

Muddringsmassor och sura sulfatjordar

Jon Suominen

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för Byggnads- och samhällsteknik

Vasa 2025

EXAMENSARBETE

Författare: Jon Suominen

Utbildning och ort: Ingenjör (YH) Byggnads- och samhällsteknik, Vasa

Inriktning: Byggnadsproduktion

Handledare: Tom Lipkin

Titel: Muddringsmassor och sura sulfatjordar

Datum: 25.5.2025 Sidantal: 24

Bilagor: 4

Abstrakt

Det här examensarbetet behandlar deponering av muddringsmassor, med delfokus på sura sulfatjordar.

Målet för det här examensarbetet är att reda ut ett möjligt samband mellan muddringsmassor och sura sulfatjordar. Examensarbetet behandlar motstridigheter i hanteringen av dessa jordmassor.

Det här examensarbetet är en litteraturöversikt av aktuell lagstiftning, och i synnerhet aktuella direktiv, vad det gäller muddring och sura sulfatjordar. Syftet med examensarbetet är att skapa en förståelse för framtiden inom hantering av överskotts jord och i synnerhet muddringsmassor. Arbetet presenterar metoder för hantering av dylika jordmassor.

Muddringsmassor är tätt förknippade med sura sulfatjordar. Trots detta beaktas inte sura sulfatjordar i lagstiftning eller statliga direktiv angående muddring. Den mer omfattande forskningen inom sura sulfatjordar är bara några år gammal, och har inte implementerats i övriga sammanhang angående hantering av överskotts jord.

Kännedomen om sura sulfatjordar och dess inverkan på våra vattendrag kommer att påverka byggandet i vårt samhälle framöver.

Examensarbetet beskriver avslutningsvis ett verkligt fall där man tillämpat neutralisering av sura sulfatjordar till följd av ett muddringsarbete.

Språk: svenska

Nyckelord: muddringsmassa, sulfidleda, sur sulfatjord

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Jon Suominen

Koulutus ja paikkakunta: Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto: Rakennustuotanto

Ohjaaja: Tom Lipkin

Nimike: Ruoppausmassat ja happamat sulfaattimaat

Päivämäärä 25.5.2025

Sivumäärä 24

Liitteet 4

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö käsittelee yleisesti ruoppausmassojen läjitystä, ja keskittyy happamien sulfaattimaiden käsittelyyn.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää ruoppausmassojen ja happamien sulfaattimaiden yhteyttä. Opinnäytetyö käsittelee näiden maalajien käsittelyn ristiriitaisuuksia.

Tämä opinnäytetyö on ajantasaisen lainsäädännön ja ohjeistuksen läpikäynti, koskien ruoppausta ja happamia sulfaattimaita. Opinnäytetyön tavoite oli luoda ymmärrystä siitä, miten ylijäämäaita ja ruoppausmassoja käsitellään tulevaisuudessa. Opinnäytetyö esittelee tapoja käsitellä kyseisiä maalajeja.

Ruoppausmassoilla ja sulfaattimailla on runsaasti yhteisiä ominaisuuksia. Tästä huolimatta happamia sulfaattimaita ei huomioida lainsäädännössä tai ohjeistuksissa ruoppausta koskien. Happamien sulfaattimaiden laajempi tutkimus on vain muutaman vuoden vanha, eikä sitä vielä huomioida muissa ohjeistuksissa koskien ylijäämämaidan käsittelyä.

Tuntemus happamista sulfaattimaista ja niiden seurauksista vesistöihimme tulee vaikuttamaan rakentamiseemme tulevaisuudessa.

Opinnäytetyö sisältää lopussa läpikäynnin todellisesta tapauksesta, jossa ruoppausmassoja neutraloitiin ja käsiteltiin happamina sulfaattimaina.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: ruoppausmassa, sulfidisavi, happamat sulfaattimaat

BACHELOR'S THESIS

Author: Jon Suominen

Degree Programme: Bachelor of Engineering, Civil and Construction Engineering, Vaasa

Specialisation: Building Production

Supervisor: Tom Lipkin

Title: Dredged Material and Acid Sulphate Soils

Date 25.5.2025

Number of pages 24

Appendices 4

Abstract

This thesis covers the disposal of dredged material, with a focus on acid sulphate soils.

The purpose of this thesis is to clarify the possible connection between dredged material and acid sulphate soils. The thesis handles the contradictions between the handling of these materials.

This thesis is a literature review of the current legislation and directives concerning dredging, dredging material management as well as the management of acid sulphate soils. The thesis tries to sort out how excessive soil and in particular dredged soils are to be managed in the future. The thesis presents methods of handling these kinds of materials.

Dredged material is closely associated with acid sulphate soils. Despite this, acid sulphate soils are not recognized in legislation concerning dredging. The new research in the area has not been implemented in other instructions or directives concerning soil handling.

The knowledge about acid sulphate soils, and their effect on our water outflow will affect our building processes in the future.

The thesis concludes with a real case, where neutralization of acid sulphate soils was carried out following a dredging operation.

Language: Swedish

Key words: Dredging soils, Acid sulphate soils

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
2	Definition av muddringsmassa	1
2.1	Muddringsmassans egenskaper	2
2.2	Klassificering enligt risk.....	2
2.3	Klassificeringsmetod	2
3	Sura sulfatjordar	5
3.1	Definition av sura sulfatjordar	5
3.2	Förekomst	6
3.3	Påverkan på konstruktioner.....	8
3.3.1	Avrinning av surt vatten.....	8
3.3.2	Avrinning med metallföroreningar	9
3.3.3	Fiskdöd	9
4	Regelverk angående muddring.....	10
4.1	Muddring under 500 m ³	11
4.2	Muddringar över 500m ³	11
4.3	Miljökonsekvenser av muddring.....	12
4.4	Deponering av muddringsmassor	13
5	Användning av muddringsmassor	14
6	Deponering och neutralisering av sura sulfatjordar	15
6.1	Förhandsplanering vid hantering av sura sulfatjordar	15
6.2	Neutralisering av sura sulfatjordar	16
6.3	Deponering utan neutralisering.....	17
7	Sambandet mellan muddringsmassor och sura sulfatjordar	18
7.1	Muddring	18
7.2	Sura sulfatjordar	19
7.3	Framtidsutsikt	20
7.4	Småskalig neutralisering av muddringsmassor.....	20
7.5	Förslag på vidare forskning.....	21
	Källförteckning	23

Bilagor

Bilaga 1	Fallstudie: Muddringsprojekt Södra viken i Ekenäs
Bilaga 2	Sammandrag angående deponiområdet
Bilaga 3	Tiivistelmä koskien läjitysaluetta
Bilaga 4	Minneslista för hantering av sura sulfatjordar

1 Inledning

Det här examensarbetet kommer att behandla två olika delområden, muddringsmassor och sura sulfatjordar. Dessa ämnen behandlas separat, men turvis då sakinnehållet tangerar varandra. Det här examensarbetet försöker utröna hur forskningsresultat om sura sulfatjordar kommer att påverka förhållningssättet till muddringsmassor. Muddring är reglerat sedan förut, medan forskningen, och därmed vetenskapen, om sura sulfatjordar har gjort stora framsteg under de senaste decennierna. Detta bidrar till att ämnet behandlas i större omfattning, och beaktas i större utsträckning i till exempel planläggning och direktiv. Arbetet presenterar aktuell lagstiftning och anvisningar i ämnet, och tar ställning till hur dessa eventuellt kan förändras under kommande år.

Jag har valt att hantera dagsaktuell lagstiftning och anvisningar angående ämnet jag skriver om, och sedan presentera slutsatser i vad dessa kan leda till. Examensarbetet är utformat som en litteraturöversikt inom ämnet. Ämnesområdet har genomgått storskalig forskning som gett resultat i form av statliga anvisningar. Dessa anvisningar har ännu inte implementerats fullt ut, vilket ger möjlighet att spekulera i vad framtiden för med sig. Examensarbetet behandlar aktuell lagstiftning och direktiv och söker motstridigheter i dessa. Examensarbetets mål är att omfatta hur forskningen inom sura sulfatjordar kommer att märkas i andra sammanhang i framtiden.

Mitt intresse i ämnet hänför sig till min arbetsplats, och att jag arbetar med småskaliga muddringsprojekt.

Detta arbete har gjorts i samråd med Raseborgs Stad och Insinööritoimisto Gradientti Oy.

2 Definition av muddringsmassa

Muddringsmassa, är definierat i vattenlagen som jordmassor eller slam som lyfts upp från botten av ett vattenområde (Vattenlagen 587/2011). Hantering av dessa massor är reglerat, eftersom massorna ofta anses vara skadliga för naturen och omgivningen. Den skadliga faktorn består av mänsklig inverkan på miljön, det vill säga föroreningar på grund av människans verksamhet, samt arten av jordmånen i vårt land. Dyliga massor kan användas till godo i diverse jordbyggnadsprojekt, trots en del utmaningar med massornas kvalitet och egenskaper. I allmänhet används inte massorna, utan deponeras på ett sätt som inte är skadligt för omgivningen. Muddringsmassornas egenskaper varierar. Muddringsmassor kan till exempel ha egenskaper av sura sulfatjordar, vilket

betyder att massornas egenskaper ändras då de lyfts ur sitt syrelösa tillstånd. Muddringsmassor betraktas traditionellt inte som sura sulfatjordar, utan utifrån andra egenskaper, så som av människan orsakade föroreningar. (Ympäristöministeriö, 2015).

2.1 Muddringsmassans egenskaper

Muddringsmassor, eller sediment från havsbotten har en del egenskaper som behöver beaktas då de bearbetas. Massorna kan innehålla olika skadliga ämnen, vilket påverkar hanteringen och deponeringen av dem. Sedimentens egenskaper analyseras utgående från ekotoxicitet, det vill säga risker för organismgrupper, samt risker för människors hälsa. Riskerna analyseras både kortsiktigt och över längre tidsintervall. De skadliga ämnena i sedimenten härstammar i allmänhet från industrier, gruvor, hamnverksamhet, sjöfart, reningsverk och gamla deponiområden. (Ympäristöministeriö, 2015).

2.2 Klassificering enligt risk

Muddringsmassor kan analyseras och klassificeras utgående från halten skadliga ämnen. Analysen utförs för att skapa en uppfattning om miljökonsekvenser vid själva muddringen, samt för att utreda massornas deponering. I en bakgrundsutredning sammanställer man information om objektet, såsom läget, natur- och vattenförhållanden, yttre påverkan i form av utsläpp, sedimentanalyser, muddringsprojektets omfattning samt deponering av massor. Bakgrundsutredningen görs i allmänhet fullskaligt för muddringar över 500 m³, men kan även förutsättas vid mindre muddringsprojekt.

För större muddringar, samt för objekt där föroreningar misstänks, utförs fallstudier för objektet. I allmänhet fastställs behovet av fallstudier genom att analysera tidigare verksamhet på området. Riskobjekt kräver alltid större undersökning, och mer utförliga prover. Sedimentprover tas utgående från potentiella föroreningar. Riskobjekten anses vara krävande om det inte finns tillförlitliga källor och uppgifter om potentiella föroreningar. (Ympäristöministeriö, 2015).

2.3 Klassificeringsmetod

För pålitlig provtagning analyseras objektets topografi och strömmar. Sedimentprov planeras enligt det specifika objektet. Genom sedimentprov kan man områdesspecificera halten av föroreningar, för att beakta olika delar av muddringen på olika sätt. Detta gäller i synnerhet för deponering av massor. Provtagningen planeras beroende på föroreningarna, och utgående från om objektet anses vara ett mer krävande riskobjekt eller inte.

Genom sedimentproven kan man bedöma massornas fysikaliska och kemiska kvalitet, alltså hurudan jordmån sedimenten består av. Jordmånens art är väsentlig för beslut om deponeringen och efterbehandlingen av massorna, samt för förståelsen hur olika potentiella föroreningar har lagt sig i sedimenten. För analys av muddermassan finns en klassificering uppbyggd enligt halter av olika potentiella föroreningar. Analysen av de skadliga ämnena utförs för att bedöma massans lämplighet för deponering, och vilka krav den ställer på deponiplatsen. (Ympäristöministeriö, 2015).

Föroreningar i muddringsmassor klassificeras utgående från innehåll. Tabell 1 visar de olika värden som mäts, samt de olika halterna som bestämmer muddringsmassans risk-klassificering.

Analysen av muddringsmassor omfattar metaller, vissa kemiska föreningar samt oljekolväten. Analysen är sammanställd enligt HELCOM-anvisningen 2015A. HELCOM är en internationell organisation som värnar om Östersjöns marinmiljö. HELCOM 2015A är en anvisning som hanterar muddringsmassor till havs. *HELCOM Guidelines for the Management of Dredged Material at Sea* har specificerat vilka skadliga ämnen som skall analyseras, samt halterna av dessa. Riskanalysen och sedimentanalysen är allmänt vedertagna och utarbetade under en längre tid. Dessa analyser baserar sig på människans inverkan på naturen, och föroreningar som uppstått av vår verksamhet. I Miljöministeriets senaste anvisning om muddring och deponering av muddringsmassor berörs även i korthet en geologisk faktor som i rätt så stor utsträckning påverkar muddringsmassor. Sura sulfatjordar är kända sedan förut, men har inte beaktats i muddringsprocesser i särskilt stor utsträckning. (Ympäristöministeriö, 2015).

Tabell 1. Skadliga ämnen i muddringsmassor, och klassificering av dem.

Ämne	Haltnivå ¹				
	I	IA	IB	IC	2
Metallit ja puolimetallit	mg/kg torrsubstans				
*kvicksilver (Hg)	<0,1	0,1-0,6	0,6-0,8	0,8-1	>1
*kadmium (Cd)	<0,5	0,5-2,5			>2,5
*krom (Cr)	<65	65-270			>270
*koppär (Cu)	<35	35-50	50-70	70-90	>90
*bly (Pb)	<40	40-80	80-100	100-200	>200
*nickel (Ni)	<45	45-50	50-60		>60
*zink (Zn)	<170	170-360	360-500		>500
*arsen (As)	<15	15-50	50-70		>70
PAH-föreningar	µg/kg torrsubstans				
naftalen	<20	20-250	250-2500		>2500
*antracen	<20	20-500			>500
*fenantren	<20	20-500	500-5000		>5000
*fluoranten	<20	20-200	200-2000		>2000
*benso(a)antracen	<20	20-100	100-1000		>1000
*chrysen	<20	20-300	300-3000		>3000
*pyren	<20	20-280	280-2800		>2800
benso(k)fluoranten	<20	20-250	250-2500		>2500
*benso(a)pyren	<20	20-450	450-4500		>4500
*benso(ghi)perylen	<20	20-100	100-1000		>1000
*indeno(123-cd)pyren	<20	20-100	100-1000		>1000
oljekolväten C10-C40	mg/kg torrsubstans				
	<100	100-300	300-1500		>1500
PCB-föreningar (IUPAC-numren)	µg/kg torrsubstans				
*28	<2	2-4	4-10	10-30	>30
*52	<2	2-4	4-10	10-30	>30
*101	<2	2-4	4-10	10-30	>30
*118	<2	2-4	4-10	10-30	>30
*138	<2	2-4	4-10	10-30	>30
*153	<2	2-4	4-10	10-30	>30
*180	<2	2-4	4-10	10-30	>30
Organiska tennföreningar	µg/kg torrsubstans				
Tributylitenn	<5	5-30	30-100	100-150	>150
Trifenylitenn	<2	2-10	10-20	20-30	>30
Dioxiner och furaner (PCDD ja PCDF)	ng WHO-TEQ/kg torrsubstans				
	<5	5-10	10-30	30-60	>60

* ämnen enligt HELCOM-anvisningen (2015A)

¹ en halt på gränsen mellan två nivåer anses höra till den klass som motsvarar den lägre nivån.

dvs. en zinkhalt på 360 mg/kg tillhör klass IA

(Ympäristöministeriö, 2015)

Sedimentanalysens resultat bör beakta platsvisa bakgrundsvärden, eftersom vi har områden med storskaligt förhöjda halter av specifika ämnen, ofta till följd av tidigare föroreningar. Analysresultaten ger en fingervisning för att utföra muddringsarbetet, samt formar riktlinjer för deponeringen av massorna. Beroende på skadlighetsklassen (1, 1A, 1B, 1C eller 2) samt massans

fysikaliska egenskaper planeras deponiområdet samt uppföljningen av det. (Ympäristöministeriö, 2015)

Riskbedömning av sediment utförs även för intill liggande sediment som inte muddras. Ett ostört sedimentlager kan ha egenskaper som förändras märkbart vid muddring. Sedimentet kan innehålla skadliga ämnen som frigörs i vattnet då materialet störs. Riskbedömningen omfattar miljökonsekvenser för muddring, transport och behandling av sedimenten i jämförelse med att lämna dem orörda. Bedömningen görs för att ta reda på hur föroreningarna påverkar miljön vid muddring. (Ympäristöministeriö, 2015)

3 Sura sulfatjordar

Sura sulfatjordar är sura jordskikt som i allmänhet består av lera. De sura jordskikten uppstår när ursprungligen syrefria sulfidhaltiga material oxideras. I sitt naturliga tillstånd är jordskikt som innehåller sulfidhaltiga material inte skadliga, men när dessa torrläggs och bearbetas, förändras dessa egenskaper då materialet oxiderar. (Autiola et al., 2022).

3.1 Definition av sura sulfatjordar

Definitionen av sur sulfatjord är att den är en sådan jord, som innehåller ett oxiderat och surnat skikt (aktiv sur sulfatjord), och/eller ett inte surnat sulfidhaltigt skikt (potentiell sur sulfatjord eller hypersulfidmaterial). Sur sulfatjord är alltså svavelhaltiga sediment, såsom vissa organiska material samt morän, vilka alla avger skadliga mängder sur avrinning till följd av oxidering av sulfider. (Autiola et al., 2022).

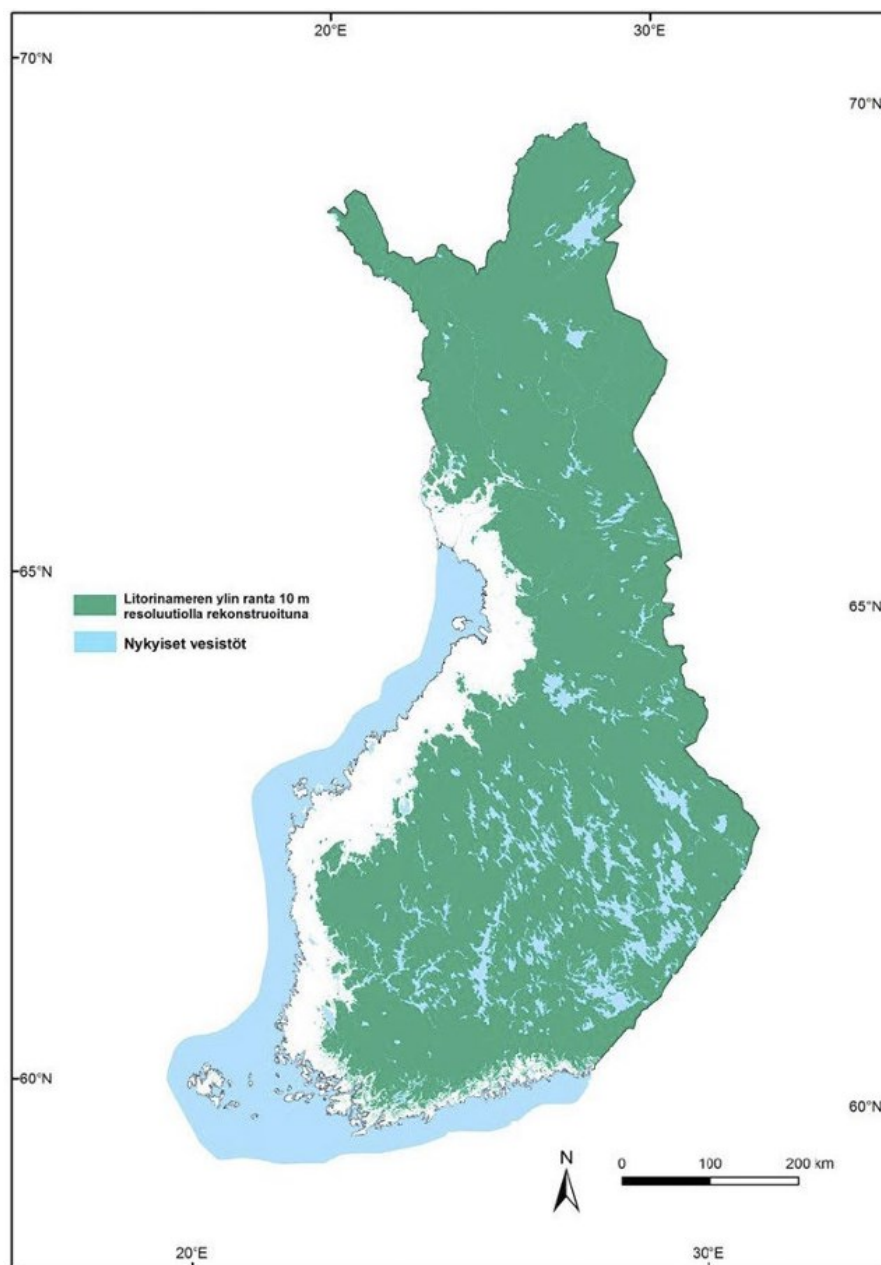
På finska finns ett begrepp som kallas "HaSu-maa", förkortning av "Happamat sulfaattimaat". Det här examensarbetet definierar sur sulfatjord enligt begreppet "HaSu-maa". Med detta avses den svenskspråkiga översättningen sur sulfatjord från finskans hapan sufaattimaa. Terminologin och begreppen inom området skiljer sig beroende på tidsperiod och källa. I Sverige förekommer vissa skiljaktigheter till terminologin som används i Finland. Begreppen är definierade enligt Autiola et al. (2022, s. 147-149).

Den skadliga faktorn i massan beror på svavel, som uppstått i jordskikt då organiskt material har blandats med järnoxider och andra metaller i sulfidhaltigt vatten (i allmänhet havsvatten). I det syrelösa tillståndet bildas sulfider, som bland annat tillsammans med järn skapar järnsulfider. Dyliga jordmaterial kallas för sulfidmaterial. I torvhaltig jordmån finns svavel i allmänhet i organisk form. I surnad oxiderad jord finns svavel i huvudsak i sulfatform. (Autiola et al., 2022).

3.2 Förekomst

Sulfidhaltiga jordskikt uppstår även i syrefritt tillstånd under vatten. I kustregionerna i Österbotten och i södra Finland finns stora markområden som döljer sulfidhaltiga jordskikt. Dessa jordskikt har sitt ursprung långt tillbaka i historien. Under en tidsperiod för ungefär 7000 – 9000 år sedan, efter istiden, steg vattennivån i våra världshav till en sådan nivå att vattennivån i Östersjön var flera meter högre än i dagens läge. Under denna period, då Östersjön kallades för Littorinahavet var vattennivån högre, och landhöjningen fortfarande betydligt under dagens nivå. Saliniteten i vattnet var betydligt högre än i dagens Östersjön, vilket har bidragit till de salthaltiga jordskikten (Geologiska Forskningscentralen, u.d.b). De sulfidhaltiga jordskikten befinner sig främst i närheten av kusten, och på låglänta områden som tidigare utgjort havsbotten, så som illustrerat på figur 1. Dessa områden har genom tiderna varit bördig jord, som använts till godo. I vårt land finns uppskattningsvis 500 000 hektar odlingsjord på sulfidhaltiga jordskikt. (Vesi.fi, u.d.a) Odlingsmarkerna består av aktiva sura sulfatjordar i ytskikten, som sedan har bearbetats och kalkats för att kunna användas som odlingsjord. Under dessa aktiva sura sulfatjordar finns skikt av sulfidhaltiga jordskikt som inte oxiderat. (Vesi.fi, u.d.a). Vårt samhälle är historiskt sett byggt kring floder och åar. Om man beaktar detta innebär det att vi nyttjar de markområden, och bygger våra samhällen på sådan mark, som döljer sulfidhaltiga jordskikt. (Geologiska Forskningscentralen, u.d.a).

Svavelhaltiga jordskikt kan uppstå tack vare vissa bergarter, såsom svartskiffer. Svartskiffer innehåller svavel som vid syrelöst tillstånd kvarstår som sulfider och utgör inget problem för omgivningen. Svartskiffer förekommer mest i mellersta, östra och norra Finland. (Geologiska forskningscentralen, 2024).



Figur 1. Förekomst av sura sulfatjordar

(Autiola et al., 2022, s. 14)

Märkbara markarealer består av jordskikt som betraktas vara sura sulfatjordar. Generellt består dessa jordskikt av finkorniga material, så som silt och lera. Även grovkorniga jordmaterial såsom fin sand (och grövre) kan betraktas som sura sulfatjordar (Autiola et al., 2022). I allmänhet är potentiella sura sulfatjordar lera, som är mycket mörk till färgen och ofta har en svavelaktig lukt. Den mörka färgen beror på järnsulfider i materialet. Sura sulfatjordar konstateras i huvudsak genom pH-mätning eller genom att mäta svavelhalt. (Autiola et al., 2022).

Så länge dessa jordskikt hålls i ett syrefritt tillstånd förorsakar de inga problem för omgivningen. Ifall jordskikten som innehåller sulfider utsätts för syre, kommer det genom oxidation att uppstå

sura sulfatjordar. Kontakten med syre sker då markskikten bearbetas. Torrläggning och syresättning av marken kan ske vid dikning av åker och skogsmark, via byggprojekt som sänker grundvattennivån, via ombyggnad av vattendrag och andra ingrepp som påverkar grund- och ytvattennivån. Avrinningen från sura sulfatjordar, tack vare torrläggning, förorsakar mer utsläpp av skadliga metaller i våra vattendrag, än all vår industri sammanlagt förorsakar utsläpp av metall i sitt avrinningsvatten. Miljöpåverkan av torrläggningen beror på de svavelhaltiga jordskiktens tjocklek och djup, samt i vilken mån den omgivande jordmånen kan försuras. (Vesi.fi, u.d.a).

Försurning, eller ett sjunkande pH-värde i avrinningsvattnet, är en betydande miljörisk. Surt vatten påverkar levnadsmiljön för de flesta arter, eftersom få arter klarar av att leva i surt vatten. Med surt vatten avses vatten med pH-nivå lägre än 5,5. Sura sulfatjordar kan förorsaka en avrinning av vatten med mycket lågt pH-värde. Då vattnet rinner i vattendrag och sjöar förändras levnadsmiljön i omgivningen. Den mest synliga följden av försurning av ett vattendrag är fiskdöd. (Sveriges Geologiska Undersökning, 2019).

3.3 Påverkan på konstruktioner

Sura sulfatjordar har en konkret inverkan på diverse olika konstruktioner i anslutning till dem. Sulfatjordar har en varierande, men märkbar, korrosiv inverkan på metall. Även i orört syrefritt tillstånd har sura sulfatjordar en korrosiv inverkan tack vare sulfatreducerande bakterier (SRB). I ett oxiderande tillstånd har jordmaterialet en märkbart högre korrosiv effekt. (Autiola et al., 2022)

Betongkonstruktioner försvagas från ytan i kontakt med sura sulfatjordar. Det låga pH-värdet har en förödande effekt för betongens hållbarhet. När betongen försvagas kommer även armeringen i kontakt med de sura jordmassorna. (Autiola et al., 2022).

3.3.1 Avrinning av surt vatten

Potentiella sura sulfatjordar i syrefritt, orört tillstånd förorsakar inte någon skadlig påverkan på omgivningen. Då jordmånen bearbetas eller torrläggs, frigörs en sur avrinning från sulfatjordarna. Avrinningen har en märkbar inverkan på den omgivande miljön, och i synnerhet vattendragen. Avrinningen varierar under olika årstider, beroende på mängden regn. Vårens avrinning av smältvatten och höstens regnperioder förorsakar i allmänhet de största mängderna avrinning av surt vatten. De större vattenmängderna är å andra sidan bra för att späda ut de mer lokala sura avrinningarna, och i synnerhet tunna ut det sura vattnet längre ner i vattendragen. De värsta avrinningarna av surt vatten förekommer i allmänhet efter långa torra perioder till följd av plötsliga störtregn och stora mängder regnvatten. Den årstidsvisa sura avrinningen beror på mängden avrinningsvatten och förändringar pH-värdet i vattendragen. De största konsekvenserna för miljön

uppstår däremot vid plötsliga lokala förändringar i vattnets pH-värde. För en långtidsuppföljning av vattnets surhet är ett årsgenomsnitt en dålig mätare, eftersom det varierar beroende på regn- och smältvattenavrinning. En årlig jämförelse av de suraste uppmätta värdena ger däremot en mer tillförlitlig bild av vattnets kvalitet. (Autiola et al., 2022 s. 107). Värdet alkalinitet i vattnet uppvisar vattnets buffertförmåga att ta emot surt vatten. Värdet av alkaliniteten påverkas i första hand, före vattnets pH börjar sjunka. Aciditet ger en bild av hur stor del av surheten i vattnet som går att neutralisera. (Sutela et al., 2012).

3.3.2 Avrinning med metallföroreningar

Halten av metaller i våra vattendrag varierar geografiskt. Människans verksamhet, så som industrier och hamnverksamhet sätter sina följder.

En märkbar miljökonsekvens av avrinningen från sura sulfatjordar är olika metaller. Metallerna är bundna i jordskikten och hålls oskadliga så länge jorden inte oxideras. I och med oxideringen som leder till en försurning av jordskikten frigörs även metaller. Den sura avrinningen innehåller bland annat mangan, aluminium, zink, kadmium, och koppar som frigörs vid oxidering. Metallerna beter sig olika i vatten beroende på vattnets surhet. Till exempel aluminium är synnerligen skadligt för vattenorganismer vid pH 4,5 beroende på dess kemiska egenskaper. (Sutela et al., 2012).

Avrinningsvatten med skadliga halter metaller från sura sulfatjordar är en betydande faktor som påverkar våra vattendrag, och Östersjön. Mängden metallföroreningar från sulfatjordarnas avrinning är större än den sammanlagda mängden metallföroreningar som förorsakas av vattenavrinningen från alla industrier sammanlagt i vårt land. (Sutela et al., 2012).

Både vattnets pH-värde och metallföroreningar påverkar våra vattenmiljöer. En del växter försvinner mycket snabbt då pH-värdet sjunker, medan andra klarar surt vatten bättre och frodas då de får mer levnadsutrymme. En del växter kan uppta metallföroreningar ur vattnet, och kan därmed användas för att uppskatta mängden föroreningar i vattnet. Levande organismer påverkas till en del av långvariga variationer i vattenkvaliteten. Kortvariga extrema förändringar kan däremot ha mycket snabba och konkreta följder för levande organismer i vattnet. En långvarig torrperiod, följt av en regnperiod som förorsakar stor avrinning i ett vattendrag kan förorsaka omfattande följder för bland annat fiskar. (Sutela et al., 2012).

3.3.3 Fiskdöd

Fiskarna påverkas i första hand av pH-värdet i vattnet. Olika arter hanterar surt vatten på olika sätt. När vattnets pH-värde börjar sjunka, försvinner i allmänhet följande fiskarter först: mört, lake,

braxen, lax, elritsa, harr, öring och röding. Abborre, gärs och gädda är däremot tåliga för surt vatten. Om vattnets pH-värde sjunker under 4,0, försvinner i stort sett alla fiskar ur vattnet. (Sutela et al., 2012).

Föroreningar av metaller är även skadliga för fiskar. Om man beaktar den gemensamma inverkan av metaller och surhet blir nivån av föroreningar mer oförutsägbara. Metallerna beter sig olika beroende på pH-värdet i vattnet, så fiskarna påverkas olika av metallföroreningarna beroende på vattnets pH. Generellt kan man påstå att surare vatten leder till större konsekvenser för fiskarna även vad det gäller metallernas påverkan. Andra komponenter i vattnet, så som humus har även inverkan på fiskarna, eftersom humus kan skydda fiskar från metallföroreningar. (Sutela et al., 2012).

Den fysiologiska inverkan av surt vatten på fiskarna handlar om att fiskarnas förmåga att uppta vissa salter från sin omgivning blir rubbad. Fiskar kan hantera detta i någon mån och kan hantera ett lätt försurat vatten. Förhöjda halter av aluminium och järn i samband med surt vatten gör dock förutsättningarna för överlevnad ännu sämre. Dessa metaller i kombination med lågt pH förorsakar försvagad syreupptagningsförmåga för fiskar, och kan snabbt leda till fiskdöd. Vattnets temperatur inverkar även, eftersom fiskarna har svårare att återhämta sig i kallare vatten. (Sutela et al., 2012).

Surt vatten påverkar fiskarna också på andra sätt. Tillväxten kan bli rubbad, så att fiskar i surt vatten blir betydligt mindre till storleken. Både lågt pH och aluminium har en negativ inverkan på fiskarnas förmåga att fortplanta sig. Fiskarnas utveckling kan påverkas markant beroende på vattnets egenskaper.

Försurat vatten har följder för hela fiskpopulationen. Följderna kan visa sig som avsaknad av hela generationer av specifika arter, varierande storlekar av olika generationer, eller som total avsaknad av vissa arter. Generellt är vårens vattenflöden av smältvatten mest skadliga för fiskpopulationer och unga fiskar. (Sutela et al., 2012).

4 Regelverk angående muddring

Vattenlagen (587/2011) omfattar muddring och deponering av muddringsmassor. Bland annat redogör lagen för hur muddring på någon annans vattenområde ska utföras samt vilka regler som gäller för deponering av massor på någon annans mark eller område (Vattenlagen 587/2011, kap 2 §6). Vattenlagen (587/2011, kap 2 §7) stipulerar att vattenhushållningsprojekt inte får kränka enskilda intressen på ett sätt som kan undvikas. Enligt kap 2 § 15 finns en anmälningsskyldighet till den statliga tillsynsmyndigheten om muddringsprojektet inte kräver ett mer omfattande tillstånd. Allmän tillståndsplikt stipuleras i kap 3 §2. Tillståndsplikt gäller om muddringen medför en skadlig

förändring av naturen och dess funktion eller försämrar tillståndet i ett vattendrag, eller om muddringen avsevärt minskar naturskönheten, trivseln eller kulturvärdena i omgivningen eller vattendragets lämplighet för rekreatiösa ändamål. Muddringen får ej heller orsaka skada eller olägenhet för fisket eller fiskbeståndet. Muddring får ej äventyra bevarandet av de naturliga förhållandena i en bäckfåra, eller på något annat jämförbart sätt kränka ett allmänt intresse. Enligt kap 3 §3 är ett muddringsprojekt alltid tillståndspliktigt om mängden muddringsmassa överstiger 500 kubikmeter, så till vida det inte är fråga om underhåll av en offentlig farled. Deponering av massor på Finlands territorialvatten i bortskaffningssyfte är tillståndspliktigt, om inte mängden är så liten att den saknar betydelse. Muddring för upptagning av marksubstanser från botten av ett vattenområde är tillståndspliktigt, om det är för annat än sedvanligt bruk till husbehov. Enligt kap 3 §4 skall tillstånd beviljas om projektet inte nämnvärt kränker allmänna eller enskilda intressen, eller om projektet medför sådan nytta för allmänna eller enskilda intressen som är avsevärd i förhållande till de förluster som det medför för sådana intressen. Tillstånd får inte beviljas om projektet äventyrar det allmänna hälsotillståndet eller den allmänna säkerheten, orsakar avsevärda skadliga förändringar i omgivningens naturförhållanden eller i vattennaturen och dess funktion eller i hög grad försämrar bosättnings- eller näringsförhållandena på orten. (Vattenlagen 587/2011).

Alla maskinella muddringsprojekt kräver minst en anmälan om arbetet. Muddringar ska helst utföras under tiden 1.9–30.4 för att minimera olägenheter som uppstår av muddringsarbetet. Olägenheter, så som grumling av vattnet, anses ha minst inverkan på omgivningen under vinterhalvåret. På skyddade områden, och Natura 2000-områden, får muddringar utföras under perioden 1.10 – 31.3. (Vesi.fi, 2023a; Ympäristöhallinto, 2025; Vesi.fi, 2023b).

4.1 Muddring under 500 m³

Mindre muddringar där muddringsmassornas mängd inte överskrider 500m³, typiska för muddring av privata stränder och andra mindre projekt, kräver en anmälan till Närings-, trafik- och miljöcentralen (NTM-centralen). Anmälan görs till NTM-centralen senast 30 dagar före arbetet skall utföras. I anmälan specificeras området som skall muddras, samt var muddringsmassorna skall deponeras. Vattenområdets ägare ska meddelas om muddringen senast 30 dygn före arbetet påbörjas. (Vattenlagen 587/2011; Vesi.fi, 2023a).

4.2 Muddringar över 500m³

Muddringsprojekt, där muddringsmassornas mängd överstiger 500m³ kräver alltid ett tillstånd från Regionförvaltningsverket. Vattentillstånd styr användning och byggande i vattenområden,

utgående från Vattenlagen. Om något av de andra tillståndskraven i Vattenlagen uppfylls, eller om muddringsmassornas mängd är tillräckligt stor krävs tillstånd. Vattentillstånd beviljas om projektet inte nämnvärt kränker allmänna eller enskilda intressen, eller om projektet medför sådan nytta som är märkbar i förhållande till sådana förluster projektet medför. (Vattenlagen 587/2011). Vattentillstånd kan inte beviljas om projektet riskerar allmän hälsa eller säkerhet, om det riskerar miljö och omgivning eller vattennaturen. Tillståndet kan inte heller beviljas om det försämrar ortens bosättnings- eller näringsförhållanden. (Vesi.fi, 2023b).

NTM-centralen fungerar som rådgivande och övervakande myndighet för muddringar. NTM-centralen tar emot och godkänner, eller underkänner, och skriver utlåtande om anmälningar, medan Regionförvaltningsverket godkänner eller underkänner tillstånd enligt Vattenlagen. NTM-centralen sköter övervakning av ärenden gällande Vattenlagen. (Regionförvaltningsverket, u.d.).

4.3 Miljökonsekvenser av muddring

En konkret och oundviklig konsekvens av muddring är förändringen av sjöbotten. Bottenorganismerna och växtligheten i området förändras radikalt. Beroende på hur muddringen förändrar vattendjupet kommer botten eventuellt aldrig att återställas helt. Generellt räcker det två till fyra år innan bottenväxtligheten återhämtar sig om det finns förutsättningar för det. Utanför själva muddringsobjektet påverkas omgivningen av vattnets förgrumlande. Partiklar förs vidare med strömning och lägger sig ovanpå vegetation. Ifall bottenskikten innehåller skadliga ämnen som sprids med vattnet kan omgivningen påverkas av dessa. (Ympäristöministeriö, 2015).

För fiskar påverkar muddringen genom den ändrade bottenvegetationen i omgivningen. Avsaknaden av vass, och annan bottenväxtlighet innebär att fiskarnas lek kan störas av muddringsprojekt, vilket leder till att fiskbeståndet i området förändras. (Ympäristöministeriö, 2015, s. 25)

Sommarhalvåret är den mest känsliga tiden för så väl vegetation som djur. Därför tillåter vattenlagen muddring endast under vinterhalvåret.

Vid muddring behöver man även beakta det marinarkeologiska kulturarvet. Enligt lagen om fornminnen (295/1963) är alla undervattensfornlämningar, så som vrak, som sjunkit för över 100 år sedan fredade. Marinarkeologiska aspekter skall beaktas i planeringen av ett muddringsprojekt. Ifall man under projektets gång noterar fornlämningar bör man underrätta Museiverket omgående. (Ympäristöministeriö, 2015; Lag om fornminnen 295/1963).

4.4 Deponering av muddringsmassor

Muddring och deponering av muddringsmassor är reglerat av lagstiftning. Vattenlagen (587/2011) redogör för regler kring muddring mer konkret, medan muddring och följderna av den behandlas direkt eller indirekt i ett flertal lagar eller förordningar. I figur 2 redogörs för lagstiftning som berör muddring och deponering.

LAGSTIFTNING SOM FÖR MUDDRING OCH DEPONERING
Vattenlagen (587/2011), dvs. VL
Statsrådets förordning om vattenhushållningsärenden (1560/2011)
Miljöskyddslagen (527/2014), dvs. MSL
Statsrådets förordning om miljöskydd (713/2014)
Havsskyddslagen (1415/1994)
Avfallslagen (646/2011), dvs. AvfallsL
Statsrådets förordning om avfall (179/2012)
Statsrådets förordning om bedömning av markens föroreningsgrad och saneringsbehovet (214/2007)
Naturvårdslagen (1096/1996), dvs. NVL
Lagen om fornminnen (295/1963)
Markanvändnings- och bygglagen (132/1999), dvs. MBL
Lag om vattenvårds- och havsvårdsförvaltningen (1299/2004)
Statsrådets förordning om havsvårdsförvaltningen (980/2011)
Statsrådets förordning om vattenvårdsförvaltningen (1040/2006)
Statsrådets förordning om vattenförvaltningsområden (1303/2004)
Statsrådets förordning om ämnen som är farliga och skadliga för vattenmiljön (1022/2006) jämte ändringar (1818/2009) och (868/2010) samt promemoria
Lagen om förfarandet vid miljökonsekvensbedömning (468/1994)
Statsrådets förordning om förfarandet vid miljökonsekvensbedömning (713/2006)

Figur 2. Lagar som styr muddring och deponering av massor

(Ympäristöministeriö, 2015, s. 7)

Muddringsmassor betraktas ofta som skadliga för miljön. Detta gäller inte alltid, men ofta har sedimentmassorna egenskaper som inte är fördelaktiga för miljön och omgivningen. Deponeringsplatsen av muddringsmassor bör väljas enligt de egenskaper som massorna i fråga har. Målet för deponeringsområdet är att muddringsmassorna ska ha så liten inverkan på omgivningen som möjligt. (Ympäristöministeriö, 2015).

För stora muddringsprojekt strävar man till att hitta deponeringsområden ute till havs. En del muddringsprojekt, inklusive omständigheterna kring deponeringen av massorna, kan falla under kravet för en miljökonsekvensbedömning (MKB). (Ympäristöministeriö, 2015, s. 15) Utgående från planering och sedimentprover bedöms riskfaktorn i deponeringen av massorna. Deponeringsområdet förutsätts vara lämpligt för ändamålet. Vid val av plats beaktar man känsliga miljövärden, djurlivet, natursköna och kulturhistoriska områden, områden med vetenskaplig eller biologisk betydelse,

yrkesfiskare, områden för vattentagning och allmänna badstränder. Deponiplatsen bör vara sådan att vattenströmning eller erosion inte kan påverka massorna. Platser klassificeras som goda eller nöjaktiga beroende på omständigheter och egenskaper. Företrädesvis skall olika platser jämföras sinsemellan, och massor av olika kvalitet eventuellt deponeras på olika platser. Särskilt miljöfarliga muddringsmassor (av klass 2) har stränga restriktioner vad gäller deponering till havs. Deponeringen följs upp i senare skede och miljöpåverkan på omgivningen granskas. Vid tillräckligt höga halter föroreningar i massorna kan de eventuellt tolkas som avfall, och falla under avfallslagstiftningen. Deponering av avfall har betydligt striktare regler. Muddringsmassor finns omnämnda och klassificerade i det europeiska gemensamma avfallsdirektivet. (Ympäristöministeriö, 2015).

5 Användning av muddringsmassor

I Finland muddrar vi i genomsnitt två miljoner kubikmeter årligen. Mängden varierar beroende på enskilda större projekt. I huvudsak placeras muddringsmassorna ute till havs, i och med de stora muddringsprojekten i anslutning till farleder och hamnar. Den främsta orsaken till havsdeponering är ekonomisk. Vid större muddringsprojekt är man tvungen att muddra till sjöss, alltså lyfts sedimentmassorna upp på pråm. Det är generellt förmånligare att dumpa stora mängder massor till sjöss, än att lyfta dem i land. FCG Suunnittelu ja Tekniikka Oy har år 2020 utfört en utredning om de stora finländska hamn- och farledsområdets muddringsbehov och potentiella deponeringsplatser för muddringsmassor. Utredningen är finansierad av Europeiska havs-, fiskeri- och vattenbruksfonden. (Tvrđý, Vähäkäkelä, Takalo, & Keskinen, 2020).

Deponering på land används främst vid mindre muddringar, och vid större muddringar ifall muddringsmassorna anses vara skadliga för vattenmiljön.

Generellt anses det vara skadligt att dumpa muddringsmassor i vattnet. Det existerar inte någon direkt lagstiftning på EU-nivå angående dumpning i vattnet, men ämnet berörs i såväl avfallslagstiftning som diverse direktiv om vattenområden, naturområden och djur. Vissa internationella överenskommelser och konventioner som HELCOM, OSPAR 1992, London Convention och Barcelona-avtalet ställer krav på muddringsmassor och dumpning till havs. Direktiven från dessa ger rekommendationer om hanteringen av sedimentmassor. Gränsvärden för föroreningar måste ofta stipuleras i nationell lagstiftning, men direktiven ger riktlinjer. (HELCOM, u.d; OSPAR, 1992).

Muddringsmassor kan även användas till godo. Till exempel vid muddringsprojekt i hamnar kan massorna användas som utfyllnad i olika hamnkonstruktioner. Muddringsmassor är i allmänhet rätt så ostabila och blöta, vilket kan åtgärdas genom att separera vatten ur massorna före de deponeras.

Den resterande sedimentmassan behöver i allmänhet stabiliseras. Stabilisering utförs utgående från den specifika massans egenskaper, men i allmänhet används cementliknande ämnen så som kalk, fosfat eller lera. Även sidoprodukter från industrin kan användas för ändamålet, så som flygaska och masugnsslagg. Genom att använda muddringsmassorna på platsen minskar man på behovet av att transportera dem, kommer från miljökonsekvenserna av dumpning till havs, samt minskar på miljöpåverkan av att slutdeponera massorna på en deponi. Nackdelen med att stabilisera muddringsmassor på plats är att det inte hjälper mot föroreningar och andra skadliga ämnen som potentiellt kan finnas i massorna. Hamnar är typiska exempel på ställen där människans inverkan syns genom orenheter i bottensedimenten. Muddringsmassor kan även rengöras genom olika kemiska och biologiska processer, beroende på vad man vill separera ur massorna. Rengöringen av muddringsmassor är jämförbar med processerna som används för förorenad jord. Detta är trots allt rätt så sällsynt. (Ympäristöministeriö, 2015; Häkkinen, Pyy & Salminen, 2020).

Muddringsmassor kan även återanvändas inom jordbyggnad. Exempelvis kan muddringsmassor användas som utfyllnad i byggnadskonstruktioner, så som hamnkonstruktioner, stränder och vågbrytare. Massor används även som marktäckande lager, till exempel på deponier av förorenad jord. Sedimentmassor kan även användas i infra-byggnad som ett utfyllnadsmaterial. Massor kan användas för markförbättringsprojekt, där man exempelvis skapar bättre förutsättningar för biologisk mångfald. Muddringsmassor kan även användas inom lantbruk. Massorna har även egenskaper som kan komma till nytta vid produktion av till exempel betong och tegel. (Häkkinen, Pyy, & Salminen, 2020).

6 Deponering och neutralisering av sura sulfatjordar

Sura sulfatjordar utvecklar ofördelaktiga egenskaper då de bearbetas och torkas. Då jordmassorna oxiderar skapas en skadlig avrinning. Deponeringen av dessa massor förutsätter planering för att undvika de skadliga miljöeffekterna.

6.1 Förhandsplanering vid hantering av sura sulfatjordar

Vid hantering av sura sulfatjordar, bör man redan i planeringskedet beakta den möjliga förekomsten av sådana, och följderna av att de bearbetas. Företrädesvis skall sura sulfatjordar inte bearbetas om det inte behövs. Bearbetning avser både torrläggning, samt konkret schaktning av massorna. Som hjälpmedel i planeringen kan man använda sig av den nationella kartläggningen av sura sulfatjordars förekomst. På ett mer lokalt plan använder man sig av laboratorieprover för att klarlägga jordmånens egenskaper. I planeringen bör man även beakta deponiplatser, och hur man

hanterar det eventuella avrinningsvattnet från jordmassorna. Deponiplatser kan förutsätta övervakning på lång sikt. (Autiola et al., 2022).

Eftersom sura sulfatjordar i allmänhet består av lera och silt, finns det ofta behov av schaktning ifall området skall bebyggas. Jordarna byts ut mot andra mer bärande material, och dräneras för torrläggning. Ett sätt att minimera behovet av massabyten är stabilisering av jordmånen, så att leran får en bättre bärighet. Stabilisering görs i allmänhet med basiska cement-liknande material, i allmänhet med hög kalk-halt. Stabiliseringen har den fördelen att det utöver sitt primära mål, det vill säga stabilisera jordmånen, även neutraliserar och höjer pH. Om man schaktar stabiliserade sura sulfatjordar har man färdigt neutraliserade massor för omplacering och eventuell återanvändning. Noteras kan, att stabilisering fokuserar på att förbättra bärigheten av jordmånen. Den neutraliserande effekten är en bi-effekt, som inte nödvändigtvis är beaktad i första hand. Detta kan leda till en obalanserad neutralisering, där slutresultatet är ett för högt pH. (Häkkinen, Pyy & Salminen, 2020; Vesi.fi, 2022).

6.2 Neutralisering av sura sulfatjordar

Sura sulfatjordar kan neutraliseras. Neutralisering i vattenmiljöer är möjligt att genomföra, men mycket kostsamt och rekommenderas inte förutom vid oförutsägbara brådskande behov. Neutraliseringen av bearbetade massor bör utföras där massorna är slutplacerade. Neutraliseringen utförs genom att blanda in basiskt material, i allmänhet något slags kalkhaltigt material. Neutraliseringsprocessen planeras utgående från materialets egenskaper, samt den omgivande miljöns egenskaper och behov. (Autiola et al., 2022).

I Finland har miljöministeriet utfärdat en rekommendation för neutraliseringen av sulfidhaltiga muddringsmassor. Rekommendationen är att blanda 10-30kg kalk per kubikmeter. Neutraliseringsprodukten bör vara en lätt basisk produkt som löser upp sig långsamt. Målet med neutraliseringen är att processen skall ske tillräckligt långsamt, så inte pH-värdet i omgivningen stiger för högt. För neutraliseringen kan man även använda biprodukter från industrin, så som flygaska, kalkhaltiga restprodukter, masugnsslagg och liknande. De flesta industriella sidoprodukter klassificeras ofta som avfall, vilket innebär att användning av dem kräver miljötillstånd. (Vesi.fi, 2018).

För neutraliseringsprocessen har man tagit fram ett beräkningsunderlag, som beskriver hur stor mängd basiskt material behövs för att neutralisera massorna. Beräkningen görs utgående från massornas egenskaper och svavelhalt, samt det basiska materialets neutraliseringsförmåga. Neutraliseringsprocessen kan även beräknas utgående från massornas aciditet, d.v.s. i vilken mån

massorna skapar syra. I det här fallet beräknas materialets aciditet mot det basiska materialets neutraliseringsförmåga. (Autiola et al., 2022).

6.3 Deponering utan neutralisering

För att minimera konsekvenser av sura sulfatjordars bearbetning strävar man till att slutplacera massorna i fråga i ett syrelöst tillstånd. Deponeringen är lättare att utföra på en vanlig jordavstjälpningsplats än att försöka använda massorna. På en regelrätt deponiplats kan man placera sura sulfatjordar så att de omringas och blir täckta av ren fyllnadsjord. Genom att skapa goda förutsättningar för sura sulfatjordars deponering kan man hindra sur avrinning och därmed minimera konsekvenserna för den omgärdande miljön. Avrinningen kan även kontrolleras och följas upp under längre tidsintervall. Idealläget är att täcka in sura sulfatjordar med ett tillräckligt tjockt lager av täta jordmaterial, så som morän eller lera. Vid behov kan massorna helt eller delvis neutraliseras. Alternativt kan man neutralisera avrinningsvattnet i stället för massorna. (Autiola et al., 2022).

Ett annat alternativ för deponering av sura sulfatjordar är att deponera dem under vatten, för att uppnå ett fullständigt syrefritt tillstånd. Under vatten kan då innebära i ett djupt schakt under den genomsnittliga grundvattennivån, eller under havsvatten. Deponering under havsvatten kräver tillstånd enligt vattenlagen (587/2011). Sådan deponering kan vara till exempel deponeringsbassänger i anslutning till stränder. Deponering under havsvatten förutsätter att jordmassorna inte redan har oxiderat, utan fortfarande är i sulfidform. Oxiderade sulfatjordar förorsakar däremot en sur avrinning även under vatten. (Autiola et al., 2022).

I slutet av det här examensarbetet (bilaga 1) beskrivs en fallstudie om ett muddringsprojekt som utfördes i Raseborg under åren 2021-2022. Muddringen omfattade 14000m³ muddringsmassa ur ett gammalt hamnområde. Massorna i fråga behandlades delvis som förorenad jord, och till merparten som sura sulfatjordar. Förekomsten av sura sulfatjordar uppdagades under provtagningen av sedimentmassorna inför muddringsprojektet. För ändamålet byggdes ett deponiområde där de sura sulfatjordarna kunde behandlas genom neutralisering. Neutraliseringsprocessen utfördes med kraftverksaska och avrinningsvattnets pH-värde reglerades med betongkross. Deponeringsprocessens funktion övervakades med vattenprover av avrinningsvattnet, samt en fortlöpande mätning av pH-värdet i avrinningen.

7 Sambandet mellan muddringsmassor och sura sulfatjordar

Det här examensarbetet har behandlat två separata ämnesområden. Muddring och sura sulfatjordar. Dessa två delområden har behandlats separat från varandra, och hänvisar till separata källor. Arbetet kombinerar dessa två delområden, och behandlar dem turvis, där innehållet tangerar varandra. Tanken med detta är att visa för läsaren hur nära varandra dessa två ämnesområden är.

7.1 Muddring

Muddring är strikt reglerat i vårt land. Vi styrs av lagstiftning på EU-nivå, samt följer flertalet internationella konventioner och avtal som lägger upp regler för muddring internationellt, samt specifikt i Östersjön. Vi har en nationell lagstiftning som baserar sig i synnerhet på vattenlagen (587/2011), samt flertalet andra giltiga lagar som behandlar muddring. Miljöministeriet utfärdar anvisningar som uppdaterar våra tillvägagångssätt vad gäller muddringsarbete. Lagstiftningen uppdateras långsamt, medan ministeriets anvisningar uppdateras och förnyas snabbare. Jag anser att lagstiftningen generellt fokuserar på människans egendom och omgivning, men tar mindre hänsyn till miljöaspekter. Gällande vattenlag (587/2011) trädde i kraft år 2011, och lägger mest generella riktlinjer för stora muddringar, det vill säga på vilka villkor man får utföra muddringsarbete. Miljöministeriets anvisning om muddring och deponering av muddringsmassor publicerades 2015 och specificerar vattenlagens innebörd till gräsrotsnivå (Ympäristöministeriö, 2015). Den här anvisningen ger en heltäckande bild av muddringsarbetet, som beaktar allt från planering till utförande och deponering av massor. Muddringsmassor är i allmänhet skadliga för miljön, vilket tydligt beaktas i miljöministeriets anvisning. Den skadliga faktorn omfattar endast människans egen verksamhet, och föroreningar som har uppstått till följd av denna. Vår sjöbotten är täckt av metaller, oljor och andra föroreningar som vi själva är orsaken till, främst genom industrier, utsläpp och hamnverksamhet. Skyddandet av marina miljöer har inte pågått särskilt länge, om man blickar tillbaka i tiden. Finlands miljöcentral Syke har även gett ut sin rapport angående internationellt förfarande och hantering av muddringsmassor. Syke förespråkar återanvändning av muddringsmassor på land, och behandlar de olika möjligheterna för detta. Sykes rapport är ett bra komplement till Miljöministeriets anvisning, eftersom den vidareutvecklar potentialen i muddringsmassor, medan den beaktar miljöaspekterna som stipuleras i Miljöministeriets anvisning. Sykes rapport publicerades år 2020. Dessa nämnda stöds av andra publikationer inom området, och ger en heltäckande bild av hur muddring bör utföras i Finland. I miljöministeriets anvisning från 2015 omnämns sura sulfatjordar i korthet, men beaktas inte i hanteringen av muddringsmassor. (Häkkinen, Pyy, & Salminen, 2020).

7.2 Sura sulfatjordar

Sulfidlerans eller sura sulfatjordars konsekvenser har varit kända sedan 1910-talet. År 1944 myntades begreppet sulfatjord i Finland. Forskningen inom ämnet har pågått sedan 1970-talet. År 2011 utfärdade Jord- och skogsbruksministeriet en strategi för minimerandet av konsekvenser av sura sulfatjordar. Strategin omfattade en plan som sträckte sig till år 2020. Det mest märkbara framsteget inom forskningen skedde under 2009 – 2021, då Geologiska forskningscentralen GTK utförde en kartläggning av förekomsten av sura sulfatjordar i vårt land. Denna kartläggning visade omfattningen och förekomsten av sura sulfatjordar, och visade oss att Finland har den största förekomsten sura sulfatjordar i Europa. Även om kännedomen om sura sulfatjordar redan fanns, hade forskningen skett under olika myndigheter och organisationer. Dessutom användes olika begrepp och benämningar inom området, vilket ledde till att informationen inte var sammanhängande. GTK:s forskning var den första som visade omfattningen av den här jordarten, och därmed dess inverkan på hur vi bearbetar vår jordmån. År 2022 gav Miljöministeriet ut sin anvisning *Happamien sulfaattimaiden kansallinen opas rakennushankkeisiin*. Den här anvisningen är en omfattande anvisning om sura sulfatjordar i vårt samhälle, och hur de ska beaktas framöver. Anvisningen ger en riktlinje för begrepp och benämningar, och sammanför tidigare instruktioner med den nya forskningen. Anvisningen behandlar hur områden med sura sulfatjordar skall beaktas i byggprojekt, hur man beaktar torrläggning och avrinning, hur man deponerar och neutraliserar jordmassor och hur man följer upp miljökonsekvenser. Anvisningen är rätt så konkret, och ger tydliga riktlinjer för så väl omfattande samhällsbyggande som mindre byggprojekt. Anvisningen är utgiven år 2022, vilket innebär att den är rätt så färsk. Noteras kan, att detta är en anvisning, inte lagstiftning. Om vi betraktar miljöskyddslagen: ”ska en verksamhetsutövare känna till verksamhetens konsekvenser för miljön, verksamhetens risker för miljön och hanteringen av dem samt möjligheterna att minska verksamhetens negativa miljöpåverkan” (527/2014, kap 2). Sura sulfatjordar har sådana konsekvenser som behöver beaktas. (Miljöskyddslagen 527/2014).

Sura sulfatjordar finns världen över. Om vi betraktar dem på europeisk nivå, kan vi konstatera att de främst är ett nationellt problem i Finland, eftersom vi har den största förekomsten i Europa. Miljökonsekvenserna av sura sulfatjordar ska alltså lösas nationellt. Jag anser att Miljöministeriets anvisning är den hittills största och mest konkreta åtgärden som gjorts inom området hittills. Min misstanke är att Miljöministeriets anvisning kommer att inverka på kommande anvisningar och direktiv, och eventuellt lagstiftning inom området. Den sura avrinningen, och därmed föroreningarna bestående av olika metaller, som följer med avrinningen från endast våra brukade jordar i Finland, är större än industrins sammanlagda föroreningar i form av metaller i avrinningen på våra vattendrag (Autiola et al., 2022). Om man beaktar hur omfattande miljöpåverkan sura

sulfatjordar har, känner jag mig rätt så säker i att påstå att detta kommer att ha en inverkan på vår byggbransch i framtiden.

7.3 Framtidsutsikt

Examensarbetet handlar i hög grad om muddring, och deponering av muddringsmassor. Muddringsmassor har liknande egenskaper som sura sulfatjordar. Muddringsmassor behandlas däremot inte som sura sulfatjordar i lagtext, i direktiv eller i anvisningar som berör muddring. Forskningen, och de stora framsteg den gjort inom ämnet sura sulfatjordar, har presenterats efter att våra styrande dokument för muddring har publicerats. I framtida handlingar angående muddring kommer sura sulfatjordar högst antagligen att ha en betydligt större tyngdpunkt. Mitt intresse ligger i synnerhet i de mindre (under 500m³) muddringarna och följderna för sådana. Dessa mindre muddringar kan ofta tolkas som "onödiga" för samhället, d.v.s. de gagnar inte samhället, utan enskilda individer. Muddringsmassorna placeras i allmänhet på land, i närheten av vattendraget som muddras. Min slutsats är att även små muddringar kommer att behandlas i regler angående sura sulfatjordar. Mer konkret, antar jag att deponeringen av muddringsmassor kommer att bli mer reglerad, och avrinningen från muddringsmassor kommer att behöva beaktas. Antingen kommer man att implementera neutralisering av massor även i liten skala, eller förutsätta transport av massor till ett kontrollerat område där avrinningen kan övervakas.

7.4 Småskalig neutralisering av muddringsmassor

Neutralisering av muddringsmassor kan komma att bli mer allmänt förekommande framöver. Människors kännedom om att just muddringsmassor är skadliga för omgivningen, har ökat. Det finns redan ett intresse för att hantera muddringsmassor för att minimera miljökonsekvenser.

Miljöministeriets anvisningar om sura sulfatjordar och deponering av muddringsmassor ger konkreta verktyg för att bedöma behov av neutralisering. I sin enklaste form kan man använda kalk för neutraliseringen. Neutraliseringsmetoden behöver inte vara särskilt invecklad, och med hjälp av anvisningarna kan man relativt enkelt skapa en fungerande neutraliseringsprocess, och övervaka dess funktion. Så till vida man använder rena, för ändamålet ämnade produkter finns det inga hinder för att skapa en neutraliseringsprocess.

Med en enkel beräkning framkommer att en 500 m³ muddring, där muddringsmassorna placeras på land intill muddringsområdet, skulle behöva ungefär ett litet lastbilslast kalk för en fungerande neutralisering. Neutraliseringen är beroende av massans pH, alkalinitet och aciditet och i gengäld på det pH-höjande värdets neutraliseringsförmåga.

I Miljöministeriets anvisning (Autiola et al., 2022) hänvisas det ofta till neutraliseringsprodukter som flygaska och masugnsslagg. Dessa produkter är så kallade biprodukter av industrin, och klassas därmed som avfall. Förbränning med stenkol har minskat och blivit rätt så marginell, vilket lett till att det inte uppstår särskilt stora mängder flygaska längre. Förbränningen av förnybara energikällor har däremot ökat, och gett upphov till andra liknande produkter. Neutraliseringen kan även utföras med en cementliknande produkt med basiska egenskaper. En sådan produkt är till exempel betongavfall från rivningsbetong. Betongavfallet, i krossad form, har basiska egenskaper som höjer omgivningens pH. Användning av dessa produkter för neutralisering blir besvärligt, eftersom de alltid förutsätter miljölov. Att välja en produkt för neutralisering är utmanande, oberoende om man ser till behovet av miljölov. Både ren råvara, som kalk, samt industrins sidoprodukter, som flygaska och slagg, produceras och erbjuds endast lokalt på få ställen. Därav är användningen av krossat betongavfall intressant, eftersom produktion av det är rätt så allmänt förekommande. Betongkross är en kostnadsmässigt förmånlig produkt, med god tillgänglighet. Att skapa råmaterial för neutralisering, genom återvinning av gamla byggnadsmaterial, kan ha en marknad framöver.

Mitt antagande är att neutralisering av sura sulfatjordar kommer att bli mer allmänt vedertaget i vårt land. För neutraliseringsprocesser finns ett flertal olika material. En del av dessa är rena råmaterial, så som kalk och cement. Andra material kan vara sidoprodukter av industrin, så som slagg och aska. Dessa produkter klassificeras som avfall. Betongkross kan med vissa förutsättningar klassificeras som EoW-betongkross. EoW (End of waste) klassificeringen innebär att betongkrosset förlorar sin status som avfall, och frias därmed av kraven för detta. EoW-betongkross kan betraktas vara en "ren produkt". Det skulle vara intressant att se en uppföljning av hur till vida det finns någon lönsamhet i dylikt betongkross som neutraliseringsprodukt.

7.5 Förslag på vidare forskning

Kartläggningen av sura sulfatjordar har blivit rätt så omfattande, och kännedomen om dem har ökat. Om man betraktar problemet med sura sulfatjordar på europeisk nivå, är problemet lokalt i Finland. I Sverige finns även stora förekomster sura sulfatjordar, men den största andelen finns i Finland. Med andra ord kan vi inte förvänta oss en EU-styrd lagstiftning angående den här egenskapen vi besitter i vår jordmån. Miljöministeriets nationella anvisning om hur sura sulfatjordar skall behandlas vid byggverksamhet utgavs år 2022. Det skulle vara intressant att följa upp hur den här anvisningen påverkar övriga anvisningar framöver, och när dess innehåll eventuellt implementeras i lagstiftning.

Markstabilisering är rätt så allmänt förekommande, i synnerhet i våra större städer. Vi bygger ut våra samhällen på allt sämre områden då vi förstör vår tillväxtcentrum, vilket innebär att vi ofta får bygga där som ingen klarat av att bygga förut. Noteras kan här att våra större tillväxtcentrum i allmänhet ligger på riskområdet för sura sulfatjordar, och de sämsta byggplatserna i allmänhet är på lera. Stabilisering utförs i allmänhet med kalk-haltiga material för att öka bärigheten av jordmånen. Det skulle vara intressant att betrakta fördelarna av stabiliseringen för hanteringen av sura sulfatjordar.

Källförteckning

- Aluehallintovirasto. (18.3.2019). Vesilain mukainen lupa 100/2019. *Tammisaaren Södra vikens venesataman kunnostus ja ruoppaus. Dnro ESAVI/5805/2017*. Aluehallintovirasto.
- Autiola, M., Suonperä, E., Suvanto, S., Napari, M., Nylund, M., Kupiainen, V., . . . Mattbäck, S. (26.1.2022). *Happamien sulfaattimaiden kansallinen opas rakennushankkeisiin*. Hämtat från Publikationsarkivet Valto 25.5.2025: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-222-8>
- Geologiska forskningscentralen. (25.4.2024). *Geologiska forskningscentralen har som den första i världen kartlagt förekomsten av svartskiffer i hela landet*. Hämtat 25.5.2025 från <https://www.gtk.fi/sv/aktuellt/geologiska-forskningscentralen-har-som-den-forsta-i-varlden-kartlagt-forekomsten-av-svartskiffer-i-hela-landet/>
- Geologiska Forskningscentralen. (u.d.a). *Happamat sufaattimaat*. Hämtat 25.5.2025 från Happamat sulfaattimaat: <https://gtkdata.gtk.fi/hasu/index.html>
- Geologiska Forskningscentralen. (u.d.b). *Itämeren ja järvien kehitys*. Hämtat 25.5.2025 från GTK Tietoaaineistot: <http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/itameri.htm>
- HELCOM. (u.d.). *Marine Protected Areas*. Hämtat 25.5.2025 från <https://helcom.fi/action-areas/marine-protected-areas/>
- Häkkinen, J., Pyy, O., & Salminen, J. (2020). *Selvitys kansainvälisestä käytännöstä ruoppausmassojen hallinnassa ja hyödyntämisessä*. Hämtat 25.5.2025 från <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-5231-3>
- Lag on fornminnen 295/1963. (1963). Hämtat 25.5.2025 från www.finlex.fi
- Miljöskyddslagen 527/2014. (2014). Hämtat 25.5.2025 från www.finlex.fi
- OSPAR. (1992). *CONVENTION FOR THE PROTECTION OF THE MARINE ENVIRONMENT OF THE NORTH-EAST ATLANTIC*. Hämtat 25.5.2025 från https://www.ospar.org/site/assets/files/1169/ospar_convention.pdf
- Raaseporin ympäristö- ja rakennuslautakunta. (28.6.2022). Ympäristölupa - Baggöntien maankaatopaikan ympäristöluvan muutos. Päätos 4/2022. Dnro RBG/1029/11.01.00.01/2021. Raseborg.
- Regionförvaltningsverket. (u.d.). *Vattentillstånd*. Hämtat 25.5.2025 från <https://avi.fi/sv/valj-arende/foretag-eller-organisation/tillstand-anmalningar-och-ansokningar/vatten-och-miljo/vattentillstand>
- Salo, E., & Huttunen, M. (14.11.2017). *Museovirasto - Tammisaari Södra Viken - Arkeologinen vedenalaisinventointi ja selvitys matalataajuusluotaimen käytöstä arkeologisen tutkimuksen kaukokartoitusmenetelmänä*. Hämtat 25.5.2025 från <https://asiat.museovirasto.fi/case/MV/211/05.02.01/2017>
- Staden Raseborg. (19.9.2022). *Ombyggnad av strandkonstruktioner och muddring i östra delen av Södra viken i Ekenäs*. Hämtat 25.5.2025 från <https://www.raseborg.fi/boende-och-miljo/ombyggnad-av-strandkonstruktioner-och-muddring-i-ostra-delen-av-sodra-viken-i-ekenas/>

- Sutela, T., Vuori, K.-M., Louhi, P., Hovila, K., Jokela, S., Karjalainen, S. M., . . . Österholm, P. (2012). *Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat vesistövaikutukset ja kalakuolemat Suomessa*. Hämtat 25.5.2025 från Luke: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38771/SY_14_12_Happamat_sulfaattimaat.pdf?sequence=
- Sveriges Geologiska Undersökning. (26.8.2019). *Det här är sur sulfatjord*. Hämtat 25.5.2025 från <https://www.sgu.se/anvandarstod-for-geologiska-fragor/hur-man-kanner-igen-och-undersoker-sur-sulfatjord/det-har-ar-sur-sulfatjord/>
- Tvrđý, J., Vähäkäkelä, M., Takalo, M., & Keskinen, M. (26.2.2020). *Ruoppausmassojen kestävät läjitysvaihtoehdot*. Hämtat 25.5.2025 från https://www.merialuesuunnittelu.fi/wp-content/uploads/2020/03/Ruoppausmassojen_kestävät_läjitysvaihtoehdot_2020.pdf
- Vattenlagen 587/2011. (2012). Hämtat 25.5.2025 från www.finlex.fi
- Vesi.fi. (4.12.2018). *Sulfaattimaiden kaivumassojen kalkitus*. Hämtat 25.5.2025 från <https://vesi.fi/aineistopankki/sulfaattimaiden-kaivumassojen-kalkitus/>
- Vesi.fi. (21.1.2022). *Maankuivatus ja happamat sulfaattimaat*. Hämtat 25.5.2025 från <https://www.vesi.fi/vesitieto/maankuivatus-ja-happamat-sulfaattimaat/>
- Vesi.fi. (4.2023a). *Ruoppauksiin ja niittoihin liittyviä neuvoja*. Hämtat 25.5.2025 från <https://www.vesi.fi/wp-content/uploads/2021/11/ruoppauksiin-ja-niittoihin-liittyvia-neuvoja-fi.pdf>
- Vesi.fi. (21.8.2023b). *Rannan ruoppaus*. Hämtat 25.5.2025 från <https://www.vesi.fi/vesitieto/rannan-ruoppaus/>
- Vesi.fi. (u.d.a). *Happamat sulfaattimaat vaativat maankäytöltä tarkkuutta*. Hämtat 25.5.2025 från <https://www.vesi.fi/teemasivu/happamat-sulfaattimaat/>
- Vesi.fi. (u.d.b). *Rakentaminen ja ruoppaus happamilla sulfaattimailla*. Hämtat 25.5.2025 från <https://www.vesi.fi/teemasivu/rakentaminen-ja-ruoppaus-happamilla-sulfaattimailla/>
- Ympäristöhallinto. (10.2.2025). *Vesilupa ja ilmoitukset*. Hämtat 25.5.2025 från Ympäristöhallinnon verkkopalvelu: <https://www.ymparisto.fi/fi/luvat-ja-velvoitteet/vesilupa-ja-ilmoitukset>
- Ympäristöministeriö. (27.5.2015). *Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje*. Hämtat 25.5.2025 från <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4449-3>

Bilaga 1

Fallstudie: Muddringsprojekt Södra viken i Ekenäs

Kapitlet om Södra viken utgår i huvudsak från två källor. Jag har bekantat mig med projektet via lovet enligt vattenlagen som utfärdats för projektet (Aluehallintovirasto, 2019) samt miljötillståndet som utfärdats för deponeringen av muddringsmassorna (Raaseporin ympäristö- ja rakennuslautakunta, 2022).

På figur 3 illustreras Södra vikens projektområde. I bildens bakgrund ser man Ekenäs centrum. Södra viken omringas av gamla staden i Ekenäs, en skyddad kulturmiljö av riksintresse. Längst in i viken ligger parkområdet Skepparträdgården, och på södra sidan av viken ligger det skyddade Hagen-Ramsholmen området. Södra viken har historiskt varit ett hamnområde till staden Ekenäs. Efter att hamnverksamheten flyttade har området använts som småbåtshamn. Viken är muddrad på 70-talet, och har efter det vuxit fast. Inför det aktuella muddringsprojektet var vattendjupet mycket lågt, och viken var knappt användbar för båttrafik. Projektområdet omfattade även två farledspartier utanför bilden.



Figur 3. Södra vikens projektområde
(Staden Raseborg, 2022)

I Raseborg utfördes en omfattande muddring av området Södra viken under åren 2022 – 2024. Beställaren för arbetet var Raseborgs stad. Södra vikens muddring omfattade ett vattenområde intill stadskärnan. Södra viken i sig är ett vattenområde mellan gamla staden i Ekenäs och naturskyddsområdet Hagen – Ramsholmen. Muddringen inkluderade även ett farledsområde utanför viken, samt grävning av en kort ny farled från vikmynningen. Muddringsområdet är ett livligt trafikerat småbåtsvattenområde med en småbåtshamn. Vattenområdet i fråga var igenvuxet, och vattendjupet ställvis endast 70cm. Muddringsprojektets omfattning beräknades vara ca. 14 000 m³ fast material.

Muddringsprojektet planerades ursprungligen att utföras betydligt tidigare, där det ursprungliga vattenlovets söktes år 2008. Av olika orsaker blev projektet framskjutet, tills det år 2017 utarbetades ett nytt utkast för vattenlov.

Tillstånd enligt vattenlagen

Hela projektet har byggt på långsiktig planering. Ansökan om tillståndet enligt Vattenlagen lämnades in år 2017, kompletterades under 2018 och kunde godkännas år 2019. Verkningsområdet för projektet befinner sig precis intill stadskärnan i Ekenäs. På vattenområdet befinner sig en lokalfarled för sjöfart. Projektområdet omgärdas av detaljplanerade områden. Muddringsarbetet utfördes i sin helhet på *De skyddsvärda marina områdena i Ekenäs och Hangö skärgård och i Pojoviken* vilket utgör ett Natura 2000 område. Vattenområdet i fråga är i sin tur en del av HELCOM:s BSPA-nätverk, och anses vara ett vattenområde som kräver särskilda skyddsåtgärder. Det intill liggande Hagen – Ramsholmen området med sina lundar och sitt fågelliv är även ett naturskyddsområde. I Södra viken har det idkats hamnverksamhet sedan 1500-talet. På området har det funnits ett litet varv kring 1800 – 1900-talsskiftet. Den intilliggande Gamla staden i Ekenäs är klassad som en Byggd kulturmiljö av riksintresse (RKY). Södra vikens hamnbassäng med sina kajkonstruktioner omfattas av detta område. I vattenområdet finns även fornlämningar, i form av gamla skeppsvrak. Under det tidigare vattenlovets tillståndsförfarande utreddes bottensedimentens egenskaper i vattenområdet. De övre skikten av bottensediment innehöll skadliga mängder av vissa metaller, vilket enligt Statsrådets förordning om bedömning av markens föroreningsgrad och saneringsbehovet klassificerades som förorenade jordmassor. Inför det nya vattenlovets (2017) utfördes en Natura-bedömning om hur arbetet påverkar naturskyddsområdet. Bedömningen behövde kompletteras 2018 med mer omfattande information före berörda parter kunde enas om hur arbetet skulle utföras. De väsentliga delarna av kompletteringen gällde vissa skyddade växtarter i området, samt förhindrandet av vattnets förgrumling i området. Hanteringen

och transporten av sedimentmassorna förorsakade även mer omfattande utredning, eftersom detta hade en väsentlig inverkan på arbetssättet vid själva muddringen. Vid processen med vattenlov var deponeringsplatsen för sedimentmassorna inte ännu specificerad. Vattenlov utgick trots allt hela tiden från en placering på land, inte till havs. De förorenade sedimentskikten förutsatte hantering som förorenad jord, d.v.s. transport till en sådan anläggning som kan hantera dem korrekt. Massorna i fråga lyftes i land för avrinning, och transporterades sedan vidare. Förgrumling av vattnet minimerades genom att montera en siltgardin runt muddringsområdet. Gardinen, lik markduk, hängdes i en flytande bojkonstruktion och viktlades ner i sjöbotten. Genom denna metod kunde man hindra sedimentspridning i den ömtåliga omgivningen av vattenområdet. Under själva muddringsarbetet utfördes fortlöpande grumlingsmätning på specificerade platser runt muddringsområdet. På detta sätt skulle man per omgående upptäcka ifall vattenkvaliteten förändrades, och direkt kunna ändra på arbetsmetoderna. I kompletteringen av tillståndsansökan från 2018 har NTM-centralen påpekat att det i bottensedimenten kan förekomma sulfidlera. Förekomsten av sulfidlera noteras ha inverkan på deponeringen av muddringsmassorna. Den slutliga platsen för deponering är inte specificerad i tillståndsansökan. (Aluehallintovirasto, 2019)

Tillståndet enligt vattenlagen utfärdades i mars 2019. Tillståndet gav en tidsfrist på sex år att färdigställa arbetet. Tillståndet utfärdades områdesmässigt i planerad utsträckning, med en maximal muddring av 15 000 teoretiska fasta kubikmeter till ett visst specificerat djup. De arbetsmoment som involverade befintliga och nya farleder behövde godkännas av Traficom. Kulturlandskap och fornlämningar skulle beaktas under arbetets gång, i samråd med Landskapsmuseet och Museiverket. Förgrumling av vattnet skulle förhindras med hjälp av siltgardin och stängbar muddringsskopa. Förorenade muddringsmassor behandlades separat från resterande massor. Massorna skulle i huvudsak transporteras från området via landvägen. Risken för sulfidlera skulle utredas, och beaktas vid deponering. Deponeringsområdet skulle planeras och godkännas före arbetet inleddes. I beslutets konsekvensanalys omnämndes sulfidlerans risker med sur avrinning, och att dessa följder skulle beaktas. (Aluehallintovirasto, 2019).

Arkeologisk undervatteninventering

Under hösten 2017 lät Museiverket utföra en marinarkeologisk utredning i området kring Södra viken i Ekenäs. Utredningen utfördes av Nordic Maritime Group Ab. Det fanns information sen förut om potentiella vrakdelar och arkeologiskt intressant objekt i vattenområdet. I och med det nya tillståndet enligt vattenlagen gjordes en ny utredning i området. Den tidigare informationen från området härstammade från en muddring som utförts på 70-talet. Den nya utredningen hittade inte

motsvarande fynd som på 70-talet, vilket kan tyda på att man helt enkelt muddrade bort de gamla vrakdelarna vid någon tidigare muddring.

Den aktuella inventeringen var utmanande på grund av det mycket låga vattendjupet. Genom att skanna havsbotten kunde man trots allt hitta spår av så väl vraklämningar som gamla hamnkonstruktioner. Tack vare den kraftiga landhöjningen kunde man även konstatera att äldre lämningar och konstruktioner antagligen inte går att hitta under vatten mer, eftersom de i dagens läge befinner sig ett tiotal meter uppe på land, ovan vattenlinjen. De marinarknologiska fynden dokumenterades och undersöktes genom dykningsarbeten. (Salo & Huttunen, 2017).

Deponeringsområdet

Efter att tillståndet enligt vattenlagen blev beviljat för projektet behövde man utarbeta ett deponeringsområde för de rena sedimentmassorna från projektet. I tillståndprocessen med vattenlovet beslöt man att massorna skall lyftas i land på projektområdet, och flyttas därifrån med lastbilar. Man hade övervägt diverse platser i närheten för jordutfyllnad, samt redogjort för närmaste deponiplatser med tillstånd och kapacitet för hantering av dylika massor och mängder. I vattenlovet beaktades risken för förekomsten av sulfidlera i de djupare sedimentlagren, vilket behövde beaktas i deponeringsprocessen.

För att skapa en fungerande deponeringsplats för muddringsmassan anlätade Raseborgs stad Insinööri-toimisto Gradientti Oy. Massorna i fråga uppskattades uppgå till 14 000 fasta kubikmeter sedimentmassa. En dylik mängd är svårhanterlig att använda som jordutfyllnad på till exempel åkermark. Massorna hanterades som sura sulfatjordar, vilket innebar att deponeringsområdet skulle inkludera en neutraliseringsprocess av avrinningen.

Man valde placera deponeringsområdet på stadens befintliga jordavstjälplning av olika orsaker. Dels den geografiska närheten till muddringsområdet, vilket minskade behovet av transporter. Dels på grund av områdets lämplighet som deponiområde. Området befinner sig avsides från befintlig bebyggelse. Jordmånen på området är svagt genomtränglig för ytvatten, och grundvattenbildningen på området är obefintlig. Ytvattnets avrinning sker via våtmark mot havet. Eftersom det på området redan befann sig en tillståndspliktig jorddeponeringsverksamhet, innebar deponeringen av muddringsmassor på området en uppdatering av ett befintligt miljölov.

Planeringen av deponiområdet utfördes som en långsiktig plan, där man beaktade både ekonomiska och ekologiska värderingar. För att skapa deponeringsbassängerna krävdes stora mängder material, för konstruktionslager och för neutraliseringsprocessen. Deponeringsområdet

planerades i tre separata bassänger, med en sammanlagd totalvolym av 30 000 m³. Bassängernas storlek överdimensionerades mot mottagningsmängden, dels på grund av expansionskoefficienten av sedimentmassorna, dels på grund av den ökade volymen tack vare neutraliseringsmaterial som användes. Utöver bassängerna planerades ny hantering av ytvatten och avrinningsvattnet, i form av nya diken och en fördröjningsbassäng.

För neutraliseringsprocessen valde man att använda returmaterial för återanvändning, det vill säga betongavfall och kraftverksaska. Neutraliseringen utfördes med aska, medan betongkrosset användes för att neutralisera avrinningsvattnet. För området söktes ett nytt miljölov som inkluderade mottagning av muddringsmassor, betongavfall och aska. I lovet ansöktes även om möjlighet att bearbeta och krossa betongavfall. Miljölovet omfattade även den tidigare verksamheten på området, deponi av överskottsmassor samt kompostering.

För konstruerandet av deponiområdet krävdes stora mängder material. Deponibassängerna krävde omfattande stödkonstruktioner för att hålla för de stora mängderna sedimentmassa. Införskaffandet av sådana massor, med tillhörande transport skulle ha varit kostsamt, och inte försvarat de gröna aspekter som betonades i projektet. Uppbyggnaden av bassängerna inkluderades av beställaren i ett större jordbyggnadsprojekt som upphandlades i närheten av deponiområdet. Jordbyggnadsprojektet förorsakade stora mängder rent jordmaterial som lämpade sig väl för bassängkonstruktionerna på deponiområdet. Genom att inkludera bassängkonstruktionerna i upphandlingen av jordbyggnadsprojektet kunde beställaren bygga upp deponiområdet med sådana jordmassor som behövde flyttas relativt korta avstånd. För den planerade neutraliseringsprocessen av avrinningsvattnet behövdes betongkross. Det totala behovet uppskattades till 9700 ton. Krosset i fråga skulle uppfylla MARA-direktivets krav på rent kross av storleken 0-90mm. Även här kunde beställaren inkludera anskaffningen av betongavfall i en upphandling av rivning av en större byggnad på ett rimligt avstånd från deponiplatsen. Upphandlingen omfattade rivning av byggnaden, forslandet av betongavfallet till deponiområdet samt krossning av avfallet på plats. För neutraliseringen av massorna användes kraftverksaska. Beställaren, via affärsverket Raseborgs Energi, hade två större värmeverk för förbränning av trämaterial till hands. I stället för att forsla bort överskottsaskan från värmeverken lagrades den för användning på deponiområdet. Utöver den egna verksamhetens produktion av aska skaffades en del aska från övriga värmeverk.

På området konstruerades tre deponeringsbassänger tätt invid varandra. Mellan, och runt, bassängerna byggdes jordvallar i konstruktionsskikt, så att fordon och arbetsmaskiner kunde röra sig runt bassängerna. I vallarna användes betongkross för att skapa ett delvis bundet material för att öka bärigheten och stadgan i vallarna. Bassängerna draperades i sin helhet med betongkross,

för att neutralisera eventuellt avrinningsvatten som absorberas i jordmånen. Bassängerna byggdes med förstärkta kanter där muddringsmassorna tippades ner. Bassängerna konstruerades med avrinningsområden gjorda av sprängsten, där avrinningsvatten leds ut ur bassängen. Vattnet leds via betongkrossdraperade ytvattendiken till en fördröjningsbassäng. Bassängen är konstruerad som en filtrerande bassäng med grövre kornstorlek av betongkross. Efter bassängen leds vattnet via en våtmarksliknande terräng vidare till en befintlig fördröjningsbassäng, därifrån får vattnet rinna ut i den befintliga terrängen. Processen övervakas med fortlöpande pH-mätning på området, för att försäkra sig om att det slutliga avrinningsvattnet inte förorsakar konsekvenser för den omgivande miljön.

Neutraliseringen av massorna bedömdes utgående från neutraliseringsförmågan i kraftverksaska. Askan deponerades på området, och blandades i muddringsmassorna då de forslades till området. Muddringsmassan tippades ner i bassängerna i 30cm skikt, som sedan täcktes av ett 8cm skikt aska. Dessa blandades sedan ihop med grävmaskin. Teoretiskt använde man 150kg aska per kubikmeter muddringsmassa. Neutraliseringen beaktade även bassängernas drapering av betongkross, samt avrinningsdikena och filtreringsbassängen som konstruerades med betongkross.

Uppföljningen av området hanteras genom att övervaka avrinningsvattnets kvalitet. Sura sulfatjordar avger en avrinning med lågt pH. I fall sulfidleran oxiderar och pH-värdet sjunker, kommer den sura avrinningen att avge märkbara halter metallföreningar. Övervakningen av vattenkvalitet utförs på utvalda ställen på området, för att uppvisa hur dagvattnets egenskaper förändras. De utvalda mätplatserna uppvisar områdets bakgrundsvärden, avrinningen direkt ur deponibassängerna, samt den slutliga avrinningen som leds ut i omgivningen. Medan muddringsarbetet pågick utfördes mätningar årligen fyra gånger, där man bestämde halterna av vissa metaller och andra potentiella föreningar i vattnet. Efter muddringsarbetet har vattenprover tagits två gånger årligen. Utöver vattenproverna utförs en fortlöpande realtidsmätning av pH-värdet i områdets avrinning. Realtidsmätningen ger fortlöpande information om pH-värdet i avrinningen. Mätningen av pH-värdet utförs i en befintlig bassäng före vattnet leds ut i omgivningen. (Raaseporin ympäristö- ja rakennuslautakunta, 2022)

Det nya miljölovet för deponeringsområdet beviljades i juni 2022. Deponiområdet byggdes ut under hösten 2022. Under vinterhalvåret 2022 – 2023 inleddes den första fasen av muddringsprojektet.

Neutraliseringsprocessen

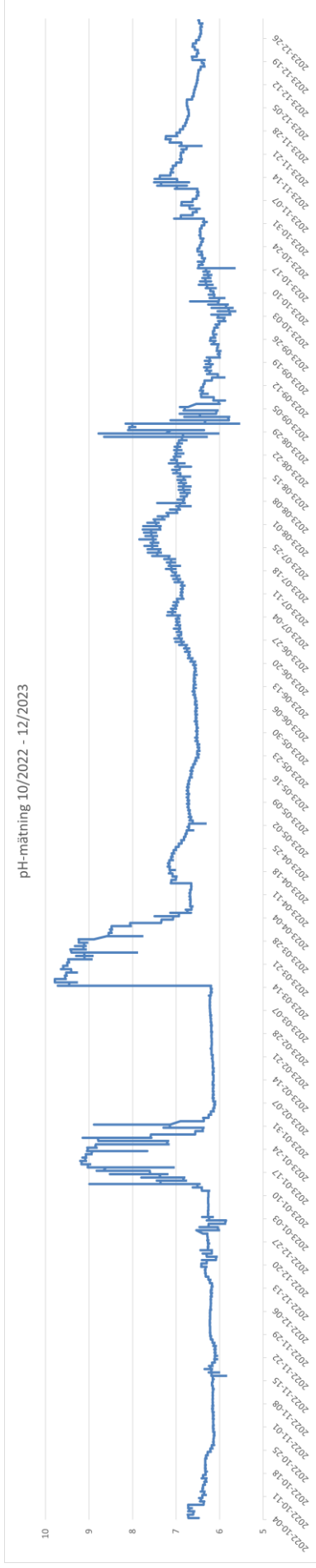
Efter att bassängkonstruktionerna färdigställdes, och avrinningsvattnet började övervakas har man fortlöpande kontrollerat neutraliseringsprocessens funktion. Inledningsvis kunde man mäta pH-värdet i avrinningen före muddringsmassorna deponerades i bassängerna. Dessa mätningar uppvisade pH-värdet i den naturliga avrinningen från området, via de betongkrossbeklädda ytvattendikena. De tidiga mätningarna visade stora variationer i pH-värdet, främst beroende av mängden regn. Den naturliga avrinningen höll ett förhållandevis jämnt pH, medan ett tillfälligt större flöde, till följd av störtregn, uppvisade märkbart högre pH-värden. Under oktober 2022 började man fylla bassängerna, vilket långsamt jämnade ut mätvärden från området.

Diagrammen på följande sida uppvisar pH-mätningarna i områdets avrinningsvatten. Det första diagrammet (Figur 4) visar mätningarna från 4.10.2022 till 31.12.2023. Mätvärdet visar den slutliga avrinningen från hela deponiområdet ut i omgivningen. Under vintern 2022 – 2023 inleddes muddringsarbetet och bassängerna började fyllas med muddringsmassor. Muddringsarbetet pågick mellan 1.10.2022 – 31.3.2023. Under det här skedet av muddringen var deponiområdet fortfarande rätt så småskaligt utnyttjat, sett till helheten. Därav de stora variationerna i mätresultat beroende på det naturliga dagvattenflödet i området. Trots de tillfälliga variationerna kan man se att pH-värdet stabiliserar sig mellan 6 och 7. Mätningen mellan oktober 2022 och december 2023 uppvisar pH-värdets medeltal 6,71.

I följande diagram (Figur 5) kan man se pH-mätningarna från 1.1.2024 till 31.12.2024. Muddringsarbetet pågick mellan 1.10.2023 och 31.3.2024. Under den här fasen av muddringsarbetet hade bassängerna utnyttjats i högre grad och områdets vattenflöde hade slutat påverkas av de ofyllda bassängerna. Tidsperiodens medelvärde för pH uppvisar 6,42. I diagrammet syns att pH-värdet hålls mellan 5 och 7 så gott som hela mätperioden.

Mätningarna av pH-värdet uppvisar neutraliseringsprocessens funktion. I och med deponeringen på land kommer muddringsmassorna långsamt att torka och oxidera. Kraftverksaskan i muddringsmassorna neutraliserar försurningen och håller pH på en neutral nivå. Så länge pH-värdet i massorna hålls neutralt förhindras den förorenade avrinningen från de sura sulfatjordarna. I den här torkningsprocessen övergår massorna från sura sulfidhaltiga massor till oxiderade aktiva sulfatjordar. Neutraliseringen av dessa massor hindrar den sura, förorenade avrinningen från massorna att ta sig ut i omgivningen.

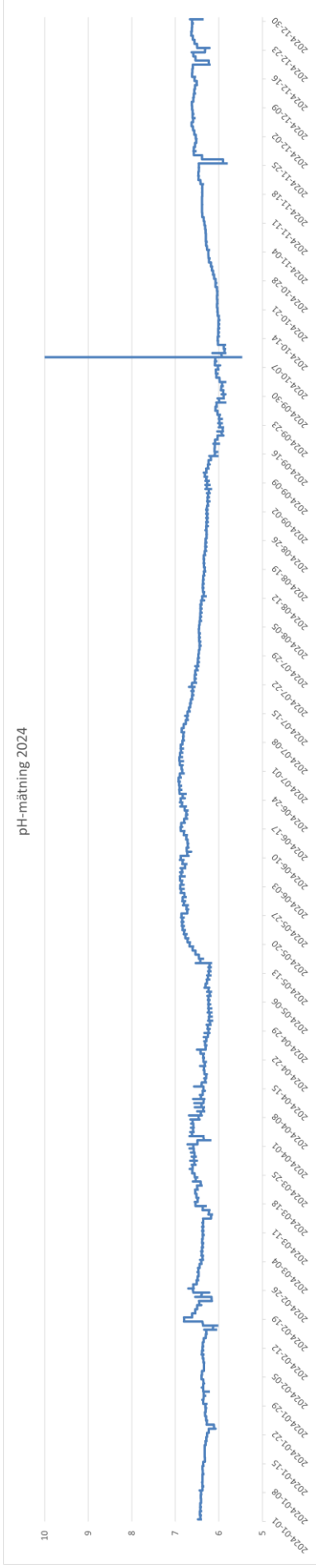
Dessa pH-mätningar uppvisar att neutraliseringsprocessen fungerar. Muddringsmassorna avger en oskadlig avrinning, som inte har negativa konsekvenser för omgivningen.



Mätningarna av pH-värden av avrinningsvattnet från deponiområdet för muddringsmassor. Diagrammen är sammanställda av mätningar utförda av Raseborgs stad.

Figur 4 visar statistik för tidsperioden 4.10.2022 – 31.12.2023.

Figur 5 visar motsvarande statistik för perioden 1.1.2024 – 31.12.2024



Slutord om Södra vikens muddring

Muddringsprojektet i Södra viken har planerats vid ett flertal tillfällen, och blivit fördröjt av olika orsaker. Sommaren 2022 var båtplatserna i viken så gott som outnyttjade, eftersom viken var så grund och bryggorna i så dåligt skick. I skrivande stund utförs de sista arbetsmomenten på projektområdet. Vattenområdet är muddrat, hamnkonstruktionerna är förnyade och de gamla bryggorna är förnyade. Raseborgs stad lät utföra ett mindre gatuprojekt i anslutning till hamnområdet, för att snygga upp helheten. Till sommaren 2025 kommer området att vara färdigställt.

Muddringsarbetet i området blev måhända mer arbetsdrygt än tänkt. Det ursprungliga lovet enligt vattenlagen hade hunnit förfalla, medan det nya lovet krävde mer arbete.

Deponeringen av muddringsmassorna kunde i det här fallet kallas för deponering av sura sulfatjordar. Om vi ser till miljöministeriets anvisning om deponering av muddringsmassor skulle man företrädesvis ha använt massorna till godo. Massorna kunde ha använts som jordutfyllnad, markförbättring eller något liknande. Massorna från Södra viken behandlades däremot som sura sulfatjordar. Ifall muddringsmassorna hade behandlats enligt Miljöministeriets anvisning om muddring och deponering av muddermassor skulle man potentiellt ha förorsakat en märkbar avrinning av surt vatten med metallföroreningar. Beroende på platsen kunde en sådan avrinning ha haft en lokalt kännbar miljöpåverkan.

Uppbyggnaden av deponeringsområdet var ett av de första av sitt slag. Noteras kan, att miljölovet för deponering och neutralisering av muddringsmassor i form av sura sulfatjordar, var det första av sitt slag i vårt land. Uppbyggnaden av ett liknande deponiområdet skulle kräva rätt så stora resurser, vilket i det här fallet kunde fås från stadens egen byggverksamhet och som biprodukter från andra projekt. Raseborgs stad är en HINKU-kommun, vilket innebär att staden har bundit sig till att eftersträva 80 % minskning av sina utsläpp till 2030 (från referensåret 2007). Deponiområdet planerades utgående från material som fanns till handa, så att materialinköp och i synnerhet behovet av transporter minimerades. Projektet Södra viken följde både ekonomiska och ekologiska aspekter från början till slut. Deponiprojektet kan anses vara ett pilotprojekt av sitt slag och konstaterats fungera väl.

Bilaga 2

Sammandrag angående deponiområdet

Hantering av muddringsmassor med egenskaper av sura sulfatjordar

Muddring av Södra viken i Ekenäs

Staden Raseborg lät utföra en muddring på området Södra viken invid Ekenäs centrum under åren 2022–2024. Muddringsmassorna uppgick till 14 000 m³ fast material. Området i fråga var ett gammalt hamnområde, med känslig intill liggande natur och miljö. Under planeringsskedet uppdagades att sedimenten i havsbotten delvis var förorenade, samt att massorna hade egenskaper av potentiella sura sulfatjordar. Potentiella sura sulfatjordar innebar att muddringsmassorna kan avge en försurad avrinning, med naturligt förekommande föroreningar av olika metaller. Muddringen planerades utföras med grävmaskin från pråm, och alla muddringsmassor deponeras på land. De förorenade massorna klassificerades enligt PIMA-direktivet och forslades vidare till sådan anläggning som kunde hantera dem.

Muddringsmassorna som behövde deponeras hanterades inledningsvis som sura sulfatjordar. För ändamålet behövde skapas ett lämpligt deponiområde. Insinööritoimisto Gradientti Oy planerade deponiområdet och neutraliseringsprocessen i samråd med Raseborgs stad.

Deponiområdet planerades på en befintlig jordavstjälplning i närheten av muddringsområdet. På platsen planerades tre bassänger med en sammanlagd volym av 30 000m³. Bassängerna byggdes med rena jordmaterial från beställarens övriga byggverksamhet. Bassängerna draperades med betongkross från ett rivningsobjekt av beställaren. Massorna som deponerades i bassängerna neutraliserades med kraftverksaska, som till merparten kom från beställarens energiproduktion. Deponiområdet omfattade en avrinningsprocess där vatten från deponiområdet leds genom betongkrossbeklädda diken till en fördröjningsbassäng med filtrering genom betongkross. Avrinningsvattnets kvalitet övervakas fortlöpande med pH-mätning.

För deponiområdet söktes ett miljölov för jordavstjälplning. Miljölovet för hantering av sura sulfatjordar var det första av sitt slag.

Muddringsprojektet är avslutat och deponiområdet är fyllt enligt plan. Uppföljningen av deponiområdets funktion har visat att pH-värdet i avrinningen hålls på en rimlig nivå, och neutraliseringen fungerar som planerat.

Bilaga 3

Tiivistelmä koskien läjitysalueita

Happamien sulfaattimaiden käsittely ruoppausmassoina

Tammisaaren Eteläisen lahden ruoppaus

Raaseporin kaupunki antoi vuosina 2022–2024 ruopata Tammisaaren keskustan viereisen Eteläisen lahden. Ruoppausmassojen määrän arvioitiin olevan noin 14 000 m³ kiinteää massaa. Kyseinen alue oli vanhaa satama-alueita, joka rajoittui herkkään luonnonympäristöön. Suunnitteluvaiheessa merenpohjan todettiin olevan osittain pilaantunutta, sekä kokonaisuudessaan potentiaalisesti hapanta sulfaattimaata. Happamien sulfaattimaiden esiintyvyys tarkoitti, että ruoppausmassat voivat hapettuessaan valuttaa happamoitunutta vettä, mikä luottaa maapohjassa esiintyviä metallisaasteita. Ruoppaus suunniteltiin tehtäväksi kaivinkoneella proomulta, ja ruoppausmassojen sijoitettavaksi maihin. Saastuneet maat luokiteltiin PIMA-ohjeen mukaisesti ja toimitettiin jätteiden käsittelylaitokselle.

Paikallisesti sijoitettavat ruoppausmassat käsiteltiin lähtökohtaisesti happamina sulfaattimaina. Ruoppausmassojen läjitystä varten luotiin näille soveltuva läjitysalue. Insinööritoimisto Gradientti Oy suunnitteli läjitysalueen ja neutralointiprosessin yhdessä Raaseporin kaupungin kanssa.

Läjitysalue sijoitettiin olemassa olevalle maankaatopaikalle ruoppausalueen lähistöllä. Paikalle rakennettiin kolme läjitysallasta, joiden yhteen laskettu tilavuus oli 30 000 m³. Altaat rakennettiin puhtaista ylijäämämaista, jotka saatiin tilaajan muusta rakennustoiminnasta. Altaat verhoiltiin betonimurskeella, joka saatiin tilaajan purkuprojektista. Ruoppausmassojen neutralointi suoritettiin voimalaitostuhkalla, joka saatiin pääasiassa tilaajan energiantuotannosta. Läjitysalueen suotovedet ohjattiin betonimurskeella vuorattujen ojien kautta viivästysaltaaseen, johon rakennettiin suotopenger betonimurskeesta. Suotovesien laatua valvotaan jatkuvalla reaaliaikaisella pH-mittauksella.

Läjitysalueita varten haettiin ympäristölupaa maankaatopaikalle. Ympäristölupa tämänkaltaiselle happamien sulfaattimaiden käsittelylle oli ensimmäinen laatuaan.

Ruoppausprojekti on päättynyt, ja läjitysalue on täytetty suunnitellusti. Alueen jälkiseuranta on osoittanut, että suotovesien pH-taso pysyy kohtuullisella tasolla, ja neutralointiprosessi toimii suunnitellusti.

Bilaga 4

Minneslista för hantering av sura sulfatjordar

Denna instruktion är sammanställd för hantering av sura sulfatjordar vid jordbyggnad och muddringsprojekt.

- Beakta risken för sura sulfatjordar före utförandet

Förekomsten av sura sulfatjordar vid ett jordbyggnadsprojekt kan påverka projektet tidsmässigt och kostnadmässigt. Beaktandet av sura sulfatjordar bör göras i planeringsskedet av projektet. Bakgrundsinformation kan fås från Geologiska forskningscentralens karttjänst för sura sulfatjordar. Karttjänsten ger riktlinjer för var högriskområden för sura sulfatjordar befinner sig.

- Utför markprover

Markprover kan utföras genom provborrningar på området. Markproverna analyseras för svavel och pH-värde. Sedimentprover kan utföras med provtagningsrör. Mätningar av pH-värde kan göras på fältet för bedömning av behovet av mer omfattande provtagning.

- Bedöm behovet av att bearbeta sulfatjordar

Sulfatjordar bearbetas företrädesvis inte. Föreligger behov av att gräva sulfatjordar, eller kan de lämnas orörda?

- Beakta deponering av sura sulfatjordar

Ifall sura sulfatjordar bearbetas och grävs upp behöver risken för oxidering av jordmassorna minimeras. Sura sulfatjordar skall företrädesvis inte mellanlagras före en slutlig deponering. Kan jordmassorna återplaceras i syrelöst tillstånd under vattennivå, eller kan de täckas in av rena jordarter? Närliggande små vattendrag utgör ett högriskområde för deponering av sura sulfatjordar. Kan de sura sulfatjordarna transporteras vidare till en sådan deponi, där den sura avrinningen är beaktad? Föreligger det ett behov av en småskalig neutraliseringsprocess på plats? För att skapa en neutraliseringsprocess krävs mer omfattande markprover.