

# FRYSAVVATTNING AV FIBERSEDIMENT

PILOTPROJEKT NR 4 INOM RUF5,  
REGERINGSUPPDRAG OM ÖKAD KUNSKAP  
FÖR ÅTGÄRDER AV FÖRORENADE SEDIMENT

2022-09-23



# FRYSAVVATTNING AV FIBERSEDIMENT

Pilotprojekt nr 4 inom RUF5, Regeringsuppdrag om  
ökad kunskap för åtgärder av förorenade sediment

## KUND

**Luleå Kommun**

## KONSULT

### WSP

121 88 Stockholm–Globen  
Besök: Arenavägen 7  
Tel: +46 10-722 50 00  
WSP Sverige AB  
Org nr: 556057-4880  
**wsp.com**

## KONTAKTPERSONER

Johan Hörnsten

[johan.hornsten@wsp.com](mailto:johan.hornsten@wsp.com)

UPPDRAGSNAMN  
20443040 Pilotförs  
frysavvattning fibersediment

UPPDRAGSNUMMER  
10330751

FÖRFATTARE  
Lukas Mustajärvi

DATUM  
2022-09-23

ÄNDRINGSDATUM

Granskad av  
Johan Hörnsten

Godkänd av  
Johan Hörnsten

# INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INTRODUKTION OCH BAKGRUND</b>	<b>5</b>
1.1	BAKGRUND PILOTFÖRSÖKET	5
	Syftet med	6
1.1.1	Kvicksilverförorenade sediment i kallhållsområdet	6
1.2	ORGANISATION	6
1.3	FRYSAVVATTNING	6
<b>2</b>	<b>GENOMFÖRANDE</b>	<b>8</b>
2.1	MUDDRINGSFÖRFARANDE OCH FIBERSEDIMENT	8
2.2	FRYSTORKNING	9
2.3	KEMISKA ANALYSER	13
2.3.1	Luft	13
2.3.2	Rejektvatten	13
<b>3</b>	<b>RESULTAT</b>	<b>14</b>
3.1	FRYSAVVATTNING	14
3.1.1	TS	14
3.1.2	Energiförbrukning och kapacitet	14
3.2	KEMISKA ANALYSER	15
3.2.1	Kvicksilver i luft	15
3.2.2	Halter i rejecktatten	15
<b>4</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>16</b>
4.1	TILLÄMPBARHET	16
4.1.1	Utförande	16
4.1.2	Energi- och effektbehov	17
4.1.3	Kostnad per ton avvattnat material	17
4.1.4	Begränsning och energibehov vid fullskala	18
4.2	HÅLLBARHET	18
4.3	KUNSKAPSUPPBYGGNAD	18
4.3.1	Erhållna erfarenheter	18
4.3.2	Fortsatt utveckling av tekniken	20
4.4	TILLSTÅND KOPPLADE TILL ANVÄNDNING AV METODEN	21
<b>5</b>	<b>REFERENSER</b>	<b>22</b>

## SAMMANFATTNING

WSP Sverige AB (WSP) har på uppdrag av Luleå kommun, genomfört ett pilotprojekt inom regeringsuppdraget för förorenade sediment, RUFs. Inom ramen för RUFs har flera myndigheter gemensamt fått i uppdrag att genomföra utredningar och kartläggningar för att ta fram bättre vägledningsmaterial för efterbehandlingsarbete av förorenade sediment.

Pilotförsöket har omfattat frysavvattnings av muddrade fibersediment. Pilotförsöket har visat att hög torrsubstanshalt (TS-halt) kan uppnås genom frysavvattnings av kvicksilverförorenade fibersediment. Avvattnings tekniken medför möjlighet till stor minskning av massornas volym, vilket skapar förutsättningar för ett mer kostnadseffektivt omhändertagande av residualen. Frysavvattningsmetoden bedöms ha potential vid åtgärder vid framför allt förorenade, lösa sediment med låg TS-halt och högt innehåll av organiskt material.

Under pilotförsöket har energiförbrukningen legat mellan 43 och 45 kWh/ton processat material. Vidare har pilotförsöket visat att det inte är lämpligt att driva avvattningsprocessen för långt då residual med TS-halter >80 % lätt orsakar problem med damning och hantering av materialet. Mätningar har visat att partikulärt kvicksilver förekommer i luft inne i anläggningen, men i halter underskridande Arbetsmiljöverkets hygieniska gränsvärden. Vidare har mätningar visat på låga halter av kvicksilver i rejektvatten som genomgått filtrering innan analys.

Metoden med avvattnings genom frysning bedöms kunna tillämpas i fullskala. Dock kvarstår att titta på frågan om att optimera kapaciteten på avvattningsanläggningen mot muddringsenhetens kapacitet samt frågan om att kunna tillgodse effektbehovet vid uppskalning av metoden.

# 1 INTRODUKTION OCH BAKGRUND

Med syfte att öka kunskapen om förorenade sediment har ett regeringsuppdrag initierats (RUFFS) med flera myndigheter inblandade med koppling till arbete med förorenade sediment (Naturvårdsverket, Sveriges geologiska undersökning, Statens geotekniska institut, Havs och vattenmyndigheterna samt Länsstyrelserna). Föreliggande rapport redovisar resultat från ett pilotförsök som utförts inom ramen för RUFFS. Inom pilotförsöket har frysavvattningsmetoden som avvattningssteknik av fibersediment testats.

## 1.1 BAKGRUND PILOTFÖRSÖKET

Vid omhändertagande av muddermassor på land, t.ex. vid sanering av förorenade sediment, finns vanligtvis ett stort behov av effektiv avvattningsmetod. Avvattningsmetoder syftar framför allt till att minska behovet av transporter i och med den volymminskning som sker hos muddermassor vid avvattningsmetoder, men även till att göra massorna mer hanterbara inför transport och kvittblivning.

Traditionella metoder, som t.ex. sedimentering eller avvattningsmetoder i geotuber ger en ökad TS-halt, men efter avvattningsmetoden är vatteninnehållet i massorna fortfarande relativt hög. En högre TS-halt kan i vissa fall uppnås med mekaniska metoder, men ofta till en högre kostnad.

Frysavvattningsmetoden är en metod som har potential att ge ekonomiska och miljömässiga fördelar i muddringsprojekt där kostnader för omhändertagande och kvittblivning av förorenade muddermassor bedöms bli av betydande omfattning. Frysavvattningsmetoden kan ge stor avvattningsmetodeffekt (hög TS-halt) genom frysning av vått sediment med efterföljande tining och torkning av det frysta sedimentet. En stor avvattningsmetodeffekt medför en stor volymreduktion muddrat sedimentet, minskat behov av transporter, samt mindre mängder/volymer för kvittblivning.

Luleå kommun har, genom Länsstyrelsen i Norrbottens län, fått bidrag från Naturvårdsverket för sanering av kvicksilverförorenade fibersediment utanför Karlshäll i Notviken i Lule älv. Pilotförsöket med frysavvattningsmetoden av fibersediment har genomförts i anslutning till saneringsåtgärderna i Notviken. Saneringen i Notviken har genomförts under sommaren 2021 och pilotförsöket har genomförts under vintern 2021-2022. Det fibersediment som användes i pilotförsöket har pumpats direkt från Notvikens botten, genom sugmuddring styrd av dykare, till IBC-tankar (1 m<sup>3</sup>) och sedan vidare in till frysavvattningsanläggningen. Frysavvattningsanläggningen inrymdes i en 40-fotscontainer, där alla stegen från infrysning, tining och torkning utfördes.

Arbetet har utförts av WSP Sverige AB på uppdrag av Luleå kommun. Underleverantör för pilotförsökets genomförande har varit Siccum AB.

Pilotförsökt har haft till syfte att:

- undersöka om tillräckligt hög TS-halt kan uppnås genom frysavvattnings av fibersediment för att de ska kunna omhändertas i en anläggning för termisk behandling
- undersöka metodens styrkor, svagheter och eventuella begränsningar
- undersöka om frysavvattnings är en ekonomiskt intressant metod i sammanhang där även kostnader för efterföljande omhändertagande av muddermassor inkluderas och inte bara kostnader för avvattningsen.

### 1.1.1 **Kvicksilverförorenade sediment i kallhällsområdet**

Karlshäll ligger cirka 5 km väster om centrala Luleå, vid Notviken i Lule älv. Under åren 1912–1962 bedrevs tillverkning av slipmassa på platsen. Under en tioårsperiod användes kvicksilver i processen för att förhindra mögelskador i massabalarna och under den tiden släpptes orenat processvatten ut i Notviken. Kvicksilverförorenat sediment ansamlades därför på delar av vikens botten, i ett område vid Notvikens södra strand. Kvicksilver har varit den dimensionerande föroreningen för den sanering av förorenade sediment som utfördes vid Karlshäll 2021.

## 1.2 ORGANISATION

Projektledare RUFSS – SGU (Jerry Forsberg)

Projektägare pilotförsök – Luleå kommun (Marianne Kallin)

Konsult för utförande av pilotförsök – WSP (Johan Hörnsten)

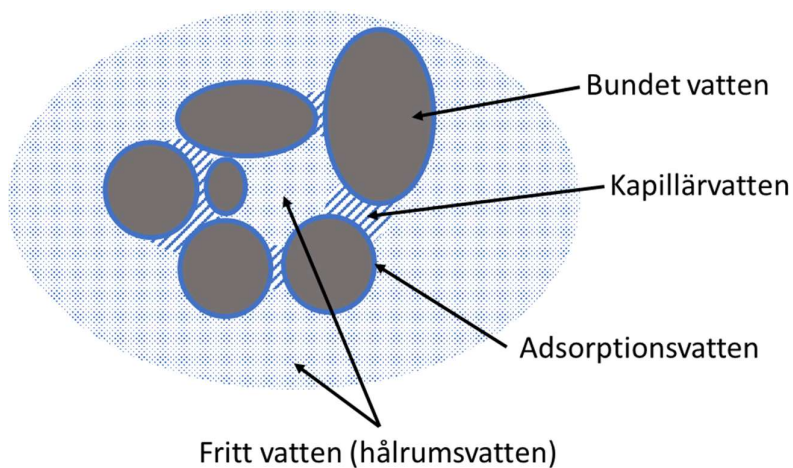
Underleverantör för genomförande – Siccum AB (Jens Eriksson)

## 1.3 FRYSAVVATTNING

Vatten associerat med partiklar och fasta matriser kan indelas i fyra kategorier, *fritt vatten* (hålrumsvatten), *kapillärvatten* (interstitial water, även kallat porvatten), *adsorptionsvatten* ("surface water", ska inte sammanblandas med en sjö eller bäck) och *bundet vatten*.

*Fritt vatten* är det vatten som inte är inkorporerat i materialmatrisen och kan i princip rinna av ett material och kan avlägsnas genom traditionell avvattnings (Figur 1). *Kapillärvatten* är det vatten som finns mellan partiklar i materialstrukturen och hålls kvar i materialet med kapillärkrafter. Kapillärkrafterna kan brytas genom mekanisk avvattnings och kan avlägsnas med hjälp av till exempel bälfilterpress eller avvattningscentrifug.

*Adsorptionsvatten* är det vatten som är associerat med partikelytor och (svagt) bundet (adsorberat) till materialstrukturen. Ytvatten är svårt att separera ut med hjälp av mekaniska avvattningsstekniker. *Bundet vatten* är kemiskt bundet i materialstrukturen.



Figur 1. Förekomst av vatten i sediment och slam.

Genom frysavvattning där nedfrysning och efterföljande upptining äger rum, frigörs *bundet vatten* och *adsorptionsvatten* till *fritt vatten* och *kapillärvatten*. I frysavvattning sker en fasomvandling vilket innebär en övergång från ett aggregationstillstånd till ett annat, där vattnet går från vätskeform till fast form (is). Vid övergång till fast fas ordnas vattenmolekylerna i en strikt formation vilken inte medger utrymme för andra atomer, molekyler eller partiklar, varpå partiklar och kontaminerande ämnen separeras ut från isstrukturen. Genom detta skeende erhålls *fritt vatten* (i fast fas) av det vatten som tidigare varit bundet till materialmatrisen, vilken består av mineralkorn och organiskt material, och kallas *soliden* och är den fasta delen av sediment. Det är viktigt att infrysning sker på ett sådant sätt att det bundna vattnet dras ut ur *soliden* och inte inkapslas av is. Separation mellan (frost) vatten och *soliden* i pilotförsöket illustreras i Figur 2. Genom en kontrollerad infrysning, avseende temperatur och tid, samt kontrollerad tining avseende temperatur, luftflöde och tid ges möjligheten att processa fram önskad TS-halt i *soliden*.

Det frigjorda vattnet, i form av fritt vatten och kapillärvatten, kan i princip självdunsta, men i regel torkas detta bort med hjälp av kontrollerad värme och luftflöde för att öka kapaciteten på avvattningen.



Figur 2. Material precis efter infrysning med tydlig separation mellan (frost) vatten och soliden.

## 2 GENOMFÖRANDE AV PILOTFÖRSÖKET

### 2.1 MUDDRING

Inom pilotprojekteet användes fibersediment med högt vatteninnehåll från utkanten av det sanerade området i Karlshäll i Notviken i Luleå. Sediment erhöles genom sugmuddring, styrd av dykare för att erhålla det ytliga sedimentet som inte sedimenterar gravimetriskt. Sedimentet pumpades direkt till IBC-tankar och sedan vidare in i frysavvattningsanläggningen, utan föregående avvattning eller annan bearbetning.

En fingervisning av egenskaper hos det sediment som använts i pilotförsöket ges från de undersökningar som genomfördes inför och i samband med saneringsarbetet i Karlshäll. Det ska noteras att det provtagna sedimentet till del motsvarar andra områden och sedimentdjup än det material som slutligen användes inom pilotförsöket. Undersökningarna visade att TS-halten i sedimenten i området var cirka 8% i medianvärde, 10% i medeltal och varierade mellan 4 och 50%. Organisk halt, mätt som glödningsförlust, var omkring 70% som medel- och medianvärde, och varierade mellan 3-98%. Innehållet av kvicksilver i undersökta sediment uppvisade medianhalter på omkring 14 mg/kg TS (Luleå kommun, 2019).

Initialt planerade pilotförsöket att använda sediment som var föravvattnat i geotuber. Dessa sediment bestod dock till största delar av bark och efter utförd avvattning i geotub var materialet inte längre pumpbart.



## 2.2 FRYSAVVATTNING

Den utrustning som nyttjats i pilotförsöket består av en infrysningsenhet och en tining/torkningsenhet (*Tina-tork*) inbyggd i en container, där sedimenten pumpas in i ena ändan och i den andra ändan matas färdigprocessat material (*residual*) ut. Materialet förs mellan enheterna i anläggningen med automatiska transportörer. Frysavvattningsanläggningen och processtegen redovisas schematiskt Figur 3.



Figur 3. Schematisk skiss av processteg i frysavvattningsanläggningen. Blå rektangel markerar steg som är integrerade i container.

I processen utgör muddringen det första steget (*Input*). IBC-tankar nyttjades som mellanlagringsplats för att balansera flödet till avvattningsanläggningen. Från IBC-tankarna pumpas materialet till infrysningssteget, via ett homogeniseringssteg, inne i containern. I Figur 4 visas det pumpbara materialet i homogeniseringssteget.

Infrysning sker med en kylenhet, där kyla genereras med hjälp av ett kylaggregat och kompressor. Infrysningen av material går på några minuter. Pumpning av material från IBC-tankarna medförde att materialflödet till infrysningsenheten kunde styras i detalj. Infrysningen sker med ett kontinuerligt flöde av muddrat material. I pilotförsöket har flödet kontinuerligt justerats med syftet att testa olika delar av systemet med ett flöde på i medeltal i storleksordningen 1 liter per minut.

Efter infrysning sker vad som kallas *Plundring*, där det infryssta materialet transporteras ut ur infrysningsenheten (Figur 5).

Via en transportör tas infrysst material från *Plundringen* vidare till *Pre-heat*-steget, där luftflöde tillsammans med värme appliceras för att snabbt torka bort fritt vatten och porvatten som bildats i samband med infrysningen. Detta görs för att vatten och det fasta materialet (soliden) inte ska sammanblandas. *Pre-heat*-steget är kortare än *Tina-tork*-steget där materialet tinas och vatten torkas bort för att uppnå önskad TS-halt. Material under tina-torksteget visas i Figur 7 och Figur 7. *Tina-tork*-steget pågår under några timmar beroende på önskat resultat.



Figur 4. Intaget material till homogeniseringssteget.



Figur 5. Materialet transporteras ut från infrysningsenheten (plundring).



Figur 6. Material vid tina-tork-steget.



Figur 7. Material vid tina-tork-steget.

Den värme som används i *Pre-heat*- och *Tina-tork*-steget genereras av kompressorn som genererar kyla för infrysningen. På så sätt återcirkuleras skapad värmeenergi och energiförluster minimeras. I *Pre-heat*- och *Tina-tork*-steget eftersträvas en temperatur på 38–42°C.

*Output* innebär avlägsnande av torkat material (residualen) ut från frysavvattningsanläggningen. Residualen kan föras över till exempelvis en förbränningsugn via transportband eller till container för vidare transport. Figur 8 visar residual från försöket.

Det vatten som erhålls i avvattningsprocessen avgår till största del som vattenånga, men en liten del rejektvatten i flytande form bildas. I pilotanläggningen fångades rejektvatten upp på plåtar under transportbanden och avleddes sedan från anläggningen. I en stationär anläggning kan ett mer permanent system för hantering av rejektvatten installeras, där t.ex. filtrering av rejektvatten kan ske, innan vidare avledning till recipient.



Figur 8. Residual efter frysavvattning.

## 2.3 KEMISKA ANALYSER

Inom ramen för pilotförsöket har analyser av luft och rejektvatten utförts. Samtliga kemiska analyser utfördes av det ackrediterade laboratoriet ALS Scandinavia. Analysrapporter i original redovisas i Bilaga 1.

### 2.3.1 Luft

Två luftprover togs ut inne i containern där försöket utfördes. Varje prov utgjordes av en del för partikulärt bundet kvicksilver och en del för kvicksilver i gasform. Kviksilver som mättes i svävande damm (partikulärt) fångades upp genom att pumpa luft över ett partikelfilter och kvicksilver i gasform fångades upp i för ändamålet avsedda kolrör, placerade efter partikelfiltret. Provtagning skedde med hjälp av från laboratoriet erhållen utrustning. Provtagningsflödet var 2 l/h, och provtagningstiden var 8 timmar för prov 1 och för 2 timmar för prov 2.

### 2.3.2 Rejektvatten

Två prover på rejektvatten togs ut, ett filtrerat och ett ofiltrerat. Provtaget vatten samlades från de plåtar under transportörbanden som fångar upp avrinnande vatten från avvattningsprocessen. Proverna analyserades med avseende på innehåll av kvicksilver samt löst organiskt kol (DOC).

## 3 RESULTAT

Nedan redovisas resultat från det utförda pilotförsöket.

### 3.1 FRYSAVVATTNING

#### 3.1.1 Torrsubstans (TS)

Torrsubstanshalter i ingående material efter homogenisering var 2-7 % av våtvikten, baserat på erfarenhet av TS-halt i pumpbart material. TS-halt i ingående material är omkring en fjärdedel av den TS-halt som uppmätts i provtagna sediment (Luleå kommun, 2019). Skillnaden förklaras av att materialet till frysavvattningsförsöket pumpats upp medan sediment tidigare i huvudsak provtagits med rörprovtagare.

TS-halt i frysavvattnat material var i medeltal 81–82 % (n=5), vilket är omkring 10 till 40 gånger högre än i material som förts in i frysavvattningsanläggningen.

Den höga TS-halt som erhöles i residualen medförde att materialet lätt dammade upp och var svårt att hantera.

#### 3.1.2 Energiförbrukning och kapacitet

Vid dimensionering av en frysavvattningsanläggning utgår beräkningen från att endast vatten ska behandlas. I praktiken innebär detta att kapaciteten blir högre än beräknat då muddermassor processas, eftersom de innehåller mindre vatten än vad anläggningen dimensionerats för.

I den anläggning som nyttjades för pilotförsöket processades omkring 0,5 ton muddrade massor per dygn, med en energiförbrukning på i snitt 43-45 kWh/ton processat material. En anläggnings slutgiltiga kapacitet och energiförbrukning styrs av den vattenhalt materialet som ska processas har. Energiförbrukningen kan inte överstiga 55 kWh/ton processat material vilket motsvarar infrysning av rent vatten. Inom projektet användes knappt 20% av pilotanläggningens maximala kapacitet, som ligger på omkring tre ton (rent vatten) per dygn. Kapaciteten hos den nyttjade anläggningen motsvarar drygt tre ton muddrat material per dygn.

Ingående steg i en frysavvattningsanläggning kan dimensioneras efter önskad produktionshastighet upp till maximalt 60 ton material per dygn per enhet (40-fot container). Infrysningssteget har en hög kapacitet och i dagsläget är tining och torkningen det begränsande steget. Tinings- och torkningssteget kan skalas upp för att få en bättre balans mellan infrysning och tining-torkning. Kapaciteten på *tina-tork*-steget ökar om en lägre TS-halt i residualen eftersträvas. Anläggningens totala kapacitet kan också öka genom att parallell band för *tina-tork*-steget installeras.

## 3.2 KEMISKA ANALYSER

### 3.2.1 Kvicksilver i luft

Resultat av mätning av kvicksilver i luft inne i frysavvattningsanläggningen redovisas i Tabell 1.

Partikelburet kvicksilver detekterades i båda analyserade prover. Inget kvicksilver kunde detekteras i prover på luft som passerat igenom filtren. Detta tyder på att oönskat eventuellt utsläpp av kvicksilver till omgivningen bör kunna åtgärdas genom att leda luft genom ett partikelfilter innan det släpps ut.

Det hygieniska gränsvärdet för exponering av kvicksilver under en arbetsdag på 20 µg/m<sup>3</sup> (Arbetsmiljöverket, 2018) underskreds för både partikulärt bundet som fritt kvicksilver.

Trots att resultaten från pilotförsök inte visar på överskridande av hygieniska gränsvärden för kvicksilver i luft inne i frysavvattningsanläggningen så bör varsamhet iakttas för att undvika onödig exponering av kvicksilver. Detta kan göras genom mätning av kvicksilver (partikulärt och fritt), för att säkerställa att hygieniska gränsvärden ej överskrides, begränsa vistelsetid inne i containern under drift, samt använda munskydd som avlägsnar framför allt partiklar i luft innan den andas in.

Tabell 1. Kvicksilver i luft, partikelbundet och fritt (gasfas) mätt inne i frysavvattningsanläggningen

	Prov	Filter 1	Kolrör 1	Filter 2	Kolrör 2
Mängd, Hg (partikelbundet)	µg tot	0,00648		0,00274	
Mängd, Hg (fritt)	µg tot		<2		<2
Luftflöde	l/min	2			
Provtagningsstid	h	8		2,1	
Pumpad volym luft	m <sup>3</sup>	0,96		0,247	
Koncentration, Hg (fritt)	µg/m <sup>3</sup>		<2		<2
Koncentration (partikelbundet)	µg/m <sup>3</sup>	0,007		0,011	

### 3.2.2 Kvicksilver i rejektvatten

Kvicksilver detekterades i både filtrerat och ofiltrerat prov av rejektvatten i halter över laboratoriets rapporteringsgräns (Tabell 2). Kvicksilverhalten i ofiltrerat prov var knappt 17 gånger högre jämfört med halten i filtrerat prov. Detta tyder på kvicksilver i rejektvattnet i huvudsak är partikelbundet. DOC-halten i filtrerat prov är något högre än i ofiltrerat prov och sammantaget tyder det på att kvicksilvret inte är associerat med löst organiskt kol, utan mer troligt till partiklar i rejektvattnet.

Uppmätta halter av kvicksilver i rejektvatten jämförs i Tabell 2 mot gränsvärden för klassificering av vattenförekomst, angivna i HVMFs 2019:25, riktlinjer för avloppsvatten från industrier och andra verksamheter framtagna av Stockholm Vatten och Avfall (SVOA, 2021), samt preliminära riktvärden för länshållningsvatten från Stockholms stad (Ej publicerade). Halter i filtrerat prov underskrider gränsvärde för maximal tillåten koncentration för både inlandsvatten och andra ytvatten. Gränsvärdet avser halt i filtrerat prov och jämförelse mot ofiltrerat prov är därför inte relevant. Halt i filtrerat prov underskrider SVOAs riktlinjer för utsläpp av länshållningsvatten, och samtliga

riktvärden för avledning av länshållningsvatten framtaget av Stockholms stad, medan halt uppmätt i ofiltrerat prov överskrider dessa jämförvärden. Detta visar att partikelavskiljning för rejektivattent sannolikt kan komma att krävas för utsläpp av rejektivatten till recipient.

Tabell 2. Kvicksilver och löst organiskt kol (DOC) i rejektivatten, i filtrerat ("F") och ofiltrerat prov, samt jämförvärden från HVMFs 2019:25, Stockholm vatten och avlopp (SVOA, 2021), samt riktvärden för utsläpp av länshållningsvatten framtagna av Stockholms stad (preliminära, ej publicerade)

	Prov	V1-F	V1	Jämförvärden		
				HVMFs Max. tillåten konc.	SVOA	Stockholms stad***
<b>Filtrering</b>	–	Ja	Nej			
<b>Hg, kvicksilver</b>	µg/L	0,016	0,268	0,07*	0,1**	0,04–0,1
<b>DOC</b>	mg/L	7,63	7,04			

\*Filtrerad halt.

\*\* Ofiltrerat prov.

\*\*\*Avser riktvärden för samtliga scenarion avseende tidsperiod och storlek på recipient. Tid: utsläpp sker mellan <1 månad till >1 år. Storlek på recipient: Vattendrag, Insjöar, inkl Brunnsviken och Mälaren eller kustvatten.

## 4 DISKUSSION

### 4.1 TILLÄMPBARHET

#### 4.1.1 Utförande

I Sverige finns många områden med stora mängder fiberrika sediment och fiberbankar. Den totala volymen har grovt uppskattats till omkring 7 miljoner m<sup>3</sup> (SGU, 2017). Material från fiberbankar är problematiska att omhänderta på land då de bland annat innehåller höga halter av organiskt material ofta i kombination med höga föroreningshalter. Den minskning av vatteninnehåll och resulterande volymminskning som uppnåtts genom frysavvattning av muddrat fibersediment, inom ramen för föreliggande pilotprojekt, visar på metodens potential för fortsatt tillämpning vid framtida efterbehandlingsprojekt. Frysavvattningsmetoden bedöms framför allt vara konkurrenskraftig i projekt där sediment med höga föroreningshalter, låg TS-halt och/eller hög organisk halt då kostnader för transport, omhändertagande och kvittblivning bedöms kunna reduceras avsevärt.

Frysavvattning är idag potentiellt tillämpbar på alla typer av material. Metodens nuvarande utformning där endast pumpbart material kan processas medför dock en begränsning. Anläggning för att avvattna fastare material finns i bänkskala, vilket potentiellt utökar möjligheten att använda metoden för avvattning för fler materialtyper än vad som testats i detta pilotförsök.

Frysavvattningsanläggningen som nyttjats i pilotförsöket inryms i en container och går därför att anpassa till att vara stationär eller mobil, vilket potentiellt kan ge fördelar i områden där tillgängliga ytor är begränsade. Frysavvattningsprocessen går att automatisera och genom tillämpning av larmnivåer för de olika stegen i processen kan övervakning ske online, vilket innebär relativt liten insats avseende tid för driftpersonal under själva produktionen.



### **4.1.2 Energi- och effektbehov**

Frysavvattning är en aktiv avvattningsmetod, som drivs med elektrisk energi. Energiåtgången är objektspecifik och åtgången av energi per ton processat material varierar med de specifika behov som varje enskilt projekt har.

Effektbehovet och den totala mängden elektrisk energi som behövs för att avvattna sediment ökar med volymen massor som ska processas och produktionshastigheten. Då stora volymer ska avvattnas under en kort tidsperiod (= hög produktionshastighet) är effektbehovet större jämfört mot situation då en liten mängd massor ska processas över en längre tid (= lägre produktionshastighet). Önskad TS-halt i residualen påverkar inte effektbehovet.

I den pilotskalanläggning som nyttjats i detta försök processades 0,5 ton muddermassor per dygn med en energiförbrukning på 43–45 kWh/ton processat material med ingående TS-halt på 2-7%. Energin förbrukas under infrysningen vilken genererar spillvärme. Önskad TS-halt i residualen beror av tid och påverkar inte energiförbrukningen. För att ett samband mellan energiförbrukning per frysavvattnad mängd material och TS-halt i residualen ska kunna etableras behöver processförloppet som är unikt för varje typ av material analyseras. Olika material, som till exempel avloppsslam, fibersediment, eller slam från olika typer av industriprocesser har olika egenskaper. Processförloppet är i regel komplext, då infrysning, tining och torkning går olika snabbt under processen, vilket gör det svårt att fastställa ett generellt samband. Fastställande av samband mellan energiförbrukning per avvattnad mängd material och TS-halt i residualen har inte varit en del av detta pilotprojekt.

Pilotförsöket utfördes under vintersäsong, med relativ låga utomhus-temperaturer. Under årstider med högre utomhustemperatur kan restvärme från infrysningsaggregatet möjligen räcka för att torka mer material. Detta har dock inte testats eller utvärderats inom föreliggande pilotprojekt.

### **4.1.3 Kostnad per ton processat material**

En kostnadsuppskattning för frysavvattning av sediment visar en energikostnad mellan 43 och 135 SEK/ton processat material antaget en energikostnad på 1-3 SEK/kWh. Kostnadsuppskattningen inkluderar inte kostnad för transport eller slutligt omhändertagande av materialet.

Kostnadsuppskattningen inkluderar inte heller kostnaden för frysavvattningsanläggningen. Beroende på projektets karaktär kan anläggningen köpas in eller hyras som del av entreprenaden.

Då frysavvattning medför stor volymreduktion av muddrat material, bedöms kostnad för transporter samt eventuellt omhändertagande genom deponering bli lägre än vid tillämpandet av andra avvattningsmetoder där en lägre TS-halt i regel uppnås.

Genom kompaktering av residualen med efterföljande brikettering/pelletering kan det avvattnade materialets volym i vissa fall minskas ytterligare. Detta har inte testats eller utvärderats inom ramen för pilotförsöket.

#### **4.1.4 Begränsning och energibehov vid fullskala**

Frysavvattningsmetoden är skalbar då flera frysavvattningsenheter kan arbeta parallellt för att anpassa produktionshastigheten, så länge tillgång till elektrisk effekt/energi finns. Teoretiskt kan hur många avvattningsenheter som helst köras parallellt för att processa vått sediment till torr residual.

Mål om hög TS-halt i residualen och hög produktionshastighet medför i praktiken ett stort energibehov. Idag saknas erfarenhet av användning av frysavvattningsmetoden vid projekt där stora volymer sediment ska avvattnas och omhändertas under en kort tidsperiod. Därför finns osäkerheter om tillgången till elektrisk effekt kan vara begränsande för att skala upp metoden eller då avvattningsmetoden behöver utföras med en hög produktionshastighet.

I den anläggning som använts till pilotförsöket har torkning-tining varit det kapacitetsbegränsande processteget. Genom att korta tiden i detta processteg eller öka kapaciteten med parallella transportörer kan större mängder muddrat material avvattnas i samma anläggning under samma tid.

## **4.2 HÅLLBARHET**

Anläggningen drivs med elektrisk energi och frysavvattningsmetoden kan utföras utan förbränning av fossila bränslen förutsatt att den energi som krävs till anläggningen produceras utan förbränning av fossila bränslen. I avvattningsanläggningen tas restvärme, som bildas för att skapa kyla för infrysningen, tillvara och används vid tining och torkning av infrysning. Detta medför att ingen extra värme behöver genereras för torkning av materialet.

Frysavvattningsmetoden medför förutom separation mellan vatten och soliden, även separation mellan vattenfasen och föroreningar (se avsnitt 1.3), utan tillsats av kemikalier. En viktig parameter i sammanhanget är också den begränsade mängden rejektvatten som bildas i frysavvattningsprocessen. Den största delen av vattnet avgår som vattenånga då infrysning material tinas och torkas, vilket innebär att avsevärt mindre volymer rejektvatten behöver hanteras jämfört med traditionella avvattningsmetoder.

Kemiska analyser (Tabell 2) visar att rejektvatten från processen kan behöva genomgå partikelavskiljning innan det kan släppas till recipient (se avsnitt 3.2.2). Utsläpp av kvicksilver till omgivande luft bedöms vara begränsat (se avsnitt 3.2.1).

Den höga TS-halt och medföljande volymminskning av processat material som erhålls vid frysavvattningsmetoden medför att behovet av transporter för vidare hantering av residualen kan minska avsevärt. Utöver att detta medför minskade kostnader medför färre transporter också minskade utsläpp av växthuspåverkande ämnen från fordon och minskad risk kopplad till tung trafik på vägar.

## **4.3 KUNSKAPSUPPBYGGNAD**

### **4.3.1 Erhållna erfarenheter**

Pilotförsöket bedöms ha gett tillräcklig information för att kunna dimensionera en anläggning i full skala för det aktuella projektet.

Pilotförsöket har visat att en effektiv produktion kan uppnås om tillräcklig restvärme, omkring 38-42°C som behövs i *pre-heat*- och *tina-tork*-steget kan genereras vid infrysningen.

Pilotförsöket har visat att frysavvattning kan tillämpas på fibersediment, för att uppnå en hög TS-halt i residualen med en relativt låg energiförbrukning, 43-45 kWh/ton processat material. I ett bänkskaleförsök där en annan typ av sediment, med TS-halt på 25%, avvattnades med HTC<sup>1</sup>-metoden var energiförbrukning omkring 550 kWh/ton TS (Sweco, 2021) med TS-halt i residualen på 70-80%.

Med en föravvattning genom sedimentation eller avvattning i geotub eller förtjockare innan frysavvattning skulle en mer energieffektiv process kunna erhållas eftersom vattenhalten i ett sådant material är lägre jämfört med material som inte genomgått föravvattning

Den TS-halt som kan uppnås genom frysavvattning innebär att förbränning av förorenade sediment med hög organisk halt kan bli ett kostnadsmässigt intressant alternativ för omhändertagande av residualen.

En slutsats från pilotförsöket var att torkningen av materialet kunde avbrutits vid en lägre TS-halt, eftersom residualen dammade och var svårhanterlig. Damning medför ett potentiellt problem ur arbetsmiljösynpunkt, med risk för inandning av förorenade dammpartiklar. Kemiska analyser av luft visar dock att kvicksilverhalter i luft underskrider arbetsmiljöverkets hygieniska gränsvärden (se avsnitt 2.3.1) i detta pilotprojekt. En TS-halt på omkring 60% bedöms i detta fall vara lämplig om residualen ska förbrännas. En lägre TS-halt i residualen medför att produktionshastigheten kan ökas. För varje enskilt projekt behöver en optimerad TS-halt hos residualen bestämmas.

Vidare har pilotförsöket visat att en relativt liten mängd rejektvatten bildas. Rejektvattnet innehåller låga föroreningshalter men kan behöva genomgå partikelavskiljning innan avledning till recipient.

---

<sup>1</sup> Hydrothermal carbonization

### 4.3.2 Fortsatt utveckling av tekniken

Principerna bakom frysavvattning kan teoretiskt tillämpas på alla typer av slam och sediment för att separera vatten från soliden. Inom detta pilotprojekt har en anläggning testats där endast pumpbart material kan processas. Frysavvattning av fastare, ej pumpbart material, har inte testats inom detta pilotprojekt, men ses som ett område där tekniken kan utvecklas.

Tillämpbarheten hos frysavvattning har inte testats i fullskala och generellt behöver anläggningens kapacitet öka för att anpassas mot muddringsenhetens kapacitet. Avvattningsmetoden bedöms dock vara lätt att skala upp. Inom föreliggande pilotprojekt har cirka 20% av den aktuella anläggningens kapacitet nyttjats. Vid ökat kapacitetsbehov kan flera frysavvattningsanläggningar drivas parallellt (se avsnitt 4.1.4). För en frysavvattningsanläggning med stor kapacitet behöver tillgången till elkraft säkerställas.

Ur ett antal avseenden behövs ytterligare utveckling för att effektivisera frysavvattningsprocessen och göra metoden mer användbar. Dessa listas nedan.

- För att göra metoden mer tillämpbar behöver processen optimeras för olika TS-halter i residualen, samt anpassas för olika typer av material som ska avvattnas. Inom pilotförsöket har anläggningen optimerats för att ge en TS-halt i residualen.
- För att uppnå bästa separation mellan vatten och soliden behövs ytterligare testning av temperatur i infrysnings- och torkningssteget.
- För optimering av infrysningen behövs också ytterligare testning av olika storlekar på de enheter som fryses in.
- För att få torkluften att bära så mycket vatten som möjligt, vilket syftar till att effektivisera torkningen, behövs ytterligare testning av luftflöden över torkbanden.
- I muddringssteget bedöms installation av en kvarn, som kan mala ner t.ex. bark och träfibrer, i ingående slang medföra att större bitar kan tas in i anläggningen. Detta har inte testats och utvärderats. Vidare kan installation av galler i muddringssteget användas för att sortera ut större stenar.
- Pilotförsöket genomfördes under en kall årstid. Eventuellt kan yttre temperatur påverka metodens effektivitet. Detta har inte utvärderats.

#### 4.4 TILLSTÅND KOPPLADE TILL ANVÄNDNING AV METODEN

Miljötillstånd krävs för att bedriva avvattning, hantering av förorenat material och muddermassor, samt för behandling och utsläpp av rejektivatten till recipient. Muddring klassas som vattenverksamhet och kräver tillstånd. En ansökan om tillstånd för vattenverksamhet prövas av Länsstyrelsen eller av mark och miljödomstolen. Vid muddring av mindre ytor räcker en anmälan till Länsstyrelsen i aktuellt län. Avvattning och vattenbehandling kan kräva tillstånd för miljöfarlig verksamhet. Inom ramen för en ansökan till mark- och miljödomstolen kan samtliga tillståndspliktiga moment med fördel samlas i ett tillstånd.

Utöver miljötillstånd kan andra tillstånd som bygglov, marklov eller strandskyddsdispens krävas för arbetet.

## 5 REFERENSER

Arbetsmiljöverket, 2018. Hygieniska gränsvärden. Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om hygieniska gränsvärden. AFS 2018:1. Ändringar införda till och med den 22 september 2021.

HVMFs 2019:25. Havs- och vattenmyndighetens författningssamling. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten.

Luleå kommun, 2019. Stadsbyggnadsförvaltningen. Avdelning Investering. Förfrågningsunderlag. Rambeskrivning. Totalentreprenad i Utökad samverkan. Miljöprojektet Karlshäll.

Luleå kommun, 2022. Miljöprojekt Karlshäll. Källa:  
[https://www.lulea.se/karlshall\\_besokt\\_2022-06-19](https://www.lulea.se/karlshall_besokt_2022-06-19).

Renasediment.se. Pilotförsök med frystorkning av fibersediment. Källa:  
<https://www.renasediment.se/forskning-utveckling/pilotprojekt-rufs/pilotforsok-med-frystorkning-av-fibersediment/>, besökt: 2022-06-19.

Renasediment.se, 2022. Information om pilotprojekt inom RUFs (Regeringsuppdrag om ökad kunskap för åtgärder av förorenade sediment).

SGU, 2017. Förorenade fibersediment i svenska hav och sjöar. SGU-rapport 2017:07. Författare: Johan Norrlin och Sarah Josefsson.

SVOA, 2021. Riktlinjer för avloppsvatten från industrier och andra verksamheter, framtagna av Stockholm vatten och avfall.

Sweco, 2021. Slutrapport. Bänkskaleförsök avseende HTC-behandling av sediment från Ala Lombolo. Uppdrag: HTC bänkskaleförsök. Uppdragsnummer: 30028221



UPPDRAGSNAMN  
Pilotförsök Frystork fibersediment

UPPDRAGSNUMMER  
10330751

## BILAGA 1 ANALYSRAPPORTER



## Analyscertifikat

Ordernummer	: LE2205945	Sida	: 1 av 3
Kund	: WSP Sverige AB	Projekt	: 10330751
Kontaktperson	: Thomas Hedin	Beställningsnummer	: 10330751
Adress	: Smedjegatan 24 972 31 Luleå Sverige	Provtagare	: Thomas Hedin
E-post	: thomas.hedin@wsp.com	Provtagningspunkt	: ----
Telefon	: 076-6986031	Ankomstdatum, prover	: 2022-05-13 15:25
C-O-C-nummer	: ----	Analys påbörjad	: 2022-05-13
(eller		Utfärdad	: 2022-05-30 11:06
Orderblankett-nummer)		Antal ankomna prover	: 2
Offertnummer	: HL2020SE-WSP-SVE0001 (OF190195)	Antal analyserade prover	: 2

### Generell kommentar

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultatet gäller endast materialet såsom det har mottagits, identifierats och testats. Laboratoriet tar inget ansvar för information i denna rapport som har lämnats av kunden, eller resultat som kan ha påverkats av sådan information. Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se vår webbplats [www.alsglobal.se](http://www.alsglobal.se)

Signatur	Position
	Laboratoriechef



Laboratorium	: ALS Scandinavia AB	hemsida	: <a href="http://www.alsglobal.se">www.alsglobal.se</a>
Adress	: Aurorum 10 977 75 Luleå Sverige	E-post	: <a href="mailto:info.lu@alsglobal.com">info.lu@alsglobal.com</a>
		Telefon	: +46 920 28 99 00





## Analysresultat

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analyspaket	Metod	Utf.
Matris: <b>VATTEN</b>		Provbeteckning		<b>V1-F</b>			
		Laboratoriets provnummer		LE2205945-001			
		Provtagningsdatum / tid		2022-04-28			
<b>Provberedning</b>							
Filtrering	Ja *	----	-	-	PP-FILTR045 (metaller och organiska ämnen)	W-PPFILTR-ORG01	PR
Filtrering	Ja	----	-	-	V-2-Hg-low	W-PP-filt-Hg	LE
<b>Metaller och grundämnen</b>							
Hg, kvicksilver	0.0160	± 0.0017	µg/L	0.001	V-2-Hg-low	W-AFS-17V2L	LE
<b>Övriga parametrar</b>							
DOC, löst organiskt kol	7.63	± 1.53	mg/L	0.50	DOC-IR	W-DOC-IR	PR

Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analyspaket	Metod	Utf.
Matris: <b>VATTEN</b>		Provbeteckning		<b>V1</b>			
		Laboratoriets provnummer		LE2205945-002			
		Provtagningsdatum / tid		2022-04-28			
<b>Metaller och grundämnen</b>							
Hg, kvicksilver	0.268	± 0.027	µg/L	0.001	V-2-Hg-low	W-AFS-17V2L	LE
<b>Övriga parametrar</b>							
DOC, löst organiskt kol	7.04	± 1.41	mg/L	0.50	DOC-IR	W-DOC-IR	PR

## Metodsammanfattningar

Analysmetoder	Metod
W-AFS-17V2L	Analys av kvicksilver (Hg) i naturliga vatten med AFS enligt SS-EN ISO 17852:2008 med låg rapporteringsgräns (LOR). Provet är surgjort med 1 ml HNO <sub>3</sub> (suprapur) per 100 ml före analys.
W-PP-filt-Hg	Filtrering låg Hg (SE-SOP-0259, SS-EN ISO 5667-3:2018)
W-DOC-IR	Bestämning av DOC med IR detektion enligt metod baserad på CSN EN 1484, CSN EN 16192 och SM 5310.

Beredningsmetoder	Metod
W-PPFILTR-ORG01*	Filtrering av prov före organisk analys med 0,45 µm nylonfilter.



**Nyckel:** **LOR** = Den rapporteringsgräns (LOR) som anges är standard för respektive parameter i metoden. Rapporteringsgränsen kan påverkas vid t.ex. spädning p.g.a. matrisstörningar, begränsad provmängd eller låg torrsbstanshalt.

**MU** = Mätosäkerhet

\* = Asterisk efter resultatet visar på ej ackrediterat test, gäller både egna lab och underleverantör

**Mätosäkerhet:**

*Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Evaluation of measurement data- Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.*

*Mätosäkerhet anges endast för detekterade ämnen med halter över rapporteringsgränsen.*

*Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.*

**Utförande laboratorium (teknisk enhet inom ALS Scandinavia eller anlitat laboratorium (underleverantör)).**

	<b>Utf.</b>
LE	Analys utförd av ALS Scandinavia AB, Aurorum 10 Luleå Sverige 977 75 Ackrediterad av: SWEDAC Ackrediteringsnummer: 2030
PR	Analys utförd av ALS Czech Republic s.r.o Prag, Na Harfe 336/9 Prag Tjeckien 190 00 Ackrediterad av: CAI Ackrediteringsnummer: 1163



---

## Analyscertifikat

---

Ordernummer	: LE2205961	Sida	: 1 av 3
Kund	: WSP Sverige AB	Projekt	: 10330751
Kontaktperson	: Thomas Hedin	Beställningsnummer	: 10330751
Adress	: Smedjegatan 24	Provtagare	: ----
	972 31 Luleå	Provtagningspunkt	: ----
	Sverige	Ankomstdatum, prover	: 2022-05-12 08:58
E-post	: thomas.hedin@wsp.com	Analys påbörjad	: 2022-05-20
Telefon	: 076-6986031	Utfärdad	: 2022-05-23 12:55
C-O-C-nummer	: ----	Antal ankomna prover	: 4
(eller			
Orderblankett-num			
mer)			
Offertnummer	: HL2020SE-WSP-SVE0001 (OF190195)	Antal analyserade prover	: 4

---

### Generell kommentar

Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat. Resultatet gäller endast materialet såsom det har mottagits, identifierats och testats. Laboratoriet tar inget ansvar för information i denna rapport som har lämnats av kunden, eller resultat som kan ha påverkats av sådan information. Beträffande laboratoriets ansvar i samband med uppdrag, se vår webbplats [www.alsglobal.se](http://www.alsglobal.se)

---

**Signatur**

**Position**

Ilia Rodushkin

Laboratoriechef

---

Laboratorium	: ALS Scandinavia AB	hemsida	: <a href="http://www.alsglobal.se">www.alsglobal.se</a>
Adress	: Aurorum 10	E-post	: <a href="mailto:info.lu@alsglobal.com">info.lu@alsglobal.com</a>
	977 75 Luleå	Telefon	: +46 920 28 99 00
	Sverige		



## Analysresultat

Matris: FILTER		Provbeteckning		Dag 1					
		Laboratoriets provnummer		LE2205961-001					
		Provtagningsdatum / tid		2022-04-26					
Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analyspaket	Metod	Utf.		
<b>Provberedning</b>									
Extraktion	Ja *	----	-	-	P-A6c	A-PVK042	LE		
<b>Metaller och grundämnen</b>									
Hg, kvicksilver	<2 *	----	µg tot	0.02	A-6c-low	A-AFS-UGTOT	LE		
Hg, kvicksilver (mg/m3)	<0.002 *	----	mg/m <sup>3</sup>	0.00002	A-6c-low	A-AFS-UGTOT	LE		
<b>Fysikaliska parametrar</b>									
Volym	0.960 *	----	m <sup>3</sup>	0.001	A-6c-low	A-AFS-UGTOT	LE		

Matris: FILTER		Provbeteckning		Filter 1					
		Laboratoriets provnummer		IOM2246					
		Provtagningsdatum / tid		LE2205961-002					
				2022-04-26					
Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analyspaket	Metod	Utf.		
<b>Provberedning</b>									
Uppslutning	Ja *	----	-	-	P-A6	A-PVK008-MW	LE		
<b>Metaller och grundämnen</b>									
Hg, kvicksilver	0.00648 *	----	µg tot	0.001	A-6-ADD	A-SFMS-A6	LE		

Matris: FILTER		Provbeteckning		Filter 2					
		Laboratoriets provnummer		IOM2247					
		Provtagningsdatum / tid		LE2205961-003					
				2022-04-26					
Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analyspaket	Metod	Utf.		
<b>Provberedning</b>									
Uppslutning	Ja *	----	-	-	P-A6	A-PVK008-MW	LE		
<b>Metaller och grundämnen</b>									
Hg, kvicksilver	0.00274 *	----	µg tot	0.001	A-6-ADD	A-SFMS-A6	LE		

Matris: FILTER		Provbeteckning		Dag 2					
		Laboratoriets provnummer		LE2205961-004					
		Provtagningsdatum / tid		2022-04-26					
Parameter	Resultat	MU	Enhet	LOR	Analyspaket	Metod	Utf.		
<b>Provberedning</b>									
Extraktion	Ja *	----	-	-	P-A6c	A-PVK042	LE		
<b>Metaller och grundämnen</b>									
Hg, kvicksilver	<2 *	----	µg tot	0.02	A-6c-low	A-AFS-UGTOT	LE		
Hg, kvicksilver (mg/m3)	<0.002 *	----	mg/m <sup>3</sup>	0.00002	A-6c-low	A-AFS-UGTOT	LE		
<b>Fysikaliska parametrar</b>									
Volym	0.247 *	----	m <sup>3</sup>	0.001	A-6c-low	A-AFS-UGTOT	LE		



## Metodsammanfattningar

Analysmetoder	Metod
A-AFS-UGTOT*	Bestämning av kvicksilver (Hg) i absorbent med AFS enligt SS-EN ISO 17852:2008 efter uppslutning av prov enligt SE-SOP-0886 (OSHA-ID-140).
A-SFMS-A6*	Bestämning av metaller i damm på MCE filter med ICP-SFMS enligt SS-EN ISO 17294-2:2016 och US EPA Method 200.8:1994 efter uppslutning enligt A-PVK008-MW. För hygienska gränsvärden för damm på filter hänvisas till Arbetsmiljöverkets författningssamling AFS 2018:1.

Beredningsmetoder	Metod
A-PVK008-MW*	Upps lutning av damm på MCE filter i salpetersyra/fluorvätesyra i mikrovågsugn enligt SE-SOP-0687.
A-PVK042*	Kungsvattenlakning av Hg-absorbent enligt SE-SOP-0886 (OSHA-ID-140).

**Nyckel:** **LOR** = Den rapporteringsgräns (LOR) som anges är standard för respektive parameter i metoden. Rapporteringsgränsen kan påverkas vid t.ex. spädning p.g.a. matrisstörningar, begränsad provmängd eller låg torrsbstanshalt.

**MU** = Mätosäkerhet

\* = Asterisk efter resultatet visar på ej ackrediterat test, gäller både egna lab och underleverantör

### Mätosäkerhet:

**Mätosäkerheten anges som en utvidgad osäkerhet (enligt definitionen i "Evaluation of measurement data- Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beräknad med täckningsfaktor lika med 2 vilket ger en konfidensnivå på ungefär 95%.**

**Mätosäkerhet anges endast för detekterade ämnen med halter över rapporteringsgränsen.**

**Mätosäkerhet från underleverantör anges oftast som en utvidgad osäkerhet beräknad med täckningsfaktor 2. För ytterligare information kontakta laboratoriet.**

### Utförande laboratorium (teknisk enhet inom ALS Scandinavia eller anlitat laboratorium (underleverantör)).

	Utf.
LE	Analys utförd av ALS Scandinavia AB, Aurorum 10 Luleå Sverige 977 75 Ackrediterad av: SWEDAC Ackrediteringsnummer: 2030

## VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 48 700 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Så tar vi ansvar för framtiden.

**wsp.com**

### WSP Sverige AB

121 88 Stockholm–Globen  
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00  
Org nr: 556057-4880  
**wsp.com**

