



Högskolan
Kristianstad

Högskolan Kristianstad
291 88 Kristianstad
044-250 30 00
www.hkr.se

Självständigt arbete, 15 hp,
Kandidatexamen i miljövetenskap med inriktning mot strategiskt miljöarbete
VT 2021
Fakulteten för naturvetenskap

Sjösediment som resurs

Erfarenheter från olika pilotprojekt

Anuliina Svensson

Författare

Anuliina Svensson

Titel

Sjösediment som resurs - Erfarenheter från olika projekt

Engelsk titel

Lake sediment as a resource - Experiences from various projects

Handledare

Henric Djerf

Examinator

Lennart Mårtensson

Sammanfattning

Övergödning uppstår i en sjö på grund av att det släpps ut för mycket näring till sjön, främst fosfor är ett problem som försämrar miljön i och omkring sjön. Enligt vattendirektivet ska alla sjöars status vara god, vilket medför att en övergödd sjö behöver åtgärdas. Lågflödesmuddring är en metod att bärga det näringsrika sedimentet som orsakar övergödningen. Då sedimentet är näringsrikt, kan det potentiellt vara till nytta i växtodling på land, i stället för att skapa miljöproblem i vatten. Studien har sammanställt erfarenheter från fem olika pilotprojekt där metoden lågflödesmuddring används för att bärga sediment som i projekten har använts i försök för att utveckla någon form av resurs. Erfarenheter från projekten vittnar om att det finns ett försiktigt intresse från olika sektorer i samhället för att återvinna det bärgade sedimentet. Sedimentets flytande struktur och för att det kan innehålla förorenande ämnen, begränsar möjligheterna till användning. Beroende på vad sedimentet ska användas till hamnar det under olika förordningar i Sverige.

Ämnesord

Sjösediment, återvinning, växtnäring, resurs, internbelastning, fosfor, lågflödesmuddring

Author

Anuliina Svensson

Title

Lake sediment as a resource- Experiences from various projects

Supervisor

Henric Djerf

Examiner

Lennart Mårtensson

Abstract

Eutrophication in a lake occurs due to excess nutrients being released into the lake, namely phosphorous is a problem that deteriorates the environment in the lake and its surroundings. All lakes' conditions should have good status in accordance with the Water Framework Directive; thus, a eutrophic lake must be remedied. Slow flow dredging is a method to salvage the nutritious sediment giving rise to eutrophication. Being that the sediment is nutritious, it could potentially benefit agricultural practices on land, instead of constituting an environmental problem in water. The study has summarised knowledge from five different pilot projects where the dredging method has been used to salvage sediment that in the projects has been used in trials in order to develop some kind of resource. Observations from the projects testify to the fact that there is tentative interest from various sectors for the reuse of the salvaged sediment. The sediments' viscous composition and the fact that it may contain contaminants limits the possibilities for its utilisation. Depending on the area of application different Swedish regulations are to be enforced.

Keywords

Lake sediment, recycling, plant nutrition, resource, internal loading, phosphorus, slow flow dredging

Förord

Detta kandidatexamensarbete som omfattar 15 högskolepoäng, är skrivit inom Miljöstrategiprogrammet Mark-, vatten- och samhällsutveckling vid Högskolan Kristianstad. Jag vill framför allt tacka min handledare Henric Djerf Universitetslektor i miljövetenskap vid Högskolan Kristianstad för vägledning och värdefulla synpunkter. Jag vill även tacka sakkunniga projektledare, handläggare och företagsutvecklare för intervjuer och samtal där ni frukostigt bidragit med fakta och goda råd till mitt arbete.

Innehållsförteckning

Inledning	6
Sediment.....	6
Lågflödesmuddring som metod	6
Lagar, regelverk, miljömål och förhållningsätt	7
Övergödning i sjö, extern påverkan eller internbelastning	9
Tekniker för att åtgärda övergödda sjöar.....	10
Metaller i sediment.....	11
<i>Syfte</i>	11
<i>Avgränsningar</i>	12
Bakgrund	12
<i>Fosfor en ändlig resurs eller en del av kretsloppet</i>	12
Material och metod	13
Litteraturstudier	13
Intervjuer	13
Resultatsammanställning för projekten	14
Malmfjärden Kalmar	15
Öljaren Katrineholm.....	16
Vallentunasjön Vallentuna	18
Barnarp Jönköping	19
Ralången Aneby	20
Diskussion	23
Resurs eller besvärlig restfraktion	23
Liknande förutsättningar som för biogödsel.....	25
Resurser ingår i cirkulär ekonomi	25
Innovationer och etablerade tekniker.....	27
Samlad kunskap.....	28
Slutsatser	29
Referenser	30

Inledning

Sediment

Sediment är partikulärt material såsom sand, silt, lera eller organiskt material som har deponerats på botten i en vattenförekomst och som kan transporteras av vatten, sedimentet kan även innehålla metaller och andra ämnen som också har transporterats med vattnet. Näringsrikt sediment kan orsaka miljöproblem i sjön som kan bli övergödd, på land kan det näringsrika sedimentet användas till olika växtodlings ändamål. I en sjö med mycket sediment kan mäktigheten vara upp till sju meter (Djerf, 2021), potentiellt finns det mycket gott om sediment i svenska insjöar.

Lågflödesmuddring som metod

Genom lågflödesmuddring kan näringsrikt sedimentet med fosfor bärgas från sjöbotten, på ett skonsamt sätt utan att grumla vattnet och med liten påverkan på miljön. Till skillnad från traditionell muddring som utförs genom att sedimentet grävs upp från sjöbotten med någon form av grävare som oftast har en mycket stor påverkan på många delar av miljön i vattendraget.

Lågflödesmuddring är en metod för att bärga ytnära ansamlad fosforrikt sediment från sjöbotten i syfte att återvinna det. Lågflödesmuddring är att endast avlägsna det översta ca 1–10 cm av sedimentlagret från sjöbotten. Sedimenten suggs upp med mycket låg hastighet, vilket kan göras utan att grumla vattnet och utan att göra stor påverkan på det akvatiska livet eller för strandnära djurliv.

Utrustningen för att utföra lågflödesmuddring består i huvudsak av tre delar. En flotte med styrenhet, en undervattensdel som bärgar sediment och en landbaserad station där de bärgade muddermassorna bearbetas. Sedimenten bärgas av en slamsugningsrobot som mycket sakta styrs över botten där den suger upp det översta sedimentlagret. Sughastigheten regleras med lufttryck, ju lägre hastighet, desto skonsammare muddring. Det finns även teknik där undervattensdelen styrs manuellt av en dykare i vattnet för att munstycket ska arbeta på rätt höjd (Måns

Lindell¹). Det förekommer även att personal finns på plats på flotten under arbetets gång.

Genom att identifiera de djuphålur i sjön där sedimentet ansamlas kan muddringen koncentreras till dessa platser och endast muddra på en förutbestämd begränsad yta. Omgivande volymer av toppsediment rinner efterhand till de muddrade djuphålorna och återfyller kontinuerligt det hålrum på botten som bildas av att bärga sediment, varvid sjöns totala lager av toppsediment kan reduceras löpande, endast genom att lågflödesmuddra på de utvalda platserna (Simonsson, 2019; M 5231-18 Malmfjärden lågflödesmuddring, 2019). För de identifierade bottenområden med sediment kan en färdig körbana programmeras in i robotflottens GPS, som då endast kommer att föra flotten långsamt över den begränsade identifierade botten som avses muddras. Flotten arbetar endast i ett begränsat område, den behöver inte styras över hela sjöns yta.

Samtidigt med sedimentet sugts det med mycket vatten, allt förs genom en slang från undervattensdelen via mudderflotten till den landbaserade enheten för vidare behandling. Det förekommer att bärgat sediment kan sprinklas ut direkt över närliggande ytor utan någon efterbehandling.

För landstationens avvattning finns det en del olika tekniker och steg som används. Syftet är oavsett teknik att separera sedimentet från vattnet, det bärgade sedimentets torrhalt (TS) kan vara så låg som 3%, för att det uppblandas med vatten vid uppsugningen. Avvattning kan ske genom flockning och fördelningsbassänger för sedimentation enligt trekammarbrunnssystem och med avslutande behandling i geotextilsäckar för ytterligare avvattning. Systemet kan kompletteras med en decanter-centrifug för kontinuerlig drift (Kaczala & Foks, 2020; Simonsson, 2019). Avvattningen kan även ske i täckta containrar med naturlig avdunstning. Vattnet som avlägsnas, så kallat rejekt- eller returvatten behöver återföras till sjön, det kan filtreras för att renas från kvarvarande partiklar eller ledas över vegetation och mark för att infiltrera innan det når tillbaka till sjön.

Lagar, regelverk, miljömål och förhållningsätt

Det finns lagkrav på att åtgärda övergödda sjöar. Övergödda sjöar är ett miljöproblem som ska åtgärdas enligt Vattendirektivet (2000/60/EG), som syftar

¹ Intervju med Måns Lindell Länsstyrelsen Jönköping om pilotprojektet lågflödesmuddring i Ralången, 2021.04.21

till att allt vatten ska uppnå en god ekologisk status. Vattendirektivet infördes i svensk lagstiftning genom 5 kap. i Miljöbalken (SFS 1998:808), Vattenförvaltningsförordning (2004:660) och Förordning med länsstyrelseinstruktion (2017:868). Flera av de miljömål som Sverige vill uppnå tangerar på övergödda sjöar och de miljöproblem som följer med det (Naturvårdsverket, 2020). Exempelvis Ingen övergödning, Levande sjöar och vattendrag och Ett rikt växt och djurliv är miljömål som påverkas negativt av övergödda sjöar.

Att genomföra den miljöförbättrande åtgärden med att lågflödesmuddra, avvattna, återföra rejektivatten och återvinna sediment kräver att en miljökonsekvensbeskrivning (MKB) utförs och det krävs flera olika tillstånd. Muddring är enligt Miljöbalken 11 kap. en vattenverksamhet, beroende på åtgärdens syfte och skala kan den bedrivas genom anmälningsplikt till Länsstyrelsen eller med tillstånd av Mark- och miljödomstolen (SFS 1998:808). Där utöver kan det krävas tillstånd för andra aktiviteter som behöver utföras för att kunna bärga sediment, exempelvis kan det krävas dispens från strandskydd och tillfälligt bygglov för landbaserade enheter eller tillstånd för att köra i terräng eller för något annat. Alla tillstånd kan villkoras (Naturvårdsverket, 2008) med speciella tider för utförandet, kontrollprogram eller andra villkor som behöver uppfyllas för att utföra arbetet.

Beroende på vad det bärgade sedimentet ska användas till, hamnar det under olika förordningar i Sverige. Det kan kategoriseras efter regelverket för spridning av organiska gödselmedel på jordbruksmark eller regelverk för spridning av slam på åkermark. Hur sedimentet kan klassas och hur det kan återvinnas och användas är även starkt beroende av vilka förorenande ämnen sedimentet innehåller. Det finns alltså inte ett speciellt regelverk för att använda återvunnet sediment, det finns heller inte policy eller praxis, på grund av att tekniken fortfarande är ny (Länsstyrelsen Östergötland, 2019, bilaga 12). Länsstyrelsen i Jönköping har definierat sediment som muddermassa och att spridningen ska hanteras enligt med att gödselmedel skulle ha tillverkats enligt 12 kap. 34 § Miljöprövningsförordningen (2013:251) med anmälningsplikt till kommunen enligt Miljöbalk 9 kap. 6§. Ytterligare en klassning kan förekomma, om sedimenten skall spridas på skogsmark. För spridning i skog kan det betraktas som ett avfall då det kan bedömas att sedimentet inte kommer från skogen, på samma sätt som askan som återinförs för näringens skull gör (Länsstyrelsen Östergötland, 2019, s. bilaga 13)

Organisationen KRAV har skrivit in EU-förordning för ekologisk produktion (EG nr 834/2007) i sitt regelverk, där sediment identifieras som en specifik organisk

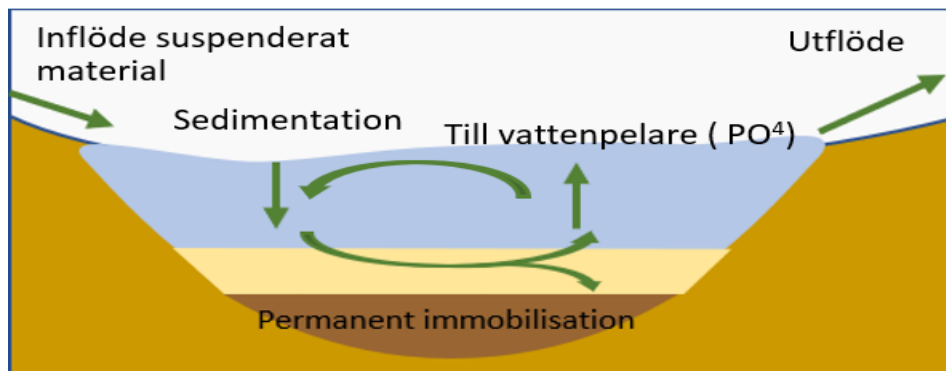
produkt för gödsling som är godkänd i KRAV certifierad odling. Sedimenten regleras genom skrivelse om att, endast organiska sediment som är utvunna som biprodukter från verksamhet i sötvatten och där utvinningen ska ha skett på ett sätt som orsakar minsta möjliga påverkan på vattenmiljön, förutsatt att gränsvärden för förorenande ämnen inte överskrids (KRAV, 2021). Lågflödesmuddrat sediment från sjöar som klarar gränsvärdet, kan spridas på KRAV certifierad åker.

EU har ett ambitiöst förhållningssätt för resursanvändning och resurseffektivitet. Uttrycket resursproduktivitet kan förenklas till att ”göra mer med mindre”, där material är den primära länken mellan ekonomin och miljön. För att hantera utmaningarna krävs grundläggande förändringar i synsätt för resursanvändning och ekonomisk tillväxt (EIONET, 2020). En betydande aspekt för förändringarna kommer att vara övergången från linjära resursförbruknings modeller där material går från produktion till destruktion, till cirkulär ekonomi där inget material förbrukas och kasseras. Att det finns ett förhållningssätt ett politiskt mål, betyder inte att det redan nu finns lagar, regler och praxis på plats centralt i EU eller i medlemsländerna som stödjer alla delar av förhållningssättet.

Övergödning i sjö, extern påverkan eller internbelastning

Övergödning i sjöar beror på att överflöd av näringsämnen, speciellt fosfor (P) orsakar problem i vatten. Övergödningen orsakar att balansen i det akvatiska livet förändras och påverkas negativt, problem som följer av eutrofiering är algbloomningar, mycket vitfisk och syrefria bottenar. Genom generellt förbättrad vattenförvaltning och jordbrukets miljöhänsyn har de största källorna för näringsläckage från jordbruket och de enskilda avloppen minskats med olika åtgärder (Havs och Vattenmyndigheten , 2019). Men övergödningens problemen kvarstår i många sjöar.

Sjöar och havsvikar fungerar normalt som sedimentationsbassänger för fosfor, det flödandet vattnet stannar upp och fosfor sedimenterar, den kumulativa effekten gör att det med tiden lagras betydande mängder fosfor i sedimenten. När sjöar övergår från att vara fosforfällor där fosfor anrikas i sedimentet, till att bli fosforkällor där fosfor släpper från sedimenten uppstår internbelastning (Marmolin, 2009). Den externa fosfor tillförseln till sjöar har alltså minskat genom åren, men den anrikade fosfor i sedimentet kan vara ett internt fosforförråd, vilket kan leda till internbelastning när fosfor från sedimentet frigörs och återförs till vattenpelaren Figur 1.



Figur 1, När fosfor från sedimenten frigörs ut i vattenpelaren uppstår internbelastning. Figur omarbetad efter förlaga från Søndergaard, Jensen, & Jeppesen, 2001.

Internbelastning kan inträffa vid resuspension när fiskar bökar igenom sedimentet, genom vindar som rör upp botten i grunda sjöar och på grund av syrefattiga bottenar (Huser, Löfgren, & Markensten, 2016). Både LRF och Svenskt Vatten menar att det finns möjlighet att vattenmyndigheterna överskattar påverkan från jordbruk och avloppsreningsverk (Havs och Vattenmyndigheten, 2019). Övergödda sjöar där internbelastningen kan vara en del av problematiken är vanligast i södra Sverige men kan förekomma i hela landet. Dock saknas det fortfarande kunskap om vilka vatten som har övergödningsproblem från internbelastning. Det har utvecklats ett verktyg för övervakning och mätning för identifiering och uppföljning av sjöar och kustvatten med internbelastning (Huser, Malmaeus, & Witter, 2020). Även effekter och kostnader av olika metoder och tekniker för att åtgärda internbelastningen, som lågflödesmuddring, kemisk behandling och reduktionsfiske ska klarläggas (Huser, et.al., 2016). Information och vägledning för effektivitet, kostnader och åtgärder för internbelastade sjöar saknas i dagsläget.

Tekniker för att åtgärda övergödda sjöar

För att minska internbelastningen behöver fosforförekomsten i sjön minskas. Nedan beskrivs några andra tekniker kortfattat.

Tekniken aluminiumfällning har använts i många sjöar, aluminium används som ett flockningsmedel för att binda fosfor i en form där den inte kan läcka tillbaka till vattenmassan, utan fosfor begravas i en stabil förening i sedimentet (Ramboll, 2019). Aluminiumet binder fosfor kemiskt till sedimentet så att det inte blir tillgänglig näring i sjön.

Reduktionsfiske även kallat biomanipulering är att fiska upp stora mängder vitfisk som mört och braxen ur sjön. Rovfisk som gös, abborre och gädda släpps tillbaka i sjön, de beståndet ska inte minskas. Vitfisken kan på olika vis bidra till

internbelastningsproblem. Vitfisken bökar upp sedimenten och då virvlar näring upp från botten. Vitfisken äter djurplankton som i sin tur skulle ätit växtplankton, utan djurplankton kan växtplankton etablera sig framgångsrikt och orsaka stor algplankton blomning. Utfiskad vitfisk kan bryta den negativa looppen (Huser, et.al, 2016). Vitfisken kan rötas i en biogasanläggning för att ingå i kretsloppet.

Växtens upptag av näringsämnen som binds i vegetationen, kan användas som fånggröda. Vid regelbunden skörd av växterna kan deras upptag få en stor betydelse för fosforavskiljningen (Marmolin, 2009). Mussel-, och algodlingar, används för att minska övergödning, genom att produkten som odlas avlägsnas med dess näringsinnehåll. Dessa produkter betraktas som resurser som kan säljas (Ramboll, 2019). Fånggrödor är nya, icke etablerade metoder.

Metaller i sediment

Sediment kan innehålla föroreningar som arsenik och flertalet metaller som järn, zink, bly, kadmium och koppar (Ferrans, Jani, Burlakovs, Klavins, & Hogland, 2020). Vilken som blir problematisk beror på mängden, som kan bli en begränsande faktor för sedimentets användning.

Försök i Malmfjärden har påvisat att förändringar i själva sedimentens miljö, som ökad syretillgång och pH förändringar, vilket kan uppstå till följd av muddring, orsakar förändringar i sedimentets struktur. De förändrade pH- och syre förhållandena kan orsaka att mellan 20% till 60% av metallinnehållet i sedimenten, frigörs till vattenpelaren (Ferrans, et.al., 2020). Resultaten från försöken visar på att exempelvis labila fraktioner av bly frigörs vid dessa förändringar, vilket är en grund till att rekommendera muddringsmetoder som inte grumlar vattnet. Den totala koncentrationen av metaller i sedimentet är inte indikator för potentiell separering av dem, metallernas rörlighet styrs av att hur de är bundna med olika kemiska föreningar i sedimentet (Ferrans, et.al., 2020). Sedimentets användning inom jordbruket för livsmedelsproduktion kan begränsas på grund av hälso- och miljörisker (Kaczala & Foks, 2020) på grund av innehållet av förorenande ämnen som ofta kan vara olika metaller.

Syfte

Syftet med detta arbete är att sammanställa erfarenheter och dokumentation från pilotprojekt med att bärga sjösediment som kan användas som någon form av resurs i samhället. Studien har syftat till att utreda vilka metoder och tekniker som har använts för upptagning, hantering och förädling av sediment. Om och hur sedimentet har kunnat användas som växtnäring inom lant-eller skogsbruk eller

om det har kommit till användning inom en annan process och vilka faktorer som kan begränsa sedimentens användningsområde.

Avgränsningar

Studien behandlar endast de beskrivna försöken gällande sjösediment som resurs eller insatsvara i en annan process. Studien behandlar inte graden av internbelastning eller effekten av åtgärden lågflödesmuddring i vattendraget.

Bakgrund

Fosfor en ändlig resurs eller en del av kretsloppet

Fosfor som jungfrulig råvara skriver Ulrich (2018) att år 2010 uppskattades fosforreserverna räcka drygt 100 år till, eftersom det totala antropogena flödet av fosfor är ungefär tre gånger högre den naturliga takten av nybildning. Senare beräkningar har estimerat att fosforreserverna räcker i 300 år (Ulrich, 2018). Genom att det upptäcks nya reserver och nya metoder för brytning och rening av fosformalm, kan slutdatum komma att justeras igen. Det som kan konstateras är att nybildningen går långsammare än utvinningens takten.

Dagens tillgångar av fosfatmalm är starkt koncentrerad till ett fåtal fyndigheter där vissa fyndigheter innehåller svår separerade föroreningar. Fosfor kan innehålla stora mängder kadmium, inom EU är kadmiumhalten källa till oro på grund av kadmiumets giftighet. Därav finns det gränsvärden för kadmium i fosfor (Ulrich, 2018). Fosfatmalmen är en ändlig och icke-förnybar resurs, följaktligen finns frågan, om och när fosfors tillgängliga fyndigheter kommer att ta slut. Det finns fortfarande en enorm mängd kända fosfatresurser som inte utnyttjas på grund av att det krävs alltför dyra metoder för att extrahera dem. Det finns tankar om att en ökad världsbefolkning som behöver mer fosfor och svårtillgängliga fyndigheter kan driva upp fosfor priset. Oavsett om datumet kommer om 100 eller 300 år är fosfor att betrakta som ändlig resurs. Förutom att det förs en diskussion om eller när fosfor kan ta slut, finns det även diskussioner om faktorer som potentiell geopolitisk instabilitet hos leverantörsländer (Daneshgar, Callegari, Capodaglio, & Vaccari, 2018), vilket kan försvåra och minska tillgängligheten för fosfor som internationell handelsvara, även innan den har tagit slut.

Potentiella åtgärder för att bevara kända fosforresurser kräver en förståelse för fosforflödet genom det moderna jordbruksekosystemet. Dess cykel innebär huvudsakligen överföring mellan, vatten, jord, sediment och organismer, den

nuvarande slösaktiga användningen bör övervägas och kontrolleras (Daneshgar, o.a., 2018).

Material och metod

Litteraturstudier

Studien har genomförts genom att studera genomförda och pågående försök med att använda sjösediment som resurs i en process. Projekten har studerats genom att ta del av information för projektens finansiering, tillstånd, teknik för bärning och hantering av sediment samt för återvinning av sediment.

Dokumentation och rapporter från försöken har eftersökts från deltagare i projekten och från myndigheternas register. Där det har varit svårt att hitta information har det kompletterats med intervjuer och mejlkontakter.

Intervjuer

Intervjuer och samtal kring hur försöken har fortgått har skett via telefon, zoommöte och genom mejlkonversationer. Intervjuernas syfte har varit att fylla på med information om uppgifter som inte finns publicerade eller dokumenterade på annat vis. Frågorna har anpassats för varje informants område, det har inte funnits något speciellt frågeformulär.

Resultatsammanställning för projekten

De fem studerade områdena är Malmfjärden en havsvik i Kalmar, sjöarna Öljaran i Katrineholm, Vallentunasjön i Vallentuna, Barnarp i Jönköping och Ralången i Aneby. Resultaten av sammanställningen av dessa projekt är beskrivna mer detaljerat i text nedan, samt sammanställt i tabellen nedan, tabell 1. Resultaten består av information för projektens finansiering, tillstånd, teknik för bärning och hantering av sediment samt för återvinning av sediment.

Teknikmarknad är ett företag verksamt inom lågflödesmuddring som har intervjuats för att presentera teknikutvecklarens erfarenheter.

Tabell 1, En sammanställning av de fem identifierade projekten som har studerats.

Projekt	Teknik	Projektmålen	Begränsande ämne i sedimentet	Användningsområden för sedimentet	Projektets erfarenheter
Malmfjärden	Automatiserad slamsugning med en utvecklad landbaserad station med analys enhet.	Ekonomisk och ekologisk metod att bärga och cirkulera sediment	Ej definierad	Jordförbättrare och till markkonstruktioner.	Det är inte lönsamt att utvinna metaller, växtnärsämnen är mer intressant, i övrigt under utvärdering.
Öljaran	Lågflödesmuddring med manuell hantering. Avvattnings med flockning och geosäckar.	Bärga näringsrikt sediment med fosfor från sjön, för att sprida på åker- och skogsmark. Förbättra sjöns vattenkvalitet, samt ett mer attraktivt friluftsliv.	Nickel (Ni)	Sedimentet klarar KRAV:s gränsvärden för att tillföra sedimentet till jordbruksmark. Spridning som växtnäring på åker- och skogsmark.	Lyckat pilotprojekt med bra kunskapsutbyte, stort intresse från jordbrukare, men dyrt med bärning av sediment.
Vallentuna-sjön	Automatiserad slamsugning med trekammarsystem för landstation.	Förbättra status i sjön och att utarbeta användningsområden för att återföra sediment till kretsloppet.	Alifater	Initialt till marktäckningsmaterial, sökes partner för att hantera sedimentet som jordförbättrare. Goda odlingsmöjligheter.	Fungerande metod som uppfattas som kostnadseffektiv av projektledningen, som vill skala upp.
Barnarp	Automatiserad slamsugning, direkt sprinkel och avvattnings med trekammarsystem	Förbättra status i sjön för vattenmiljö och för badsjö samt för att undersöka användningsområden för det bärgade sedimentet.	Bly (Pb)	Jordförbättrare på betesmark. Försök med odlingar och spridning i skogsmark.	Bra projekt där flera återvinningsområden testats, det behövs mer kunskap och samarbete mellan myndigheter och bransch.
Ralången	Lågflödes-muddring med manuell hantering, avvattnings med flockning och geosäckar.	Förbättra status i sjön för vattenmiljö och för badsjö.	Kadmium (Cd)	Växtnäring för jordbruk i pelletsform	Mycket bra och intressant information från försöken och arbetserfarenheter för fortsatt arbete.

Malmfjärden Kalmar

Projektets syfte och finansiering

Life Sure projektet i Malmfjärden är finansierat genom EU Life IP Rich Waters och Havs och vatten myndigheterna och utförs i samarbete med Linné universitetet och Kalmar kommun. Där undersöks ekologisk och ekonomisk metod för att bärja och återvinna sediment. Syftet är att både ta fram och testa processen samt att sprida erfarenheterna inom Europa (Life Sure Kalmar, 2021). Huvudkoncepten i projektet handlar om cirkulär ekonomi med försök att återvinna både fosfor och metaller ur sedimentet samt att återvinna sedimentet som sådant. Icke-konventionella metoder testas som potentialen att vara billigare och miljövänligare än etablerade metoder för processerna (M 5231-18 Malmfjärden lågflödesmuddring, 2019).

Tillstånd

Mark- och miljödomstolen har lämnat tillstånd enligt 9 och 11 kap. miljöbalken till vattenverksamhet genom muddring (bärgning av sediment) i Malmfjärden, med en medelmäktighet av ca 0,5 m och till miljöfarlig verksamhet i form av avvattning och behandling av muddermassor, samt utsläpp av renat rejektivatten (M 5231-18 Malmfjärden lågflödesmuddring, 2019). Tillståndet har ett tillägg från Länsstyrelsen Kalmar om att tillfällig avlysning, för muddringsarbetet, ska markeras med bojar som är väl synliga för övriga sjötrafikanter.

Tekniker och metoder

Lågflödesmuddring med helautomatiserad process med robotflotte och avvattningsstation på land. Avvattnings- och reningsanläggningen på land består av olika steg för att samla upp sedimentet ur vattenflödet, behandla det och även för att dela upp det i olika fraktioner. Försöket använder geosäckar för att samla sedimentet, det finns utrymme för att kunna ersätta geosäckarna med en centrifug som ger flödeskapacitet. Systemet har autostop, ifall det skulle bli stopp eller annat problem utefter process kedjan. Innan det separerade vattnet släpps tillbaka till fjärden passerar det genom en filteranläggning för rening. Det finns funktioner för insamling av data på plats, för att utföra analyser (Life Sure Kalmar, 2021).

Återvinning av sediment

Bärgat sediment är att betrakta som ett avfall som det inom projektet ska hittas avsättning för där flera olika användningsområden har utvärderats (Kaczala & Foks, 2020). Landstationen delar upp sedimentet i flera olika fraktioner för att enklare

kunna återvinna innehållet i sedimenten. Inom projektet har det utvärderats om sediment kan användas för att bygga upp bankar som skydd mot förväntade högre vattennivåer, eller möjligheten att använda de fyllda geosäckarna som delar av vallar för skydd mot översvämningar. Kompost och biomassarester har producerats, som bedöms vara produkter som kan hjälpa till att kommersialisera sedimenten. Tanken är att näringsämnen i sediment kan återvinnas som ett växtodlingssubstrat inom jordbruks-, växtodlings- eller trädgårdssektorn. Dock finns det förorenande ämnen i sedimentet som begränsar användningen inom livsmedelsproduktionen, alternativet kan vara att odla energiväxter som raps och pil. Genom studier av sedimentet och ämnen som fosfor, kväve och de olika metaller som finns bundna där i, dras slutsatser att sedimenten främst utgör en möjlighet för att återvinna kväve och fosfor, inte själva metallerna (Ferrans, o.a., 2020). Det prövas en metod med direkt extraktion av fosfor genom kemisk urlakning ur sedimentet, för att potentiellt användas som ersättning av traditionella gödselmedel. Värden för Arsenik, bly och Kadmium är högre i vissa sedimentlager än tillåtet för MKN markanvändning (Kaczala & Foks, 2020; Life Sure Kalmar, 2021). Begränsande ämne beskrivs inte i i dokumentationerna.

Öljaren Katrineholm

Projektets syfte och finansiering

Projektet Lågflödesmuddring i Öljaren har finansierats genom LIFE IP Rich Waters och Havs- och Vattenmyndigheten. Syftet med projektet är att ta bort sediment innehållande fosfor och andra näringsämnen från sjöns botten, inom projektet erbjuds studiebesök och kunskapsdelning. Bärgrat sediment kommer att spridas på åkermark och eventuellt i skogsmark. Åtgärden ska leda till att förbättra vattenkvaliteten i sjön och därigenom förbättra förutsättningar för växt- och djurliv samt ett mer attraktivt friluftsliv.

Tillstånd

Projektledaren Jenny Herbertssons uppfattning är att Länsstyrelsen Södermanlands krav i yttrandet upplevdes som orimliga och en del av kraven var mycket svåra att undersöka och få svar till eller få åtgärdade. Det fanns begränsade fakta i Sverige för sediment, så projektet använde referensvärden från Norge. Projektet valde att göra en stor MKB för att täcka in alla eventualiteter (Herbertsson²). Tillståndet ger rätt att muddra 10 hektar under 10 år, med en yta på högst 5000 m², för 1–20 cm sediment årligen. Tillståndet inkluderar avvattnings anläggning på land, att tillföra rejektivattnet till Öljaren samt lagring och spridning av sedimentet. Vid spridning av sediment på åkermark ska den aktuella markkarta och anpassning till grödans

behov beaktas, och sedimentet ska provtas och kontrolleras innan det sprids (Tillstånd till muddring i sjön Öljaran samt tillstånd till avvattning av upptaget sediment, 2020).

Tekniker och metoder

Lågflödesmuddring i den första försöksperioden genomfördes av Nordiska Undervattensarbeten (NUVA AB) som inte är verksamt längre. Arbetet utfördes genom manuell teknik med dykare i vattnet för att manövrera undervattens delen. Projektledningen bedömer att det blåser för kraftigt på Öljaran för att en robotsugar enhet ska fungera, därför väljs manuell hantering med dykare för undervattensdelen. Till fortsatt åtgärd i Öljaran är företaget Järven Echotech kontrakterat, även de kommer att arbeta med en manuell teknik med personal på plats, dock inte dykare. Avvattning sker genom flockning och geotextilsäckar (Herbertsson²).

Återvinning av sediment

Intresset för sedimentet har varit stort. Sedimentet klarar KRAV:s gränsvärden för att tillföra sedimentet i till jordbruksmark (KRAV, 2021). Även konventionella jordbrukare har visat intresse för att använda sedimentet som växtnäringsämne. Försök har gjorts med salix och halmstukor där det blöta sedimentet har vattnat stukorna för att få till en komposterings effekt. Stukorna kan sedan plöjas ner i mark som jordförbättrare. LRF har visat ett försiktigt intresse för sediment, där framtids tankar om andra större sjöar i distriktet som har en stor fosforbank i sedimentet har nämnts, i dagsläget är ett samarbete inte aktuellt (Herbertsson²). Nickel (Ni) är identifierad som begränsande ämne för sedimentet.

Herbertsson anser att detta har varit ett relativt dyrt pilotprojekt med goda resultat. En av anledningarna till höga kostnader är att det finns få entreprenörer på marknaden som kan anlitas för lågflödesmuddrings uppdrag. Det är positivt att det finns ett stort intresse för sedimentet från olika aktörer när det väl är bärgat och avvattnat. Projektet har även bidragit till kontakter, spridning av kunskap och utveckling av tekniker och metoder inom området.

² Jenny Herbertsson Miljö Katrineholms kommun, personlig intervju 2021.04.19

Vallentunasjön Vallentuna

Projektets syfte och finansiering

Pilotprojektet Lågflödesmuddring i Vallentunasjön har haft en pilotanläggning med stöd av LOVA bidrag. Syftet med att bärga sediment är att minska mängden organiskt material och därigenom förbättra sjöns ekologiska status samt att återanvända sedimentet i en process på land. Projektet innefattar delmålen att minska den interna näringsbelastningen samt att skapa kretslopp av växtnäring på ett kostnadseffektivt sätt (Simonsson, 2019). I ett första skede fokuseras det på att bärga sediment och att ta fram en gångbar råvara för att recirkulera näringsämnen i sedimentet på åkermark eller skogsbruksmark.

Tillstånd

För pilotprojektet gjordes en anmälan om vattenverksamhet enligt 11 kap. 9a § miljöbalken för muddring, den kan komma att behöva revideras till ett tillstånd om muddringsområde eller sedimentbärgning utökas. För området krävdes strandskyddsdispens samt reservatsdispens för att lokaliseringen är inom naturreservat. Tillfälliga bygglov krävs för den landbaserade anläggningen. Anmälan Länsstyrelsen (2018) Beslut 535-3316-2019.

Tekniker och metoder

För bärgning av sediment användes en automatiserade robotslamsugare från som styrdes på distans genom ett GPS system. Valet av området för åtgärden i sjön beslutades med hjälp av digitalkartering för att hitta sediment med rätt mäktighet. För att uppnå goda resultat, identifierades de så kallade ackumulationsbottnar i sjön, dit sediment transporteras genom gravitationen. Lågflödesmuddringsflotten kunde med denna teknik köras endast över det begränsade området. Sedimentet förs genom en slang till land, till fördelningsbassänger för sedimentation som fungerar enligt trekammarbrunnssystem. Därifrån pumpas sedimentet in till geotextilsäckar för ytterligare avvattnings. Systemet kan kompletteras med en decanter-centrifug för kontinuerlig drift. Rejektvattnet leds över vegetation och mark för naturlig infiltration innan det når tillbaka till sjön (Simonsson, 2019).

Återvinning av sediment

Under pilotprojektet bärgades toppsediment och användes av SEOM (kommunalt bolag) som marktäckningsmaterial. Under projektets gång har andra användningsområden utvärderats, där målet har varit att blanda ett material som både är stapelbart och brukbart för vanliga entreprenadmaskiner. I försök med en

uppblandning med lika delar matjord, fick sedimentmassan en rimlig struktur (Simonsson, 2019). Sedimentet har planterats med frön från omgivande sälgräs, varvid plantor etablerades bra i det fortfarande fuktiga sedimentet och växte med god kraft. Begränsande faktor är Alifater som ligger över gränsen för känslig markanvändning (Rydin & Arvidsson, 2019).

Vallentuna kommun bedömer lågflödesmuddringen som en effektiv åtgärd och att bärgat sediment kan återvinnas, eventuellt av en partner. Beroende på sedimentets kvalitet finns det olika möjliga användningsområden (Bengt Simonsson³). Vallentuna har sökt finansiering med LOVA bidrag för fortsatt storskaligt projekt för att under en fyra års period åtgärda hela sjön, för en kostnad om tre miljoner kronor. Länsstyrelsen Stockholm har prioriterat ner ansökan som fått avslag, med motivering att lågflödesmuddring är en metod under utveckling, där det saknas oberoende material och eftersom oberoende vetenskapliga granskningar saknas så baseras en del av informationen på rapporter från utförare och leverantörer. Länsstyrelsen bedömer att åtgärden som metod bör utvecklas och dess effekt på internbelastningsproblematik verifieras (Länsstyrelsen Stockholm, 2021).

Barnarp Jönköping

Projektets syfte och finansiering

Projektet Lågflödesmuddring i Barnarpasjön är ett samarbete mellan Jönköpings kommun, Länsstyrelsen i Jönköpings län, Vinnova och Teknikmarknad med finansieringen genom Havs- och vattenmyndigheten (Länsstyrelsen Östergötland, 2019). Projektets första del startade 2014.

Tillstånd

Anmälan om vattenverksamhet enligt 11 kap. 9a § miljöbalken för muddring. Muddring får ske under perioden 1 april – 31 oktober i 10 år enligt beslut om vattenverksamhet Mark-och miljödomstolen. Enligt länsstyrelsen Jönköpings ställningstagande är den upptagna produkten att betrakta som muddermassa. vilket gör att spridningen hanteras utifrån 12 kap. 34 § Miljöprövningsförordningen (2013:251), anmäls enligt miljöbalk 9 kap. 6§ till berörd kommun för volymer upp till 1000 ton. Regelverket för tillförsel av avloppsslam till jordbruksmark (SNFS 1994:2).

³ Samtal med Bengt Simonsson, Teknikmarknad 2021.04.20

Tekniker och metoder

Lågflödesmuddring med teknik från Teknikmarknad med robotslamsugare. Avvattningen sker i dumpercontainrar på land, utformade som en trekammarbrunn. Sedimentet sprids direkt eller via avvattningssystemet med sprinkler till betesmark. Rejekt vatten återförs till sjön.

Återvinning av sediment

2016 har det utförts försöksodling av Hushållningssällskapet för båda strå- och oljeväxter. Sedimentet är relativt näringsrikt med 1500 mg/kg fosfor, det skulle kunna vara ett lämpligt gödselmedel till bland annat spannmål och oljeväxter, kvävet i sedimentet är svårnedbrytbar form, vilket gör det svårtillgängligt för grödorna. Jämfört med stallgödsel är växtnäringsinnehållet i sedimentet lågt. En begränsande faktor är att sedimentet innehåller halter av tungmetaller, bland annat bly. Odlingsförsöken visar på något sämre resultat än för stallgödsel, men något bättre resultat än för ogödslat (Länsstyrelsen Östergötland, 2019). Det ska göras ytterligare försök där Hushållningssällskapet ska undersöka för- och nackdelar med att sprida bottensedimenten med tillsatt bentonitlera. Leran tillsätts för att få en effektivare avvattning. Sedimentet har även spridits på närliggande betesmark, direkt via ett sprinklersystem.

Det har utförts en undersökning ifall sediment kan fungera för skogsgödsling. Inom skogsbruk finns flera olika begrepp för gödsling, sedimentet skulle kunna fungera som ingrediens i kompensationsgödsel tillsammans med andra ämnen (Länsstyrelsen Östergötland, 2019). Resurseffektivitet ur ett skogsekonomiskt perspektiv bedöms sjösediment inte vara ett lönsamt material för växtnäring till skogsmark. Den kan inte konkurrera med askan, som är torrare, jämnare i kvalitet, finns i överflöd och där värmekraftverken betalar för spridningen, för att undgå deponiavgift. Ur ett kretsloppsperspektiv är askåterföringen till för att ”återföra” förlorade näringsämnen till skogsbestånd där askan kommer ifrån, medan bottensedimentet har ett annat ursprung och betraktas som ett näringstillskott (Länsstyrelsen Östergötland, 2019, bilaga 13).

Ralången Aneby

Projektets syfte och finansiering

Projektet syftar till statusförbättring i sjön. Finansiering genom miljöstöd från EU och LOVA-bidrag från Havs- och vattenmyndigheten.

Tillstånd

Tillstånd till vattenverksamhet för lågflödesmuddring. Terrängkörningstillstånd för att köra transporter i terräng. För spridning, användning av sedimentet behövdes inget tillstånd.

Tekniker och metoder

Lågflödesmuddring med manuell styrning av hyvel som skrapar av och suger upp det översta 5 cm från sjöbotten. I projektet var det önskvärt att hålla sig till de översta 5 cm för att det lagret bedömdes innehålla minst mängd föroreningar och vara näringsrikast. Manuell styrning med dykare valdes för att det bedömdes att en automatiskt styrd hyvel skulle kunna gå för djupt i sedimentet eller för högt och då suga mest vatten på grund av ojämn sjöbotten (Måns Lindell ⁴) Sediment avvattnades i betongbassänger klädda med en filtrerande geotextilduk som samlade sediment och lät vatten passera, tidshorisonten för avvattning var några månader. Genom en flockningsteknik kan ett kontinuerligt flöde skapas som gör att avvattning kan ske i samma takt som upptagning av sediment. Därefter pumpades sedimentmassan genom ett filter till en stålcontainer där det kan lagras upp till ett år för att användas.

Återvinning av sediment

Kadmium är begränsande faktor för att återvinna sediment som växtnäring. Måns Lindell som arbetat i projektet anser i att tidpunkten för sedimentbärgningen är problematisk, efter bärgning och avvattning var det fel tid på året för att sprida ut det på åkern. Tillsammans med Ecoväx tillverkades därför pellets av sedimentet, som kan lagras, transporteras och spridas med lantbrukets befintliga maskinpark. Försöket med att tillverka pellets av sedimentet utfördes i syfte att återvinna fosfor, som potentiellt kan ersätta annan fosforkälla i jordbruket. Även sedimentets torrhalt (TS) var ett problem, trots avvattnings behandling det var för blött för att göra pellets. I stället för att arbeta med att torka sedimentet ytterligare med kostnads- och energikrävande processer, prövades metoden att blanda i benmjöl, som är mycket torrt med TS 98%. När benmjölet blandades i uppstod en komposteffekt, en positiv synergieffekt som inte hade förutspåtts. Förväntan med att använda sedimentpellets i växtodlingen, är att det ska vara minst lika bra som ogödslat. Erfarenheten från projektet, kunskapen om sedimentets egenskaper och jordbrukets krav ger den samlade bedömningen att det är bättre att satsa på att använda sedimentet till

⁴ Samtal med Måns Lindell Länsstyrelsen Jönköping.2021-04-21

blomjord, parkjord eller matjord, och inte till produktionsmarker. Produktionsvärdet för sedimentet till en användbar produkt för jordbruket blir för högt, för att konkurrera med handelsgödsel. Erfarenhet av lågflödesmuddring och återvinning av sedimentet, kan betraktas som ett vattenvårdsprojekt med mervärdet av ett näringsrikt sediment (Måns Lindell ⁴).

Teknikmarkand utvecklare av teknik

Bengt Simonsson som är en av initiativtagarna till miljöteknikföretaget Teknikmarkand som drivs i samarbete med KTH, vilka har erfarenhet av lågflödesmuddring och avvattning av sediment. Teknikmarknads nisch är att utveckla automatiserade självgående system som inte kräver personal på plats. Systemet har utvecklats för att kunna flyttas på mellan olika sjöar som behöver åtgärdas. Slamsugning utförs med GPS styrd robotflotte och avvattningen sker i ett system med kontinuerligt flöde. Anläggningen är tålig, den har få rörliga delar, och klarar sjögång upp till 13 m/s. Sedimentet som sugts upp kan behandlas på olika sätt, beroende på vad den ska användas till. Exempelvis finns engångs avvattningssäck där det avvattnas och kan fraktas vidare i säcken, eller med decanter centrifug, eller en täckt avvattnings bassäng där sol och vind får torka sedimentet under ett par månaders tid. Simonssons erfarenhet säger att sedimentet är mycket finkornigt och behöver blandas upp med grövre partiklar för att bli hanterbart. Teknikmarknads förslag är att använda det torkade och tillblandade sedimentet som matjord för exempelvis nybyggen för att få en resurseffektiv produkt. Deras system är rekommenderade för att kommunen själv äger och driver sin anläggning. Förutsättningen att äga anläggningen som har en teknisk livslängd på 10 år och flytta den mellan sjöar för att få en god kostnadseffektivitet för vattenvårdsåtgärder. De räknar med att kostnaden för att äga och använda ett system i 10 års tid, med fem projekt per år kostar ca sju miljoner kronor inklusive avvattning och hantering av sediment. Teknikmarknad upplever att kommunen efterfrågar en hel entreprenad för åtgärden, som upphandlas per projekt tillfälle och sjö. Det har startats ett nytt projekt där sedimentet ska användas som näring och jordförbättring i ungskog som växer upp efter en skogsbrand i Gävleborg (Bengt Simonsson⁵)

⁵ Samtal med Bengt Simonsson Teknikmarknad 2021.04.20

Diskussion

Det behövs att politik och lagstiftning, håller jämna steg med de förändringar våra samhällen behöver för att kunna genomföra hållbara åtgärder som ger positiva synergieffekter. Resurshushållning och kretsloppsanpassning där material och råvaror behåller sitt värde och kan återanvändas, är nödvändigt för att vårt samhälle ska bli hållbart (EIONET, 2020)..

Resurs eller besvärlig restfraktion

Resultaten visar på några gemensamma nämnare för de studerade pilotprojekten, att det finns svårigheter med att hantera och använda det bärgade sedimenten för att det är en blöt och finkornig massa. Samt för att den ofta bärgas i fel säsong för exempelvis jordbruksanvändning, vilket skapar logistiska utmaningar både för lagring och för transport. Förutom i Barnarp där det var möjligt att sprinkla ut muddermassorna direkt med en spridare till omgivande betesmark.

TS kan vara 3%, vilket kräver avvattning för att kunna transporteras och användas på ett kostnadseffektivt sätt. När väl sedimentet är avvattnat kan det fortfarande vara för blött för att lagras som en stapelvara eller om det verkligen är torrt kan det bli en hård och svårarbetad struktur. Genom att blanda i benmjöl kunde Ralången skapa en torrare produkt att tillverka pellets av och genom att blanda med matjord fick Vallentuna en produkt för jordförbättring (Måns Lindell⁴; Simonsson, 2019). Variationen i de olika försöken visar att det kan finnas flera möjliga användningsområden, att sedimentet är mångfunktionellt som insatsvara, det kan sprinklas ut direkt utan vidarebehandling, det kan avvattnas och spridas ut på åker som i eller det kan blandas med andra material innan återvinning, tabell1.

Miljöförbättrande åtgärders nytta och finansieringen av dessa kan skapa målkonflikter mellan intressenter, gällande kostnadseffektiviteten. Med krympande naturresurser och människors snabba utnyttjande av dessa, behövs en helhetssyn där hela processen beaktas för att bättre kunna förstå nyttor och onyttor och kunna jämföra dem med andra möjliga åtgärder. Resonerande tankar kring om sediment kan vara en resurs eller en besvärlig restfraktion kan inledningsvis behandla sedimentets potentiella systemanalys. I en systemanalys sätts alla fakta om alla processdelar som material, teknik, avfall och miljöeffekter i ett sammanhang, för att belysa hela systemet. I systemanalysen kan fakta med olika parametrar blandas och samband från naturvetenskap, teknik, samhällsvetenskap och ekonomi kan beaktas samtidigt, för det krävs ett kritiskt synsätt för hur resultaten bör tolkas, samt även för hur de kan missförstås (Tester, Drake, Michael J Driscoll, & Peters, 2012). Nyttan av en systemanalys är att differerande processer och scenarier som inte har

alla nämnare gemensamma, kan beskrivas och jämföras. Svaret för kostnadseffektivitet och miljöeffekter av att återvinna sediment blir avhängigt av vad som beräknas med i systemanalysen av sediment som en resurs. Kostnaden för sediment beräknas högre om sedimentet behandlas som ett material som utvinns på samma sätt som exempelvis fosformalm. Bilden ser annorlunda ut om sediment betraktas som en restfraktion, som behöver omhändertas, då startar systemanalysen från när sedimentet både är bärgat och avvattnat. För båda senariorna kan sedimentet tillräknas den positiva synergieffekten med att det kan ersätta någon del av den ändliga fosfor som inte behövde utvinns, utan i stället återvinns fosfor som redan finns i kretsloppet (Ulrich, 2018). Det är motiverat att utifrån olika miljömål och hållbarhets principer kunna jämföra metoder och tekniker för att åtgärda en sjö med låg ekologisk eller kemisk status och metoder för att berika odlingsmark med växtnäring (Simonsson, 2019).

Användningsområden för sediment

Mattei (2017) skriver i sin artikel om återvinning av sediment, om både nyttan och svårigheterna med sedimentets användning som växtnäring för produktionsmark. Nyttan är att nyttiggöra fosforinnehållet i sedimentet och därmed återföra den till kretsloppet.

Dock kan det vara problematiskt för innehållet av förorenande ämnen som begränsar jordbrukets möjligheter att använda sedimentet. Sedimenten i projekten, hade efter analyser identifierat olika begränsande ämnen, tabell 1. Malmfjärden har inte beskrivit ett begränsande ämne, de har beskrivit ett antal ämnen som kan begränsa återvinningen av sediment. Det kan vara en följd av att beroende på vad sedimentet ska användas till, kommer sedimentet att hamna under olika regelverk med olika begränsningar (Länsstyrelsen Östergötland, 2019, bilaga 12, 13). Då Malmfjärden undersöker möjligheten att separera föroreningar och möjliga återvinningsområden för sediment, inom olika sektorer, kan kraven för sedimentets innehåll skilja sig.

Sedimentet från Öljaren klarar kraven för KRAV – certifiering, vilket underlättar och utökar användningsområdet då sedimentet kan återvinnas enligt EU-förordningen (EG) nr 834/2007 om sediment som växtnäringsskälla.

Det relativt låga näringsinnehållet, jämfört med handelsgödsel bidrar till svårigheter då det kan bli osäkra produktionsresultat, vilket försöken utförda av Hushållningssällskapet (Länsstyrelsen Östergötland, 2019) visar på, där resultaten var varierade och inte alls lika förutsägbara som för andra mer beprövade alternativ för växtnäring.

Sedimentets användning för att ersätta eller berika planteringsjord i någon form för icke kommersiella odlare ger ett bredare fönster för användning med större acceptans för lägre och ojämna näringsbalans, förorenande ämnen, samt för tid på året när sedimentet kan komma till användning (Mattei, o.a., 2017; Welch, Mogren, & Beeney, 2016; Simonsson, 2019). Flera av försöken har visat positiva odlingsegenskaper för sedimentet. Alla av de studerade pilotprojekten har redovisat att det finns ett intresse från olika samhällsaktörer att använda sediment i någon form av odling.

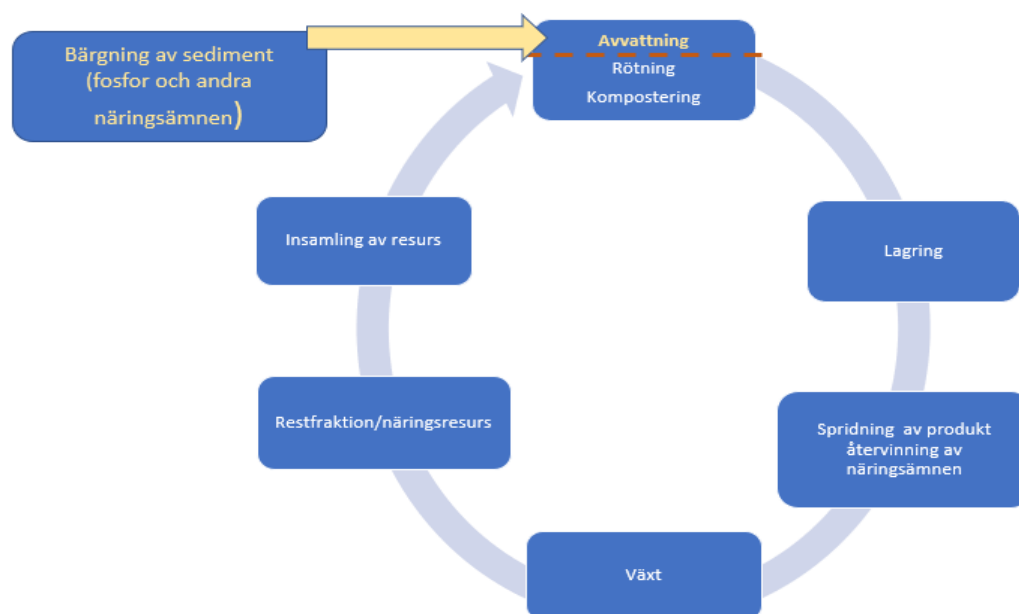
Liknande förutsättningar som för biogödsel

Om det inte fanns lagkrav för att åtgärda övergödda sjöar, skulle den här diskussionen om sediment som potentiell resurs troligen inte finnas. Det är liknande scenario som för biogödsel, skulle det inte finnas lagkrav för att avskilja matavfall från övrigt avfall och skulle det inte gå att utvinna biogas, skulle den svårhanterliga produkten biogödsel kanske inte finnas. Många av de svårigheter och problem som har beskrivits för de olika projekten för att återvinna sediment är liknande de svårigheter som finns för växtnäingsmedlet biogödsel. Det är en restfraktion ifrån en miljöförbättrande åtgärd, genom att tillverka biogas genom rötning av matavfall blir det kvar näringsämnen i flytande form som kallas biogödsel. Produktionen är i gång året runt alltså, då även i fel säsong, vilket betyder att det behöver lagras, eftersom det endast kan spridas på jordbruksmark vissa tider på året. Biogödsel har ett förhållandevis lågt näringsinnehåll som kan fluktuera något över tiden beroende på innehållet i matavfallet som rötas. Innehållet påverkar även mängden av begränsande ämnen i slutprodukten som ska spridas på jordbruksmarken. Biogödsel är flytande och behöver därför transporteras med tankbil, lagras i specialbyggda kärl, oftast hos jordbrukaren, samt spridas med spridare på åkern (Avfall Sverige, 2021). Trots de svårigheter som finns för biogödsel har produkten inarbetats in i systemet och ingår idag som en del av kretsloppet. Det finns många likheter för biogödsel och sediment, dock finns det flera olikheter och skillnader som är viktiga att belysa i sammanhanget. Själva resursen matavfall produceras kontinuerligt år efter år, av den tillverkas biogas som är primär produkten, biogödsel är en sidoprodukt som behöver hanteras. Kontinuiteten för resursen gör det möjligt att ha långsiktiga avtal med mottagare för biogödsel, vilket skulle vara svårare för sedimenten eftersom det kan uppstå på olika lokaler vid olika tidpunkter.

Resurser ingår i cirkulär ekonomi

Kan sjösediment betraktas som en resurs? Om bärgat sediment ska betraktas som ett problem eller en resurs beror på hur sediment kan tillvaratas och återvinnas. O

hanterat sediment som skapar internbelastning i sjön är inte bara ett miljöproblem som skapar övergödning av sjöar och kustvatten, det kan även vara en ekonomisk förlust för samhället, för att användbara näringsämnen lämnas kvar på sjöbotten, där de inte kan göra nytta (Marmolin, 2009; Renella, 2021). Genom att nyttiggöra värdet av sedimentet kan uttag av nya material som sedimentet kan ersätta undvikas (EIONET, 2020). Om bärgat sediment kan bli till nytta i odling, sluts fosforns kretslopp. Illustrationen i Figur 2, visar ett potentiellt kretslopp för hur sediment innehållande fosfor och andra näringsämnen kan ingå i en cirkulär ekonomi med resurshushållning där näringsämnena är en resurs, ett material som behåller sitt värde genom att återanvändas. Genom att bärga sediment och återvinna det som växtnäring och samla in växtresterna kommer exempelvis fosfor komma in i ett cirkulärt flöde.



Figur 2 Näringsämnena som bärgas från sjöbotten kan inkluderas i kretsloppet genom att återvinnas som växtnäring. Gul pil visualiserar sedimentets och näringsämnenas väg in i kretsloppet för att därefter cirkulera.

Utvecklingsfasen för att etablera biogödsel som ett växtnäringssämne har varit lång. I samhället finns en inställning som gör att matavfall betraktas som en resurs, inte ett avfall, det har startats långa insamlingskedjor för matavfall (Avfall Sverige, 2019), varit kampanjer för att sprida råd och kunskap till allmänheten, samt utvecklats ett samarbete med jordbrukaren som ska ta emot, lagra och sprida biogödsel. I dag är det en etablerad växtnäringssämne där nästan alla kommuner har samverkan med en aktör för biogödselproduktion. Om hanteringen av sjösediment kan utvecklas lika framgångsrikt som biogödsel har utvecklats, kan det

införas som resurs i samhället, och den ändliga resursen fosfor kan cirkulera i kretsloppet, Figur 2. Om fosfor från antropogen källa, exempelvis från jordbruk och avlopp, hamnar i sedimenten på sjöbotten är det en linjär struktur med utvinning användning och deponering på sjöbotten, Figur 1. Resurshushållning och kretsloppsanpassning där material och råvaror behåller sitt värde och kan återanvändas är cirkulär ekonomi som kan bidra till ett hållbart samhälle (EIONET, 2020).

Innovationer och etablerade tekniker

Länsstyrelser i olika regioner har skilda uppfattningar om vilken miljöpåverkan åtgärden kan åstadkomma och därmed skiljer det sig med vilka uppgifter som behöver redovisas för att bärga sediment genom lågflödesmuddring. Dessa skillnader kan även bero på skillnaden på lokalen där åtgärden ska utföras.

Lågflödesmuddring som teknik, betraktas idag, sex år efter att första försöken utfördes i Sverige i Barnarp, fortfarande som ny, obeprövad och outredd. Det finns inga vetenskapliga utvärderingar gällande metodens effektivitet publicerade ännu. Vallentuna kommun fick avslag på sin ansökan om bidrag till att skala upp projektet och åtgärda hela Vallentuna sjön. Avslaget för ansökan motiverades med att det saknas forskning om metoden och för användning av sedimentet som resurs. (Länsstyrelsen Stockholm, 2021). VISS som samlar beskrivning av metoder i åtgärdsbibliotek beskriver att metoden inte är dokumenterad (Länsstyrelsen, 2019).

När lågflödesmuddringstekniken ska jämföras med andra mer etablerade tekniker beräknas kostnaderna efter vissa parametrar (Huser, et.al, 2020). Simonsson upplever att där har det skapats en missvisning av kostnaden, till lågflödesmuddringens nackdel, för att den nya metoden felberäknas. De flesta kostnadsberäkningar för åtgärder mot övergödning genomförs för hel entreprenader, där kostnaden för åtgärden divideras med den berörda ytan, vartefter kostnaden per yta multiplicerar med hela sjöns yta, en beräkningsmetod som fungerar bra för åtgärder som biomanipulation, Al-fällning och andra manuella tekniker, men inte lika bra för inköp av automatiserad utrustning som kan användas under en flerårsperiod. Det finns en kostnadseffektivt med automatiserad lågflödesmuddring när en kommunen eller kommuner som samverkar, är villiga att köpa in utrustningen och därefter kanske överlämna sedimentet till en partner för

vidare behandling och avyttring (Bengt Simonsson⁶). Samåga utrustning är en del av det cirkulär ekonomiska tankesättet (EIONET, 2020)

Lokala och regionala myndigheter behöver ha möjlighet att stödja återvinningsprocesser och avhjälpa hinder som nya återvinningsprocesser kan medföra. Ett problem som kan uppstå vid återvinningsprocesser är om restfraktioner, sediment i detta fall, innehåller ämnen som inte längre är tillåtna eller endast tillåtna till en bestämd nivå. Dagens återvinningsföretag behöver hantera tidigare verksamheters efterlämnade ämnen som nu är begränsad, på grund av ämnernas negativa påverkan på människa och miljö. Hantering av material som samhället behöver använda och återvinna är en fråga om att både sluta kretslopp och att bryta skadliga kretslopp av föroreningar (Avfall Sverige, 2021; Welch, et.al., 2016). Sedimentet kan innehålla många olika ämnen, inget sediment i pilotprojekten är det andra likt. Det är olika ämnen som är identifierade som begränsande, det kan vara kadmium, alifater eller nickel, tabell 1. Hur sedimenten är tänkt att användas, vad det klassas som, påverkar vilka ämnen som ger begränsningar. Sediment som möjlig resurs, är fortfarande under utveckling, hanteringen och utvecklingen som har skett för biogödsel kan vara ett ledljus för utvecklingen av sedimentprodukter. Stråvan mot hållbarhet, genom att återvinna restfraktioner, innebär en möjlighet till innovation och innovationer leder till ett mer hållbart samhälle.

Samlad kunskap

Under arbetet med att söka information om projekten identifierades svårigheter att hitta samlade erfarenheter, rapporter, slutrapporter och data för projekten. För denna studie har informations sökts från många olika källor, personer som arbetar med projekten har intervjuats för att fylla ut luckorna per projekt. För användningen av sediment som resurs finns de utländska artiklar publicerade (Mattei, et.al., 2017; Renella, 2021; Welch, et.al., 2016), som beskriver samma sorts möjligheter och svårigheter som de studerade projekten har beskrivit. Det handlar om svårigheter med sedimentens vatteninnehåll, föroreningar och att hitta lagrum och regelverk för produkter och processer. Men det handlar även om sedimentets goda egenskaper som växtnäring och grogrund för plantor och för intresset och möjligheterna med att återvinna sedimenten.

⁶ Samtal med Bengt Simonsson Teknikmarknad 2021.04.20; Simonsson, 2019

Största anledningen till bristen på litteratur och rapporter beror på att flera av de studerade projekten ännu inte har slutrapporterats. Med vetskapen om att projekten till stora delar finansierats med skattemedel från Havs- och vattenmyndigheten genom LOVA och LIFE Rich Waters så finns det förvånansvärt lite information sammanställt om projekten att finna hos dem som fördelar bidragen, det finns exempelvis inga delseleveranser för rapporter eller någon form av utvärdering för enstaka projekt eller för de pågående projekten tillsammans som kunde bygga en början till plattform för samlad kunskap. Projektet Malmfjärden skiljer sig från de andra genom att det finns ett med Linné Universitet, där det bedrivs forskning inom projektet och de har en publik projektplattform där information presenteras kontinuerligt för projektets delseleveranser (Life Sure Kalmar, 2021).

Slutsatser

För att överhuvudtaget få tillgång till den stora mängden sediment som potentiellt kan vara en resurs, krävs att sedimenten bärgas från sjöbotten. Om det inte fanns en skyldighet att åtgärda en övergödd sjö eller om fosfor inte var en ändlig resurs, skulle troligtvis denna diskussion om sedimenten som potentiell resurs inte föras. Åtgärder för att bärga sjösediment görs i första hand för att förbättra vattenmiljön, den metoden är ännu inte utredd eller etablerad, den samhällsnytta som sjösediment kan utgöra som resurs är därmed heller inte utredd och ännu mindre etablerad. Sediment är inte en produkt som det finns efterfrågan för i Sverige.

Att åtgärda övergödda sjöar med internbelastning genom lågflödesmuddring kan skapa positiva synergieffekter om sediment kan bli användbart som jordförbättrare, matjord eller växtnäring. Om sedimenten kan betraktas som en resurs som kan utgöra en samhällsnytta kommer det även påverka den samlade nyttan av vattenvårds åtgärden lågflödesmuddring.

För vidare studier om sedimenten kan utgöra en resurs, kan det studeras vilken återvinningsprocess för sedimenten kunde vara möjlig med perspektivet på både storskalig mottagning och att nyttogöra näringsämnen och då speciellt fosfor.

Referenser

- Avfall Sverige. (2019). *Biologisk återvinning*. Hämtat från Avfall Sverige.se: <https://www.avfallsverige.se/avfallshantering/avfallsbehandling/biologisk-atervinning/> [den 20 05.21]
- Avfall Sverige. (2021). *Biogödsel En del av det naturliga kretsloppet*. Hämtat från <https://www.biogodsels.se/> [den 20 05 2021]
- Daneshgar, S., Callegari, A., Capodaglio, A. G., & Vaccari, D. (2018). The Potential Phosphorus Crisis: Resource Conservation and Possible Escape Technologie. *Resources*.
- Djerf, H. (2021). *Teknisk slutrapport - En vik i Sjöriket Skåne*. Kristianstad University Press.
- EIONET. (2020). *Resource efficiency*. Hämtat från European Environment Information and Observation Network (Eionet): <https://www.eea.europa.eu/soer/2015/europe/resource-efficiency> [den 22 05 2021]
- Europaparlamentet. (2017). 2000/60/EG . *Direktiv 2000/60/EG - en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område*. Hämtat från <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=LEGISSUM%3A128002b> [den 20 05 2021]
- Ferrans, L., Jani, Y., Burlakovs, J., Klavins, M., & Hogland, W. (2020). *Chemical speciation of metals from marine sediments: Assessment of potential pollution risk while dredging, a case study in southern Sweden*. Elsevier.
- Havs och Vattenmyndigheten . (2019). *Ingen övergödning Fördjupad utvärdering av miljö kvalitetsmålen 2019*. Havs och Vattenmyndigheten.
- Huser, B., Löfgren, S., & Markensten, H. (2016). Internbelastning av fosfor i svenska sjöar och kustområden - en kunskapsöversikt och förslag till åtgärder för vattenförvaltning: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Huser, B., Malmaeus, M., & Witter, E. (2020). Riktlinjer för övervakningsprogram för sjöar som kan ha förhöjd internbelastning: Rich Waters, Havs- och vattenmyndigheten.
- Kaczala, F., & Foks, R. (2020). *Sediment Uptake and Remediation on an Ecological Basis*. Hämtat från Life Sure Kalmar: <https://lifesure.kalmar.se/ovrigt/sok.html?query=reports&submitButton=> [den 22 04 2021]
- KRAV. (2021). *KRAV Regler 2021 4.8.4 Tillåtna organiska gödsel- och jordförbättringsmedel*. Hämtat från <https://regler.krav.se/unit/krav-regulation/91af0182-9dc7-43cf-b5e6-c85ae49bf2b8> [den 17 05 2021]
- Life Sure Kalmar. (2021). Hämtat från Life Sure Kalmar: <https://lifesure.kalmar.se/svenska/temawebb---lifesure.html> den [10 05 2021]
- Länsstyrelsen. (2019). *VISS Åtgärdsbibliotek*. Hämtat från <https://viss.lansstyrelsen.se/Measures/EditMeasureType.aspx?measureTypeEUID=VISSMEASURETYPE001072> [den 13 05 2021]

- Länsstyrelsen Stockholm 501-70616-2020 (2021) Bidrag till Lokala vattenvårdsprojekt (LOVA) till projektet Automatiserad lågflödesmuddring i Vallentunasjön . Länsstyrelsen Stockholm.
- Länsstyrelsen Östergötland. (2019). *Generell analys av användning av sediment som gödselmedel- Värdering av gödslingseffekten av bottensediment från*. Länsstyrelsen Östergötland.
- M 5231-18 Malmfjärden lågflödesmuddring, M 5231-18 (Växjö Tingsrätt Mark-och miljödomstolen den 16 12 2019).
- Marmolin, C. (2009). *Våtmarkssediment -resurs eller risk för samhället*. Hushållningssällskapet Skaraborg.
- Mattei, P., Pastorelli, R., Rami, G., Mocali, S., Giagnoni, L., Gonnelli, C., & Renella, G. (2017). Evaluation of dredged sediment co-composted with green waste as plant growing media assessed by eco-toxicological tests, plant growth and microbial community structure. *Journal of Hazard matter*, 333, ss. 144-153.
- Naturvårdsverket. (2008). *Vattenverksamheter handbok för tillämpningen av 11 kapitlet i miljöbalken*. Naturvårdsverket.
- Naturvårdsverket. (2020). *Sveriges miljömål*. Hämtat från <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/> [den 20 04 2021]
- Ramboll. (2019). *Underlagsrapport Metoder för att minska övergödning i övergödda vatten*. Ramboll.
- Renella, G. (2021). Recycling and Reuse of Sediments in Agriculture: Where Is the Problem? *Sustainability*, 13, 1648.
- Rydin, E., & Arvidsson, M. (2019). *Effekt av lågflödesmuddring på Vallentunasjöns sediment 2019 – Undersökning av näringsämnen och miljögifter vid provmuddring*. Naturvatten i Roslagen AB.
- SFS 1998:808. (u.d.). Miljöbalken. Regeringskansliet.
- Simonsson, B. (2019). *Sedimentbärgning Vallentunasjön 2019*. Teknikmarknad.
- Sveriges Riksdag. (2018). Vattenförvaltningsförordning (2004:660). Hämtat från https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/vattenforvaltningsforordning-2004660_sfs-2004-660 [den 20 05 2021]
- Sveriges Riksdag. (2019). Förordning (2017:868) med länsstyrelseinstruktion. Hämtat från https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2017868-med-lansstyrelseinstruktion_sfs-2017-868 [den 21 05 2021]
- Tester, J. W., Drake, E. M., Michael J Driscoll, M. W., & Peters, W. A. (2012). *Sustainable Energy Choosing Among Options*. MIT Press.
- Tillstånd till muddring i sjön Öljaren samt tillstånd till avvattning av upptaget sediment, M 7505-18 (Mark-och miljödomstolen Nacka tingsrätt den 25 05 2020).

- Ulrich, A. E. (2018). Cadmium governance in Europe's phosphate fertilizers: Not so fast? *Science of The Total Environment, Volume 650, Part 1*, 541-545.
- Welch, E. B., & Cooke, G. D. (2005). Internal Phosphorus Loading in Shallow Lakes: Importance and Control. *Classic Lake and Reservoir Management, 11(3)*, 273-281.
- Welch, M., Mogren, E. T., & Beeney, L. (2016). *A Literature Review of the Beneficial Use of Dredged Material and Sediment Management Plans and Strategies*. Portland State University. Hatfield School of Government. Center for Public Service.