments: An overlooked biogenic source of greenhouse gas emissions. *Science of the Total Environment*, 781, 146772. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146772>
- Löfroth, H., O'Regan, M., Snowball, I., Holmén, M., Kopf, A., Göransson, G., Hedfors, J., Apler, A., &

- Frogner-Kockum, P. (2021). Challenges in slope stability assessment of contaminated fibrous sediments along the northern Baltic coast of Sweden. *Engineering Geology*, 289, 106190. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2021.106190>
- Naturvårdsverket. (u.å.) *Utsläpp i siffror*. Utsläppsregistret. Hämtad den 2 april 2026 från <https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/sv/Sok/>
- Naturvårdsverket. (1995). *Branschkartläggningen - en översiktlig kartläggning av efterbehandlingsbehovet i Sverige* (NV Rapport 4393). <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1844469/FULLTEXT01.pdf>
- Norrlin, J., & Josefsson, S. (2017). *Förorenade fibersediment i svenska hav och sjöar* (SGU-rapport 2017:07). <https://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1707-rapport.pdf>
- Norrlin, J., Josefsson, S., Larsson, O., & Gottby, L. (2016). *Kartläggning och riskklassning av fiberbankar i Norrland* (SGU-rapport 2016:21). <https://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1621-rapport.pdf>
- Räike, A., Svendsen, L. M., Haapaniemi, J., Larsen, S. E., Oblomkova, N., Frank-Kamenetsky, D., Bojanowski, D., Brynska, W., Ennet, P., Gustafsson, B., Koch, D., Kokorite, I., Mönnich, J., Plunge, S., Pohl, M., Sonesten, L. (2021). *Input of nutrients by the seven biggest rivers in the Baltic Sea region 1995-2017*. Baltic Sea Environment Proceedings No. 178. HELCOM. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/09/The-seven-biggest-rivers-in-the-Baltic-Sea-Region.pdf>
- SCA. (u.å.) *Toppmodern CTMP-anläggning. SCA*. Hämtad 7 maj 2026 från <https://www.sca.com/sv/massa/vara-massabruk/ortvikens-massafabrik/>
- Skogsindustrierna. (u.å. a) *Produktion, export och import*. Skogsindustrierna. Hämtad den 7 april 2026 från <https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/branschstatistik/produktion-export-och-import/>
- Skogsindustrierna. (u.å. b) *Miljödatabasen*. Hämtad den 2 april 2026 från <https://miljodatabas.skogsindustrierna.se/simdb/web/main/main.aspx?l1=home>
- SMHI. (u.å. a) *Vattenföring, månadsvärde*. Hämtad den 12 maj 2026 från <https://www.smhi.se/data/hitta-data-for-en-plats/ladda-ner-observationer-fran-sjoar-och-vattendrag/waterdischargeMonthly/2444>
- SMHI. (u.å. b) *Landhöjning och vattenstånd*. Hämtad den 12 maj 2026 från <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/vattenstand-och-klimat/landhojning-och-vattenstand>
- Statistiska Centralbyrån. (1985). *Utsläpp 1980-1983 från massa- och pappersindustrin* (Statistiska meddelanden Na 17 SM 8501).
- Statistiska Centralbyrån. (1986). *Utsläpp 1984 från massa- och pappersindustrin* (Statistiska meddelanden Na 17 SM 8601).
- Stedmon, C., Markager, S., & Kaas, H. (2000). Optical properties and signatures of chromophoric dissolved organic matter (CDOM) in Danish coastal waters. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 51(2), 267-278. <https://doi.org/10.1006/ecss.2000.0645>
- Svenska Geotekniska Föreningen. (u.å.) *Fibersediment, Processer*. Åtgärdsportalen. Hämtad 7 maj 2026 från <https://atgardsportalen.se/processer/>
- Sveriges Geologiska Undersökning. (2018). *Fiberhaltiga sediment* [Dataset]. Hämtad den 13 april 2026 från <https://resource.sgu.se/dokument/produkter/fiberhaltiga-sediment-beskrivning.pdf>

Tidigare skrifter i serien
"Examensarbeten i Geologi vid Lunds universitet":

677. Husén, Simon, 2024: Structural Geological Model of the Kaunisvaara Mining District, Norrbotten, Sweden. (45 hp)
678. Hjalmarsson, Tilda, 2024: Det underkambrika problematiska fossilet *Spatangopsis* - Vad är dess verkliga affinitet? (15 hp)
679. Kuberna, Marcos, 2024: En litteraturstudie om klorparaffiner i grundvattnet och dess implikationer på hälsa och miljö. (15 hp)
680. Persson, Viktor, 2024: Litteraturstudie: HIMU ursprung och framtid. (15 hp)
681. Selin, Sigrid, 2024: Hur kan paleoekologiska studier hjälpa oss att bättre förstå hur de ekosystem vi anser skyddsvärda har formats och hur de bör vårdas? (15 hp)
682. Rey, August, 2024: Isrörelser och havstransgressioner speglade i Kåsebergåsen. (15 hp)
683. von Vultée, Anton, 2024: Babets kvarlevor - En morfologisk och sedimentologisk undersökning av överspolningssediment vid Tobisvik, Simrishamn. (15 hp)
684. Olsson Roso, Céline, 2024: Fåglarnas ursprung och tidiga utveckling. (15 hp)
685. Nawrocki, Bartosz, 2024: Karaktärisering av Cr-spinell i den ordoviciska Lokformationen vid Skultorps stenbrott, Billingen. (15 hp)
686. Rydh, Alexander, 2024: Unraveling Magnetic Anomalies: A Study of Earth's Field Asymmetries during the Laschamps Excursion. (15 hp)
687. Svensson, Ludvig, 2024: Echoes of impact: A petrographic analysis and classification of impact breccias from Hummeln, Sweden. (15 hp)
688. Pålsson, Malin, 2024: Detektion av utsläppspolymer med avancerat ekolod - Undersökning av utsläpp av avloppsvatten från pappersbruk i havet med EK80, CTD & filmmaterial. (15hp)
689. Ivanovic, Edwin, 2024: Går det att se echinodermernas utveckling och diversifiering under ordovicium i tunnslip? (15 hp)
690. Blomvall, Marlene, 2024: Analys av morfologi, beteende och tafonomi hos ett exceptionellt bevarat fågelfossil från Furformationen (eocen), Danmark. (15 hp)
691. Elfström, Dari, 2024: Geomorfologisk studie av Jezerokraterns kant (Mars): Potentiella mekanismer bakom kraterkantens nuvarande utseende. (15 hp)
692. Andersson, Jacob, 2024: The Cerithium limestone Member at Stevns Klint reflecting the carbonate production recovery after the K/Pg mass-extinction. (45 hp)
693. Adler, Linus, 2024: Petrografisk pilotstudie av en högmetamorf epidotrik bergart från Harbak, västra gnejsregionen i Norge. (15 hp)
694. Fält, Smilla, 2024: Dateringsmetoder för terrestriska nedslagskratrar med fokus på Siljan. (15 hp)
695. Kowal Johnson, Gloria, 2024: Traces of industrialization in a Baltic Sea sediment core with particular emphasis on marine traffic in Bornholmsgattet. (15 hp)
696. Riad, Musa, 2024: Bergkross som filtermedium i artificiell infiltration. (15 hp)
697. Gleisner, Lovisa, 2024: Unravelling primary $\delta^{18}\text{O}$ signatures of the 1730-36 Timanfaya parental magmas on Lanzarote. (45 hp)
698. Johansson, Robin, 2024: Instrumentation of multilevel systems with transducers to characterize hydrogeological conditions at a PCE and TCE contaminated site in Helsingborg, Sweden. (45 hp)
699. Neumann, Daniel, 2025: Hydrogeological Dynamics of the Dalköpinge River: Investigating the Dry Spell Anomaly in a Hydrogeological Context. (45 hp)
700. Durdek, Madeleine, 2025: Risk for water shortage in Ystad municipality - An evaluation of aquifer vulnerability to human impact. (45 hp)
701. Bouhal, Farah, 2025: Evolution of calcareous nannoplankton in the Late Triassic: Insights at Eiberg Basin (Austria). (45 hp)
702. Barreby, Linn, 2025: Petrographic Analysis of the Loftarstone Resurge Deposit in the Lockne Impact Structure, Sweden. (45 hp)
703. Dyson, Sarah, 2025: Environmental change in the Late Weichselian on the Kullen Peninsula. (45 hp)
704. Kardakos, Nikolaos, 2025: Caprock and reservoir assessment for CO₂ storage in Lower Palaeozoic Formations of the Baltic Sea subsurface: Textural, structural and mineralogical characterization using X-ray Computed Tomography, geochemistry and microscopy. (45 hp)
705. Filbå i Serra, Laura, 2025: Weichselian ice dynamics in Jämtland: Lithostratigraphic study of the Köttsjön till deposits. (45 hp)
706. Bäckehag, Kristoffer, 2025: Petrografisk studie av pseudotachylitisk breccia från nedslagskratern Siljan. (15 hp)
707. Zellman, Oskar, 2025: Karaktärisering av laminerade marina sediment under ett globalt utdöende (silur, Gotland). (15 hp)
708. Jögi, Amanda, 2025: En partiell hjärnskål

- från Åsens krita och dess koppling till den svenska svanöddefaunan. (15hp)
709. Rasmusson, Isak, 2025: Behovet av geologisk kunskap inom utbildning och samhälle: En översikt av geologiskt innehåll i gymnasiets ämnesplaner, antagningar till svenska högskole- och universitetsutbildningar inom geovetenskap och arbetsmarknadens behov av personer med geologisk kompetens. (15hp)
 710. Brede, Anton, 2025: Integrating Geological Models and Geophysics to Estimate Hydraulic Properties - Providing a Foundation for Hydrogeophysics Research. (15 hp)
 711. Zimmermann, Moa, 2025: Utdöda organismers diet: Karaktärisering av en vertebratkoprolit från Skånes krittida. (15hp)
 712. Popa, Alexandra, 2025: Aqueous alteration in Martian meteorite Northwest Africa 11013: An analysis of its extent and origin. (15 hp)
 713. Jónsdóttir, Svava Kristin, 2025: Grounding zone wedges in the Nyköping area, southeastern Sweden. (45hp)
 714. Heim, Emelie, 2025: Den sen- och postglaciala landskapsutvecklingen i Tvååker, Halland. (15 hp)
 715. Schiemann, Erik, 2025: Pollen och mikrofosil i en borrhäla från nedslagsstrukturen Hummeln. (15 hp)
 716. Blomberg, Hampus, 2025: Vegetationsutvecklingen i Halland och Tvååker: sammanställning av underlag till informationsskyltar vid Naturplats Tvååkers Mosse. (15 hp)
 717. Östman, Adrian, 2025: En litteraturstudie om grundvattensdata och modeller som möjliga verktyg inom mineralprospektering. (15 hp)
 718. Belcher, Carl Nils, 2025: Systematiska felkällor i deklinationsdata från sedimentära borrhälar. (15 hp)
 719. Raas, Valérie, 2025: Cosmogenic Radionuclide Evidence for a Solar Particle Storm at 14,300 BP. (45 hp)
 720. Bjarkadóttir, Anna Briet, 2025: Barometry of Clinopyroxene in Xenoliths from the Anaga Region in Tenerife – Constraints on the Magmatic Plumbing System. (45 hp)
 721. Grönberg, Joel, 2025: Kan vulkanismen på Kanarieöarna ha uppkommit till följd av en hetfläck?. (15 hp)
 722. Cordes, Beatrix, 2025: A review of the contaminant situation of groundwater aquifers in Europe – A historical retrospective and future outlook. (45 hp)
 723. Alkasser, Shefaa, 2025: En litteraturstudie om mantelplymhypotesens eventuella tillkortakommanden utifrån ett kanariskt perspektiv. (15 hp)
 724. Grönberg, Joel, 2026: Optically stimulated luminescence in Scania: An investigation into its applicability of determining provenance of coastal deposits. (45 hp)
 725. Langkjaer, Henrik, 2026: Esker formation during deglaciation of the Scandinavian Ice Sheet, northeast Skåne and Blekinge, Sweden. (45 hp)
 726. Corshammar, Johannes, 2026: Petrologisk-petrografisk studie av ankaramitbergarter på Teneriffa. (15 hp)
 727. Sonesson, Ville, 2026: BC-koncentrationer i sjösediment: en jämförelse mellan Kina, Schweiz och Finland. (15 hp)
 728. Schönherr, Lara, 2026: Structural and petrographic characterization of the Mien impact structure, Sweden. (45 hp)
 729. Meret, Ellison, 2026: Characterization of storm-surge deposits: A multi-proxy approach along the northern Halland coast with implications for organic carbon storage. (45hp)
 730. Ólafsdóttir Arnholtz, Edda, 2026: Constraining Weichselian high relative sea-level events in Basissletta, northeastern Spitsbergen. (45 hp)
 731. Persson, Frida, 2026: Windows of Mars: Impact Craters Along the Martian Dichotomy as Markers for Planetary Evolution. (15 hp)
 732. Frödin, Anna, 2026: Industriella utsläpp till Östersjön - En kartläggning av utsläpp och effekter från pappers- och massaindustrin. (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET