

Dnr 2013-01629 tillhörande granskningshandling juni 2023

# Förorenade sediment

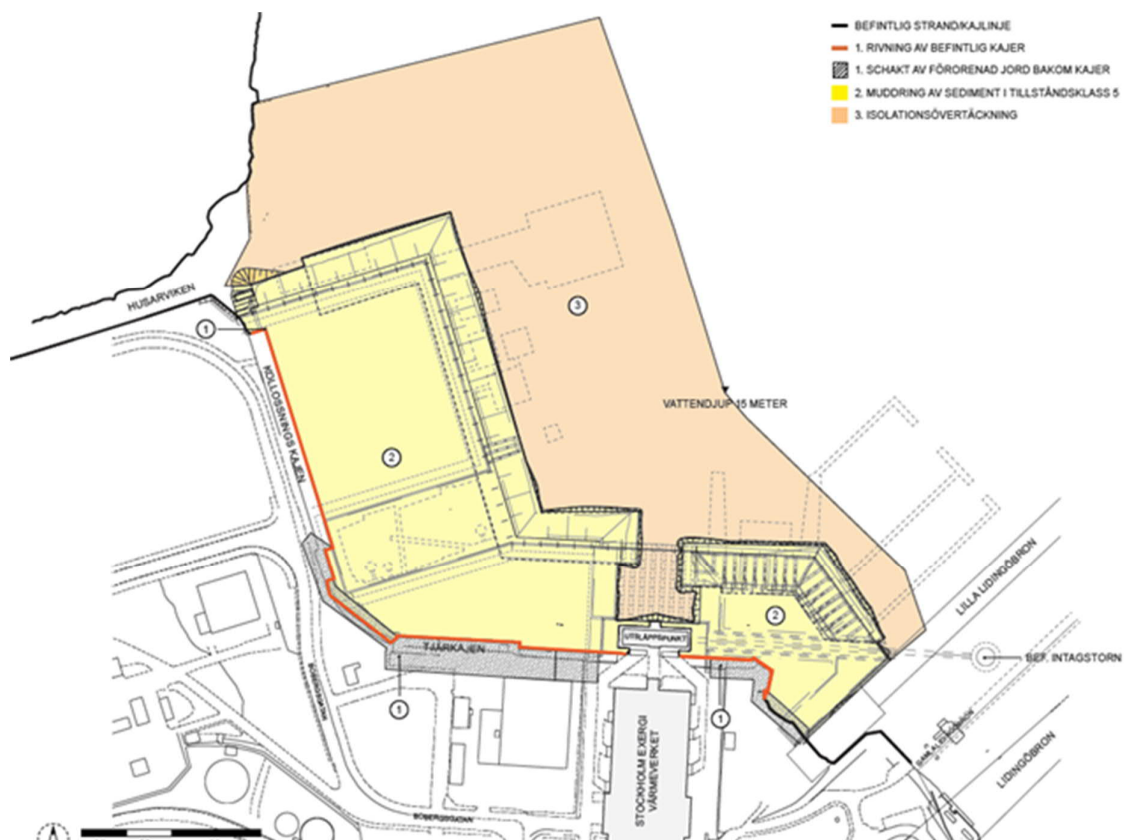
Detaljplan för del av Hjorthagen 1:3,  
Kolkajen inom Norra Djurgårdsstaden



# FÖRORENADE SEDIMENT KOLKAJEN, NORRA DJURGÅRDSSTADEN

## UNDERLAG DETALJPLAN

2023-06-21



# FÖRORENADE SEDIMENT KOLKAJEN, NORRA DJURGÅRDSSTADEN

## Underlag Detaljplan

Uppdragsnamn	19129793 SE-Miljökontr. markrening Kolkajen
Uppdragsnummer	10330480
Författare	Marie Arnér
Datum	2023-06-21
Ändringsdatum	
Granskad av	Helena Furst (WSP Sverige AB), Helén Österberg (Stockholms stad)
Godkänd av	Helena Furst

## KUND

### Exploateringskontoret Stockholms stad

Stora Projekt/Norra Djurgårdsstaden

Helén Österberg, NDS Beställarstöd Markmiljö

076-767 88 77, helen.osterberg@extern.stockholm.se

## KONSULT

### WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen

Besök: Arenavägen 7

Tel: +46 10-722 50 00

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

**wsp.com**

## KONTAKTPERSONER

WSP Sverige AB

Helena Furst, uppdragsansvarig

010-722 83 37, helen.furst@wsp.com

Arnér Consulting AB

Marie Arnér, utredare

070-309 64 03, marie@arner-consulting.se

# INNEHÅLL

## SAMMANFATTNING

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>6</b>
1.1	BAKGRUND OCH SYFTE	6
1.2	AVGRÄNSNINGAR	7
<b>2</b>	<b>PLATSBESKRIVNING - VATTENOMRÅDET</b>	<b>7</b>
2.1	NUVARANDE VERKSAMHET	8
2.2	PLANERAD VERKSAMHET	8
<b>3</b>	<b>FÖRORENINGSSITUATIONEN</b>	<b>9</b>
3.1	BEDÖMNINGSGRUNDER	9
3.2	STATUSKLASSNING LILLA VÄRTAN	9
3.3	YTVATTEN	10
3.4	SEDIMENTATIONSHASTIGHET OCH FÖRORENINGSHALTER I SEDIMENTFÄLLOR	11
3.5	SEDIMENT	12
<b>4</b>	<b>RISKBEDÖMNING OCH ÅTGÄRDSBEHOV</b>	<b>15</b>
4.1	HÄLSORISKER	15
4.2	MILJÖRISKER	16
4.3	SPRIDNING	16
4.3.1	Omfördelning av sediment	16
4.3.2	Effekter av propellerströmning	17
4.4	ÅTGÄRDSBEHOV	17
<b>5</b>	<b>PLANERADE ÅTGÄRDER I VATTEN</b>	<b>18</b>
5.1	RIVNING AV KAJER OCH SCHAKT AV JORD INNANFÖR KAJ	18
5.2	MUDDRING AV SEDIMENT KLASS 5	19
5.3	ÖVERTÄCKNING	19
5.4	DJUPSTABILISERING	20
5.5	MUDDRING AV SEDIMENT KLASS 1-4	20
5.6	UTFYLLNAD	21
5.7	FLYTANDE KONSTRUKTIONER	21
<b>6</b>	<b>UPPFÖLJANDE KONTROLL</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>SLUTSATS</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>REFERENSER</b>	<b>23</b>

## BILAGA

Bilaga 1 Interpolerade kartor över utbredning av förorenade sediment på olika djup.

# SAMMANFATTNING

Inom detaljplaneområdet Kolkajen i del av Hjorthagen 1:3, Norra Djurgårdstaden planerar Stockholms stad för kvartersmark, allmänna platser samt centrum- eller kontorsändamål i en befintlig byggnad med kulturmiljövärde (f.d. vattengasverket, Hus 22).

Underlag till detaljplanen avseende föroreningsrisker inom detaljplan Kolkajen redovisas i tre PM:

- Markföroreningar Kolkajen, Norra Djurgårdstaden. Underlag detaljplan.
- Förorenade sediment Kolkajen, Norra Djurgårdstaden. Underlag detaljplan.
- Föroreningar Hus 22 Kolkajen, Norra Djurgårdstaden. Underlag detaljplan.

Föreliggande PM beskriver föroreningssituationen i sediment och ytvatten samt planerade sedimentreningsåtgärder inom detaljplanens vattenområde och närliggande delar i Lilla Värtan. Denna PM är ett av underlagen för att bedöma detaljplanens lämplighet för planerat ändamål.

Cirka en fjärdedel av planområdet utgörs av vattenområde där nya landområden ska anläggas genom utfyllning med bergkross. Anläggandet kräver av tekniska skäl muddring av sediment ned till fast botten. Bottnar utanför muddrade områden kommer att övertäckas ned till ett vattendjup på 15 m.

Drygt hundra år av verksamhet vid Värtagasverket har medfört att höga halter och stora mängder tjärföroreningar finns i sediment inom detaljplanens vattenområde. Mängden tjärföroreningar har grovt uppskattats till mellan 40 och 50 ton. Tjära förekommer även som fri fas ("egen produkt") i sedimenten. Föroreningshalterna avtar med ökande sedimentdjup, men inom vissa områden har höga halter tjärföroreningar påträffats på flera meters djup i sedimentprofilen. Under förorenade sedimentskikt följer gyttjelera och lera vars halter av PAH16 klart underskrider de i ytliga sediment inom området och i andra delar av Lilla Värtan. Förhöjda halter av metaller och oljekolväten har påträffats, men i mindre omfattning och generellt där halterna av PAH16 har varit förhöjda.

Modellering av bottenströmning och föroreningsutbredning har visat att spridningen av de förorenade sedimenten har varierat över tid. Under gasverkets drifttid bedöms utbredningen framför allt ha styrts av punktutsläpp och vind- och vågpåverkan som successivt har flyttat sediment till större vattendjup. I dagsläget ger det närliggande värmeverkets drift upphov till en kraftig nordligt riktad bottenström, framför allt under vintersäsongen. Sedimentundersökningarna har visat en ökning av föroreningshalter jämfört med tidigare i ytliga sediment i en nordligt riktad plym. Utförda undersökningar har också visat att föroreningshalterna i sedimenterande partiklar är högst norr om värmeverket.

De höga halterna av PAH i sedimenten har inte avspeglats i ytvatten där föroreningshalterna i de flesta fall har varit låga och legat under analysernas rapporteringsgränser. En viss lokal förhöjning av PAH-föreningar kan ses i ytvattenprov närmast kajerna mot gasverksområdet. De högsta halterna av metaller och övriga analyserade ämnen har påträffats i Husarvikens mynning. I prov från övriga lokaler avviker halterna inte i någon större grad från andra delar av Lilla Värtan.

För genomförandet av detaljplanen finns ett behov av åtgärder för att människor inte ska komma i kontakt med de tjärförorenade sediment. Risken för detta är störst där vattendjupen är mindre. Åtgärder bör också vidtas där vattendjupet är mindre än 15 meter för att reducera risken för erosion orsakad av propellerrörelse från fritidsbåtar och till viss del pendlar- och skärgårdsbåtar.

Den planerade muddringen leder till att stora volymer av sediment med höga föroreningshalter avlägsnas. Utanför landvinningen kommer övertäckning av förorenade sediment att ske med ett ca 0,7 m isolerande och erosionsbeständigt material. Åtgärderna leder till att exponerings- och spridningsriskerna från dessa områden blir försumbar. En stor miljövinst med planerade arbeten i vatten är att den pågående spridning av förorenade sediment upphör från åtgärdade områden, vilket positivt bidrar till möjligheterna att nå miljö kvalitetsnormerna för Lilla Värtan. På vattendjup större än 15 m åtgärdas inte

bottnarna eftersom det bedöms som mycket osannolikt att människor som bor eller vistas inom detaljplaneområdet kan komma i kontakt med sediment på dessa vattendjup. De större vattendjupen reducerar också att risken för erosion orsakad av propellerrörelse från fritidsbåtar och pendlar- och skärgårdsbåtar. På dessa djup sker även en naturlig återhämtning genom successiv överlagring av renare sediment.

Borttagande och övertäckning av sediment leder till att det idag sparsamt förekommande djur- och växtlivet kommer att försvinna. På sikt, och genom tillskapande av nya bottenstrukturer på mindre vattendjup bedöms exploateringen dock kunna leda till bättre förutsättningar för etablering av vattenlevande organismer, inklusive fisk, jämfört med dagens situation.

Efter slutförda sedimentreningsåtgärder bedöms vattenområdet vara lämpligt för planerat ändamål.

# 1 INLEDNING

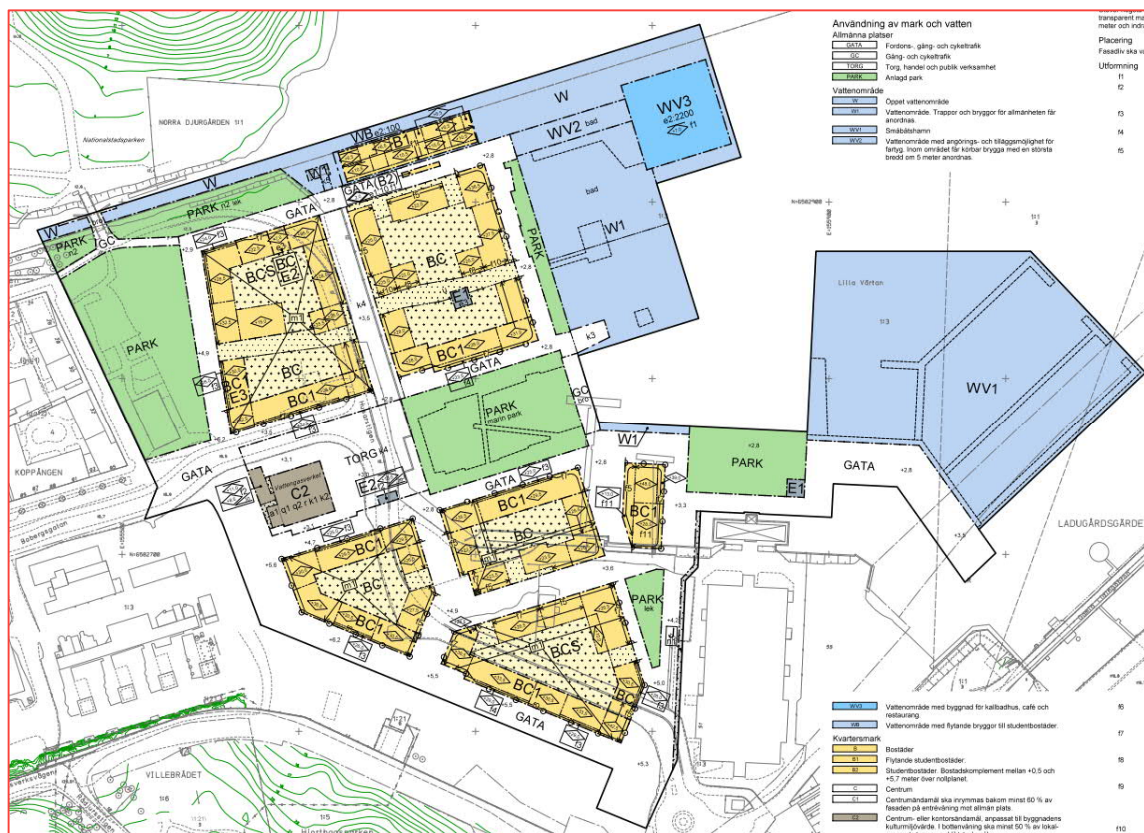
## 1.1 BAKGRUND OCH SYFTE

Inom detaljplaneområdet Kolkajen i del av Hjorthagen 1:3, Norra Djurgårdstaden planerar Stockholms stad för kvartersmark (bostäder, centrumverksamhet i bottenvåning och skola/förskola), allmänna platser (torg, anlagda parker, gator, gång- och cykelstråk) samt centrum- eller kontorsändamål i en befintlig byggnad med kulturmiljövärde (f.d. vattengasverket, Hus 22). Planområdet är ca 12 hektar stort, varav ca en fjärdedel utgörs av vattenområdet. Planområdet ligger mellan värmeverket inviad Ropstens tunnelbanestation i öster och Husarviken i nordväst (Figur 1).

Underlag till detaljplanen avseende föroreningsrisker inom detaljplan Kolkajen redovisas i tre PM (samtliga daterade 2023-06-21, WSP uppdragsnr. 10330480):

- Markföroreningar Kolkajen, Norra Djurgårdstaden. Underlag detaljplan.
- Förorenade sediment Kolkajen, Norra Djurgårdstaden. Underlag detaljplan.
- Föroreningar Hus 22 Kolkajen, Norra Djurgårdstaden. Underlag detaljplan.

Föreliggande PM beskriver föroreningssituationen i sediment och ytvatten samt planerade sedimentreningsåtgärder inom detaljplanens vattenområde och närliggande delar i Lilla Värtan. Denna PM är ett av underlagen för att bedöma detaljplanens lämplighet för planerat ändamål.



Figur 1. Utdrag ur Detaljplan för del av Hjorthagen 1:3 m.fl. Kolkajen i Norra Djurgårdstaden. Kolkajen i Norra Djurgårdstaden i stadsdelen Hjorthagen i Stockholm. Dp 2013-01629-54 (granskningshandling 2023-06-13). B = Bostäder, C = centrumändamål, C2 = Centrum- eller kontorsändamål, anpassat till byggnadens kulturmiljövärde (avser f.d. vattengasverket, Hus 22), S = Skola, PARK = Anlagd park (varav en marin park). W, W1, WV2, WV3 = vattenområde med eller utan bryggor, WV1 = småbåtshamn.

## 1.2 AVGRÄNSNINGAR

WSP har sammanställt denna PM avseende sediment för Stockholms stad som underlag till detaljplan för Kolkajen (Dnr 2013-01629-54). Sammanställningen är geografiskt avgränsad av detaljplanens gränser och närliggande områden i Lilla Värtan. I denna PM beskrivs miljö- och hälsorisker med nollalternativet och föreslaget planalternativ.

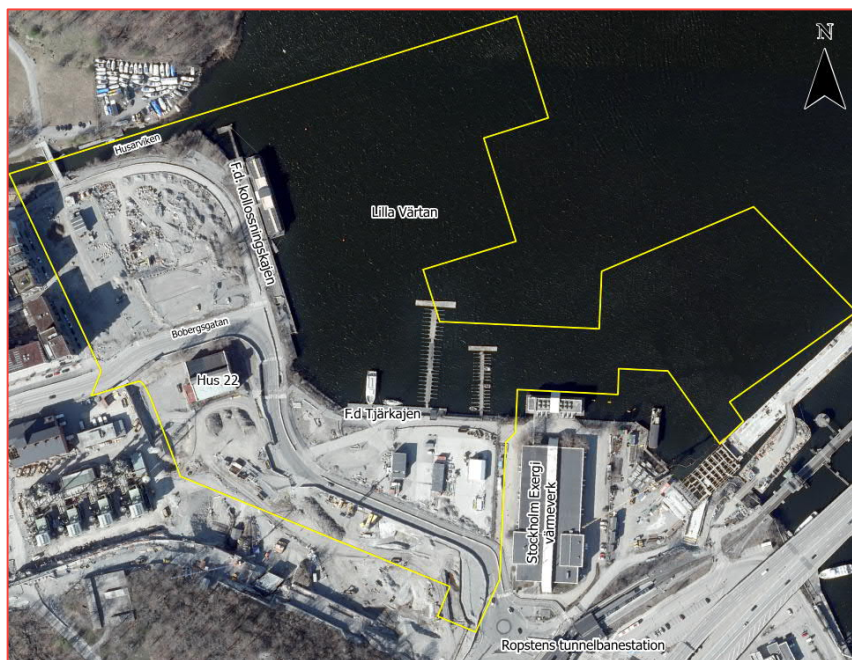
En ansökan om tillstånd för vattenverksamhet (m.m.) enligt miljöbalken inlämnades till Mark- och miljödomstolen i april 2023 (Stockholms stad 2023a). Risker som kan uppstå under genomförandet av åtgärder i vatten, skyddsåtgärder och föreslagna villkor redovisas i tillståndsansökan och beskrivs därför inte här. Ett tillstånd är en förutsättning för genomförandet av planförslaget. Entreprenaden inom område för sökt vattenverksamhet bedöms tidigast kunna starta 2025.

Sammanställningar och bedömningar baseras på det underlag som fanns tillgängligt under uppdrags-tiden (till maj/juni 2023).

## 2 PLATSBESKRIVNING - VATTENOMRÅDET

Planområdet ligger vid Lilla Värtan, i nordligaste delen av Norra Djurgårdsstaden. Stockholm Exergis värmepumpverk (hädanefter värmeverket) och Ropstens tunnelbanestation ligger i öster (Figur 2). I nordväst gränsar planområdet till Husarviken.

Inom området låg Värtagasverket som startade 1893 och lades ner 2011. Inom planområdet har det bland annat funnits vattengasverk, gasklockor, ammoniakfabrik, bensenframställning, råolje- och bensencisterner, tjärfabriker, tjärseparering och tjärfack. Längs kajerna har tjära, kol och koks lagrats, lastats och lossats från fartyg (Tjärkajen respektive Kollossningskajen) (Figur 2). Drygt hundra år av verksamhet vid Värtagasverket har medfört att höga halter och stora mängder av framför allt tjärföreningar finns i sediment inom detaljplanens vattenområde och i närliggande delar av Lilla Värtan.



Figur 2. Översikt över planområdet Kolkajen på ortofoto från april 2021 (Metria). Del av karta N101 i WSP, 2023a.

Marken inom landområdet är relativt plan och marknivåer bakom befintliga kajer och strandlinjer varierar huvudsakligen mellan ca +2,5 och ca +3,0 m (RH2000) (Stockholms stad 2023b). Kollossningskajen med anslutande spontkaj och träkaj, har samma nivå som bakomliggande markyta, ca +2,6 m. Detsamma gäller för värmeverket och för spontkajen vid småbåtshamnen. Längs övriga sträckor finns slänter ner mot vattnet. Tjörkajens nivå är ca +1,2 till ca +1,5 m. I övrigt avslutas slänten mot äldre utrivna kajkonstruktioner av trä vars nivåer varierar mellan ca +0 och +1 m.

Utanför kajerna är vattendjupet ca 3 m (se Figur 11, avsnitt 5). Inom det planerade landområdet i dagens vattenområde sluttar sjöbotten ned till ett vattendjup på ca 6 meter och därefter relativt brant ned till ett vattendjup på ca 15 meter. Farleden i Lilla Värtan är som djupast drygt 20 m.

## 2.1 NUVARANDE VERKSAMHET

Inom vattenområdet finns i dagsläget en småbåtshamn och en tilläggningsplats för pendlarbåt. Ingen hamnverksamhet bedrivs.

Direkt öster om planområdet ligger värmeverket som är och ska vara i drift under överskådlig tid. Verksamheten pågår dygnet runt, året om. Intaget för värmepumpanläggningarna ligger vid Gamla Lidingöbron, öster om Stockholm Exergi och vatten leds till värmeverket genom en intagstub som ligger på sjöbotten. Värmeverk har stor betydelse för strömförhållandena inom detaljplanens vattenområde och hur sedimentpartiklar sprids.

## 2.2 PLANERAD VERKSAMHET

Inom planområdet Kolkajen planerar Stockholms stad för en fortsatt utbyggnad av Hjorthagen med bostäder, service och verksamheter. Området beräknas rymma ca 1250 bostäder fördelade på sex kvarter med generellt fem till sju våningar, lokaler för kontor, handel och centrumfunktioner samt torg, kajer samt flera parker och rekreationsytor (Figur 3).

I norra halvan av planområdet, norr om nuvarande dragning av Bobergsgatan mot Husarviken, föreslås ett större kvarter med bostäder, centrumverksamhet i bottenvåningarna och en förskola. Kvarteret kommer delvis byggas på utfyllnad i vattnet. Här kommer även flytande konstruktioner för bostäder att skapas, liksom en pir för badmöjligheter, bryggor och kajanläggningar. I södra halvan av planområdet planeras för fyra bostadskvarter med centrumverksamhet i bottenplan och en förskola. Här kommer även en småbåtshamn att anläggas. Även den södra delen uppförs delvis på utfylld mark som idag är vattenområde. Utanför vattengasverket anläggs en torgplats samt en marin park med revstrukturer för att erbjuda livsmiljöer och lekplatser åt till exempel rovfisk, fåglar, fladdermöss och insekter.

För att skapa de nya landområdena i vatten krävs av tekniska skäl muddring av sediment ned till fast botten (Figur 11, avsnitt 5) (Stockholms stad 2023b). Omhändertagandet av sediment sker utanför detaljplaneområdet och beskrivs i tillståndsansökan (Stockholms stad 2023a). Sedimenten inom detaljplaneområdet har i dagsläget varierande föroreningsgrad och de mest förorenade sedimenten kommer att muddras och behandlas genom stabilisering och kemisk oxidation för att minska föroreningsnivåerna (Stockholms stad 2023b).

Bottnar utanför muddrade områden kommer att täckas över med ett isolerande och erosionsbeständigt material. Övertäckningen kommer att ske ned till 15 m vattendjup för att förhindra framtida spridning av föroreningar från dessa områden. I samband med arbeten i vatten kommer även mindre områden med förorenad jord innanför nuvarande kajlinje att schaktas ut. I avsnitt 5 beskrivs planerade arbeten i vatten mer i detalj.

### 3 FÖRORENINGSSITUATIONEN

Bedömningen av påverkan på särskilt förorenade ämnen och kemisk status (prioriterade ämnen) har utförts med utgångspunkt i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten (HVMFS 2019:25).

### 3.2 STATUSKLASSNING LILLA VÄRTAN

10330480 • 19129793 SE-Miljökontr. markrening Kolkajen | 9

Klassificeringen av den ekologiska statusen styrs av flera kvalitetsfaktorer, bland annat påverkan från hamnanläggningar, förekomst av vissa särskilt förorenande ämnen (till exempel koppar och zink), höga halter av kväve, fosfor och växtplankton. Flera kvalitetsfaktorer har undantag (mindre stränga krav eller tidsfrist) och miljökvalitetsnormen för vattenförekomstens ekologiska status är måttlig ekologisk status till 2039.

Styrande för bedömningen av kemisk ytvattenstatus är, förutom de så kallade "överallt överskridande prioriterade ämnen" kvicksilver och bromerad difenyleter, de sex prioriterade ämnena dioxiner, PFOS, antracen, kvicksilver (från punktkällor), bly och TBT. Den senaste beslutade miljökvalitetsnormen för kemisk status är god kemisk ytvattenstatus 2027. För bromerad difenyleter och kvicksilver gäller mindre stränga krav.

### 3.3 YTVATTEN

Sedan 2012 har föroreningshalter i ytvatten (ytligt vatten och bottenvatten) undersökts inom ramen för kontrollprogram för omgivningspåverkan av anläggningsentreprenader inom Norra Djurgårdsstaden (Figur 4). Mer än 100 analyser av PAH<sup>1</sup> och metaller (inklusive kvicksilver) har utförts. Därutöver har även alifatiska och aromatiska kolväten, BTEX<sup>2</sup>, PBDE<sup>3</sup>, PFAS<sup>4</sup>, organiska tennföreningar, cyanid (total och fri), kväve, fosfor, turbiditet och suspenderade ämnen undersökts vid ett varierande antal tillfällen.

Halterna av PAH-föreningarna har generellt varit låga och under rapporteringsgränsen i cirka 90 % av analyserade ytvattenprover. Fyra punkter har sedan 2017 provtagits cirka två gånger per år (Figur 4). I provpunkten cirka 300 m nordost om Kollossningskajen, har inga analyserade PAH-föreningar över rapporteringsgränserna påträffats (Golder 2019). I enstaka prover i de tre punkter som är belägna närmare kajerna har acenaften, acenaftylen, naftalen, fluoren, fenantren och antracen påträffats över respektive ämnes rapporteringsgräns. Halterna har underskridit MKN eller norska gränsvärden för årsmedel. Bens(a)pyren har inte påträffats över rapporteringsgränsen, som dock överskrider gränsvärdet för årsmedelvärde men underskrider gränsvärdet för maximalt tillåten koncentration. Fluoranten har påträffats över gränsvärdet för årsmedelvärde i cirka fem procent av proverna. Halterna i dessa prover underskrider gränsvärdet för maximalt tillåten koncentration.

Medelhalten koppar har överskridit bedömningsgrunden för särskilda förorenande ämnen med 10-30 %. Medelhalten zink i filtrerade ytvattenprover har överskridit bedömningsgrunderna två till tre gånger. De högsta metallhalterna har påträffats i Husarvikens mynning. I övriga provpunkter har metallhalterna legat på ungefär samma, men lägre, nivå. Övriga analyserade metaller har inte överskridit gränsvärdena.

Summa PFAS 11 har inte överskridit bedömningsgrunden för särskilda förorenande ämnen i de 18 analyserade vattenproverna. Medelvärdet för PFOS i ytvatten överskrider gränsvärdet för årsmedelvärde och ligger något över den nivå som har uppmätts i Lilla Värtan (Stockholms Stad, 2022b). Den högsta uppmätta halten PFOS har inte överskridit gränsvärdet för maximal koncentration. De högsta halterna har påträffats i Husarvikens mynning.

Alifatiska och aromatiska kolväten har påträffats strax över rapporteringsgränsen i enstaka prover. Med undantag för toluen i ett prov, har BTEX-ämnena inte påträffats i halter över respektive rapporteringsgräns. Organiska tennföreningar (däribland TBT) (11 analyser), PBDE (8 analyser) och cyanid (total och fri, 18 analyser) har inte påträffats över respektive analys rapporteringsgräns.

<sup>1</sup> PAH16: Summan av 16 analyserade polycykliska aromatiska kolväten (naftalen, acenaften, acenaftylen, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, pyren, bens(a)antracen, krysen, bens(b)fluoranten, bens(k)fluoranten, bens(a)pyren, dibens(ah)antracen, benso(ghi)perylen, indeno(123cd)pyren)

<sup>2</sup> BTEX: bensen, toluen, etylbensen, xylener

<sup>3</sup> PBDE: polybromerade difenyletrar

<sup>4</sup> PFAS: Perfluorerade alkylämnen

Sammantaget har de högsta halterna av analyserade ämnen påträffats i Husarvikens mynning. En viss lokal förhöjning av PAH-föreningar kan ses i ytvattnet inom planområdet.



Figur 4. Provpunkter för pågående omgivningskontroll av ytvatten i Lilla Värtan, åldersdatering av sediment samt turbiditetsmätningar.

### 3.4 SEDIMENTATIONSHASTIGHET OCH FÖRORENINGSHALTER I SEDIMENTFÄLLOR

Åldersdatering har genomförts på sedimentprofiler från Lilla Värtan (Figur 4), (Golder, 2019a). Resultaten visar att sedimentationshastigheten varierar mellan 0,2 och 1 cm per år i det undersökta området. Sedimentationen har i undersökta lokaler varit högst närmast Kollossningskajen (0,7 - 1 cm per år), följt av referenspunkten vid Tranholmen med 0,5 cm per år.

Dessa uppskattningar ligger i nivå med resultaten som presenteras i JP Sedimentkonsults (2022) undersökning där sedimentationshastigheten i Lilla Värtan varierade mellan 0,2 och 0,9 cm/år i fem undersökta punkter. I de två prover som kom från området norr om Lidingöbron uppskattades den årliga sedimentationshastigheten till 0,4 - 0,8 cm/år.

Enligt JP Sedimentkonsult (2022) bedöms ackumulationsförhållanden råda på bottnar med ett vattendjup större än sex meter i den del av Lilla Värtan som ligger norr om Lidingöbron. Detta motsvarar cirka 90 % av bottnarna i denna del av Lilla Värtan.

Under perioden 2016 - 2018 har provtagning med sedimentfällor undersökt halter av PAH16 i fallande sediment vid fyra tillfällen (Figur 5). De högsta medelhalterna, cirka 60 mg PAH16/kg TS, påträffades i sedimentfällor inom planerat muddringområde (Figur 9, Tabell 1).

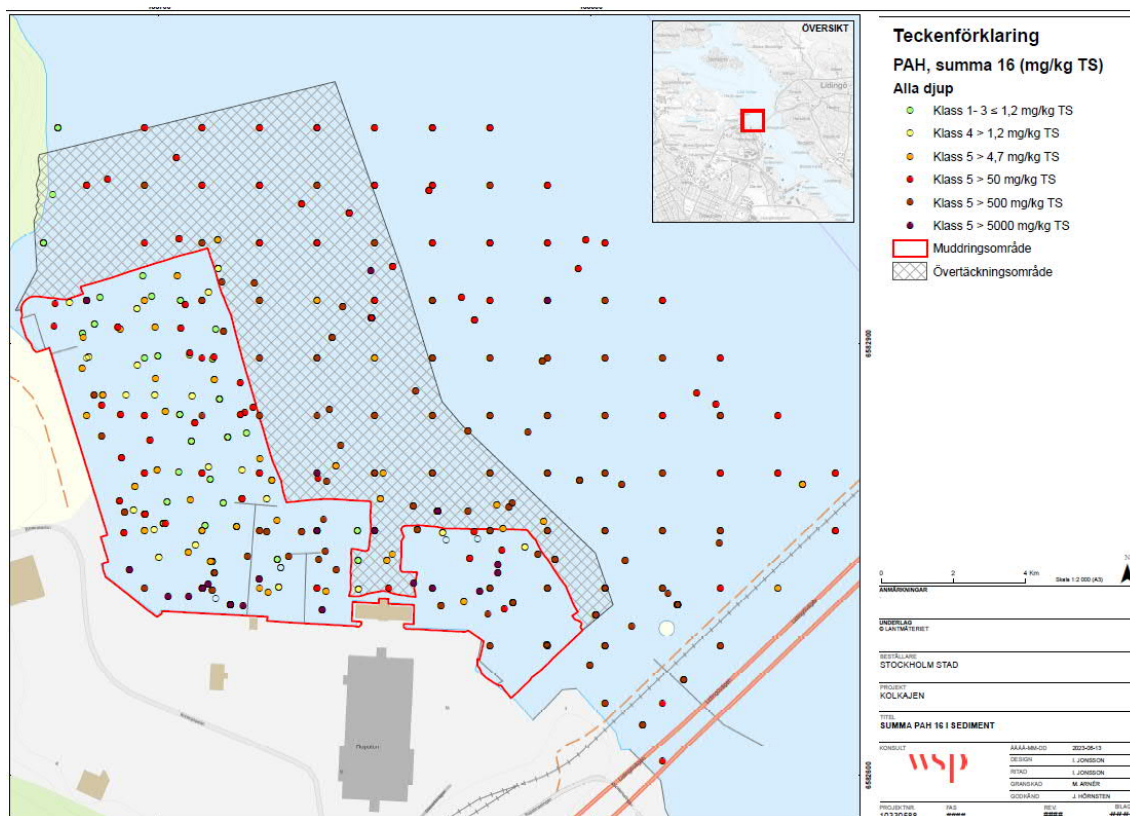
Halterna är i dessa punkter är högre än i ytsediment i norra delen av Lilla Värtan (cirka 5 mg PAH16/kg TS) (JP Sedimentkonsult, 2022), men väsentligt lägre än i ytliga sediment inom muddrings- och övertäckningsområdet (cirka 3 600 respektive 170 mg PAH16/kg TS) (WSP, 2023b). Undersökningarna utfördes innan markreningsåtgärderna inom f.d. Tjarkajen påbörjades på land.



Figur 5. Placering av sedimentfällor. De högsta halterna PAH16 i fallande sediment under 2016-2018 påträffades i punkter markerade med röd ellips (Golder 2019a).

### 3.5 SEDIMENT

Sediment utanför Kollossningskajen och Tjarkajen har undersökts i flera omgångar de senaste 20 åren och uppskattningsvis har cirka 1 500 prover analyserats med avseende på föroreningar (Figur 6) (Golder 2019a; Golder 2019b; Kemakta 2016a; Kemakta 2016b; WSP 2023b).

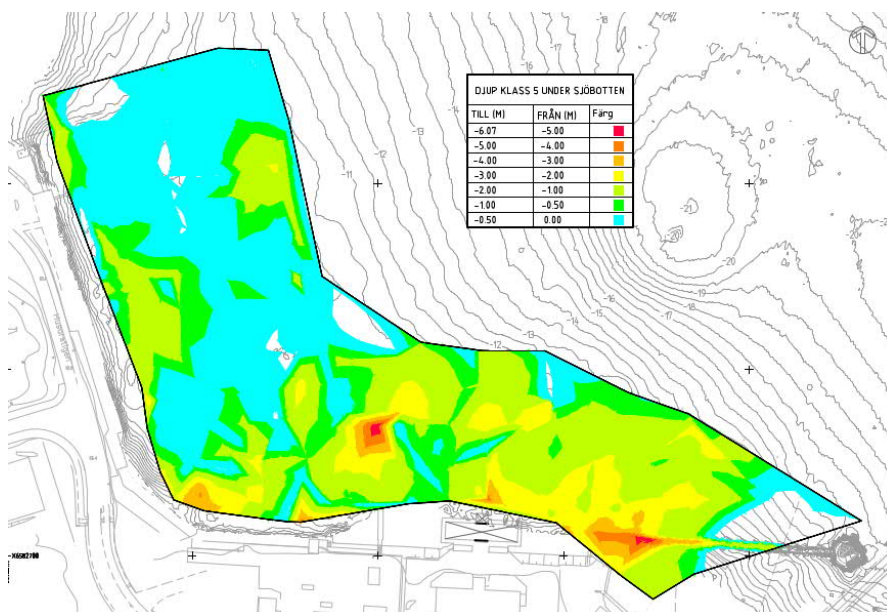


Figur 6. Provtagningspunkter inom muddringsområdet, övertäckningsområdet och närliggande punkter. Punkternas färg visar punktens högsta koncentration av PAH16, oberoende av djup i sedimentprofilen. Klass 1-3, klass 4 och klass 5 refererar till gränser i SGU 2017 (WSP 2023b).

Förhöjda till mycket höga halter av tjärföreningar, analyserade som PAH16, förekommer i sediment inom detaljplanens vattenområden och området för planerad vattenverksamhet (Figur 6). Mängden tjärföreningar i sediment i anslutning till planområdet har grovt uppskattats till cirka 50 ton (Golder, 2019a). De högsta halterna har påträffats utanför värmeverket, vidare längs Tjarkajen och fram till Kollossningskajen. Tjära i fri fas har noterats i sedimenten. Föreningshalterna avtar med ökande sedimentdjup, men ställvis har höga halter PAH16 påträffats på flera meters djup i leran (Figur 7). Även förhöjda halter av metaller och oljekolväten förekommer, normalt med de högsta halterna i den övre metern. De högre halterna av metaller och oljekolväten har generellt påträffats där halterna av PAH varit förhöjda. Utbredningen av PAH i plan och djupled är därmed styrande för risker i vattenområdet.

Föreningshalterna i sedimenten överstiger i de flesta fall gränsvärdena för kemisk status (antracen, fluoranten, tributyltenn (TBT), kadmium och bly), bedömningsgrunder för särskilda förorenande ämnen (koppar) samt internationella effektbaserade riktvärden (tex. kvicksilver, zink) (Golder 2019b; Kemakta 2016a; Kemakta 2016b; WSP 2023b).

Under 2022 har kompletterande provtagning utförts för att avgränsa sediment som ska muddras i klasserna 1–5 (WSP 2023b). Inom muddringsområdet avses cirka 67 000 m<sup>3</sup> klass 5-massor och cirka 150 000 m<sup>3</sup> klass 1–4 sediment att avlägsnas i samband med muddringen. Muddringsdjupet för sediment klass 5 bedöms variera mellan cirka 0,5 m till drygt 5 meter (Figur 7).



Figur 7. Interpolerad bedömning av omfattningen av muddring av sediment av klass 5 massor. I den sydöstra delen av området för muddringen är provpunktstätheten lägre och osäkerheten därmed större (Stockholms stad 2023b).

De högsta halterna av PAH16 och metaller påträffas generellt i de klass 5 sediment som ska muddras, följt av de inom övertäckningsområdet (Tabell 1). Djupare liggande sediment i muddringsområdet (klass 1–4) innehåller väsentligt lägre föroreningshalter och underskrider med marginal de halter som påträffas i Lilla Värtans ytsediment (Tabell 1, Figur 8).

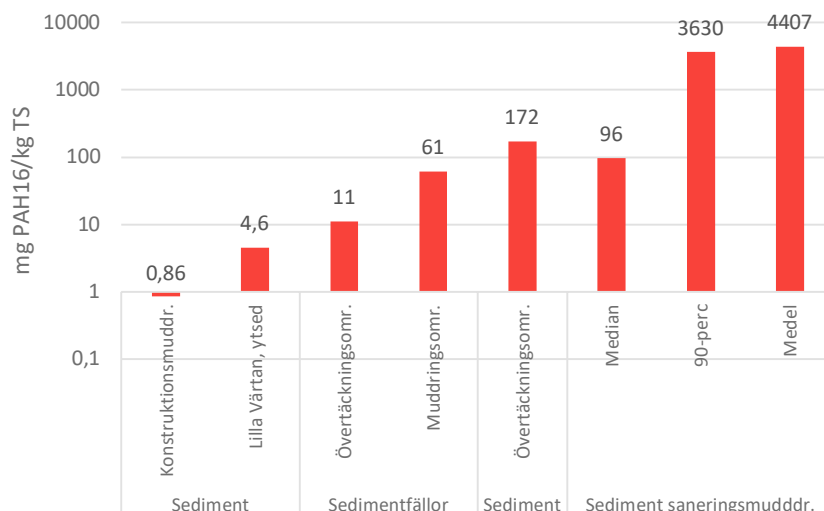
Tabell 1. Medelhalter i ytsediment i Lilla Värtan i jämförelse med medelhalter i muddermassor vid planerad muddring av sediment klass 1 – 4 och muddring av sediment klass 5. I tabellen redovisas även klassning av föroreningsnivån enligt SGU (2017) (organiska ämnen) alternativt Naturvårdsverket (1999) (metaller).

Ämne	Lilla Värtan, ytsediment		Muddring sediment klass 1–4		Muddring sediment klass 5		Övertäckningsområde	
	Medel	Klass	Medel	Klass	Medel	Klass	Medel	Klass
Arsenik mg/kg TS	7,2	1	5,6	1-2	15	1-5	11	1-3
Kadmium mg/kg TS	1,6	3-5	0,11	1	2	1-5	0,8	1-4
Kobolt mg/kg TS	21	2-3	14	2	11	1-2	15	1-2
Krom mg/kg TS	53	1-4	42	2-3	60	1-5	48	1-4
Koppar mg/kg TS	91	3-5	37	3	39	1-5	69	1-5
Kvicksilver mg/kg TS	0,5	3-4	<0,1	2	1,0	1-5	0,6	1-5
Nickel mg/kg TS	34	1-2	33	2-4	29	2-4	35	1-2
Bly mg/kg TS	84	3-5	18	1	106	1-5	65	1-5
Zink mg/kg TS	321	3-5	92	2-3	297	1-5	193	1-5
PAH 16 mg/kg TS	4,6	4-5	0,86	1-4 <sup>§</sup>	3630*	5	172	1-5
PCB 7 µg/kg TS	47	4-5	<0,4	1	1	1	<0,4	1
TBT, tributyltenn µg/kg TS	69	4-5	<1	2 <sup>#</sup> -3	<1	2 <sup>#</sup> -3	<1	2 <sup>#</sup> -3

# För TBT motsvarar klass 2 halter <1 µg/kg TS. Det innebär att i huvuddelen av analyserade prov på muddermassor har TBT inte detekterats

§ För PAH utgör klass 1 cirka 65 % av analyserade prov. Endast några % utgörs av klass 4.

\*Avser 90-percentilen av värden då ett fåtal mycket höga värden från en provpunkt har stor påverkan på medelvärdet. Medelvärde med och utan denna provpunkt är 4407 mg PAH16/kg TS respektive 819 mg PAH16/kg TS. Medianvärdet för de 135 prover som representerar området för muddring av sediment klass 5 är 96 mg PAH16/kg TS (se **Fel! Hittar inte referenskälla.**).



Figur 8. Medelhalter av PAH16 (mg/kg TS) i sediment i som planeras ingå i muddring av sediment klass 1 – 4, ytliga sediment i Lilla Värtan (0–2 cm) (JP Sedimentkonsult, 2022) och muddring av sediment klass 5 samt sediment i övertäckningsområdet. För klass 5 sediment inom muddringsområdet visas även median och 90-percentil av uppmätta halter vilket illustrerar den stora spridningen i halter inom området. I figuren redovisas även halter i fallande sediment (sedimentfällor) inom och utanför muddringsområdet. Observera att skalan på y-axeln är logaritmisk.

## 4 RISKBEDÖMNING OCH ÅTGÄRDSBEHOV

### 4.1 HÄLSORISKER

Längs kajerna förekommer sediment med höga halter av framför allt tjärföroreningar. Vattendjupet är där ca 3 m, vilket innebär att det inte kan uteslutas att människor kan komma i kontakt med kraftigt förorenade sediment och även tjära i fri fas. Även olägenheter i form av lukt och förekomst av oljefilm kan uppkomma.

Föroreningshalterna i ytvatten är låga och enstaka kallsupar vid bad innebär inte en risk (Golder, 2019a). Halterna av analyserade ämnen ligger generellt under Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten (LIVSFS 2017:2) och MKN. I enstaka provomgångar eller vattenprov har bensen, PAH4<sup>5</sup>, arsenik och nickel överskridit Livsmedelsverkets gränsvärde.

Föroreningshalterna har analyserats i fisk fångad inom och i anslutning till planområdet. Halterna i analyserade samlingsprov av fisk var låga och i de flesta fall under analysens rapporteringsgräns och förekommande gränsvärden. Kvicksilverhalten i större abborre överskrider MKN (HVMFS 2015:4) i alla prov och halterna i större abborre överskrider det generella gränsvärdet för kvicksilver i fisk (0,5 mg/kg våtvikt). Föroreningshalterna i fisk indikerar ingen lokal påverkan. Livsmedelsverkets generella kostråd för intag av fisk för olika befolkningsgrupper gäller även för fisk fångad inom och i anslutning av planområdet (Livsmedelsverket 2023).

<sup>5</sup> Benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(ghi)perylene och indeno(1,2,3-cd)pyren.

## 4.2 MILJÖRISKER

Vattenmiljön utanför Tjarkajen och Kollossningskajen är i nuläget art- och individfattig både avseende bottenfauna och bottenfast vegetation (Yoldia 2018a, Sveriges Vattenekologer 2018). Området har en artsammansättning av fisk som är vanlig för Stockholms inre skärgård (Yoldia 2018b). Kombinationen av antropogent modifierade strandlinjer, syrebrist i framför allt djupare botten, höga föroreningshalter i sedimenten, sparsam förekomst av bottenfauna och mycket begränsad utbredning av storvuxen växtlighet på bottenarna gör att vattenområdet utanför planområdet saknar väsentlig betydelse som reproduktions- och uppväxtområde för fisk. Föroreningshalterna i ytvatten är generellt låga, under effektbaserade riktvärden, och bedöms därför inte påverka frisimmande djur och växter i någon betydande utsträckning.

## 4.3 SPRIDNING

Spridningen av PAH-föreningar från sedimenten utanför detaljplaneområdet har grovt uppskattats till knappt 30 kg årligen (Golder 2019a; Sweco 2018). Den bedöms i dagsläget i första hand styras av värmeverkets vattencirkulation som sedan starten har bidragit till en omfördelning och spridning av sediment i en nordlig riktning. När värmeverket är i full drift flödar cirka 15 m<sup>3</sup> vatten/s ut ur verket rakt norrut. Under sommarperioden går värmeverket in i lågdriftsläge där utflödet ligger på cirka 1,5 - 2,0 m<sup>3</sup>/s. Verket kan även vara helt avstängt under sommaren. Om värmeverket är helt avstängt styrs strömförhållanden och suspension-resuspension utanför planområdet av naturliga förhållanden, till exempel vindinducerad bottenströmning, gravimetrisk förflyttning, båtars propellerrörelser, bioturbation och diffusion. I jämförelse med värmeverkets påverkan bedöms dessa processer vara av mindre vikt för spridning av sediment.

Spridning av sediment har modellerats (Sweco 2018; Sweco 2023), bland annat i syfte att utreda hur värmeverkets pumpning påverkar bottenströmningen vid dagens förhållanden och bedöma spridningen av PAH i nuläget.

### 4.3.1 Omfördelning av sediment

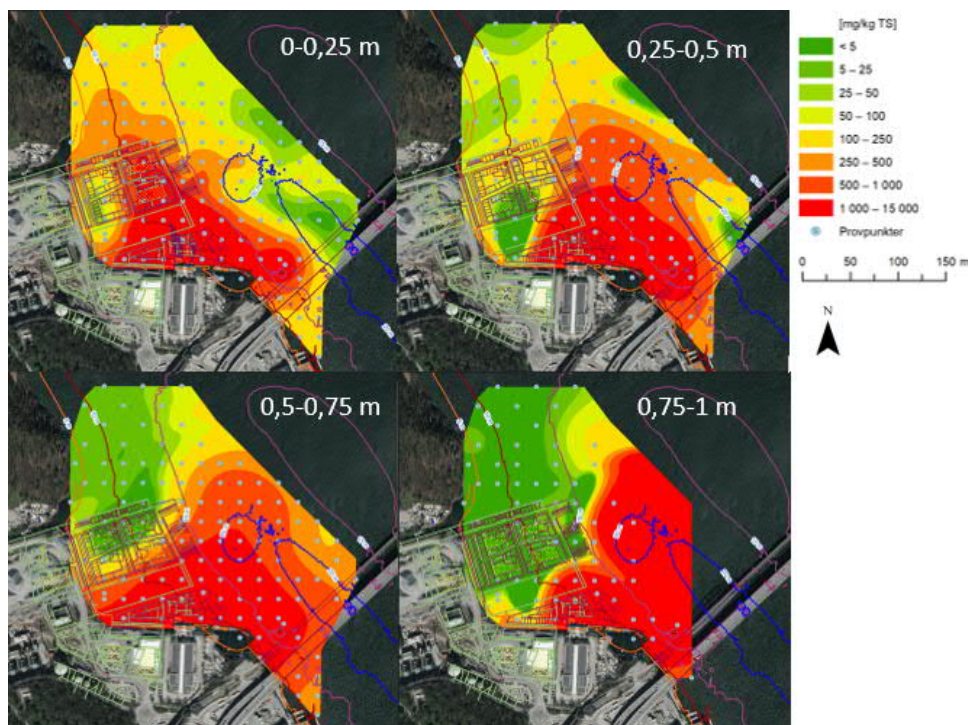
Modellering av bottenströmning och interpolation av halterna av PAH-föreningar i sediment från olika djupnivåer indikerar att spridningen av sedimenten utanför Kollossningskajen och Tjarkajen har varierat över tid. Utifrån åldersdatering och beräkning av sedimentationshastighet bedöms värmeverket framför allt påverka de översta sedimentlagren (0–25 cm) (Golder 2019a). Primär och sekundär spridning har orsakats och orsakas av:

- Gasverket i drift (1893–2011): utbredningen av förorenade sediment styrdes av punktutsläpp från gasverket och tillhörande verksamheter, lokal båttrafik samt vind- och vågpåverkan.
- Värmeverket i drift (1987 –): pumpning av vatten leder till en större strömning och sedimenttransport i nordlig riktning, framför allt under oktober – april.

Den interpolerade föroreningsutbredningen indikerar att två parallella processer påverkar utbredningen av PAH-föreningar i plan och djup (Golder, 2019a):

- Successiv överlagring med mindre förorenade sediment i de östra djupare delarna av undersökningsområdet. Det framgår av Figur 9 och bilaga 1 som visar att PAH-halten är lägre i skiktet 0–25 cm än i djupare liggande sedimentskikt, framför allt på vattendjup större än 15 m. Föroreningshalter som återfinns djupare i sedimenten representerar material som har avsatts under värmeverkets driftsperiod.
- Pågående omfördelning av förorenade sediment från källområdet vid Tjarkajen mot nord-nordväst, sker huvudsakligen på vattendjup mindre än 15 m. I Figur 9 ses detta som en "föroreningsplym" åt norr i sedimentskiktet 0–25 cm, jämfört med lägre halter i djupare sedimentskikt inom samma område.

Prover som har tagits cirka 1 km norr om exploateringsområdet (vid Uggleboviken) visade halter i nivå med bakgrundshalter i Lilla Värtan (cirka 5 mg PAH16/kg TS) och indikerar att ingen direkt påverkan från det mest förorenade området har skett.



Figur 9. Interpolerade PAH-halter på olika djup under sedimentytan (underlag från (Golder, 2019a). De indikerar 1) en successiv överlagring med mindre förorenade sediment där vattendjupet är större än 15 m. Jämför tex. föroreningshalterna öster om djupkurvan för 15 m i den nedre högra figuren (0,75–1 m under sedimentytan) med den övre vänstra figuren (0–0,25 m under sedimentytan). 2) Ökad utbredning av yttligt förorenade sediment i nordlig riktning. Jämför den övre vänstra (0–0,25 m under sedimentytan) med tex. den övre högra figuren (0,25–0,5 m under sedimentytan). Se även bilaga 1 för bättre upplösning och figur 11 för djupkurvor.

#### 4.3.2 Effekter av propellerströmning

Hastigheten i propellerströmmen har beräknats för mindre bulkfartyg, skärgårdsbåtar och fritidsbåtar (Sweco 2018; Sweco 2023). Beräkningar av maximala bottenhastigheterna för skärgårds- och SL-båtar visar att risken för erosion avtar kraftigt vid vattendjup större än ca 15 m. Det innebär att trafik med denna typ av båtar kan medföra en risk för spridning av förorenade sediment vid Kollossningskajen och Tjarkajen, framför allt på vattendjup mindre än 15 m.

Fritidsbåtar med motorer på 50 och 150 hk kan ge upphov till bottenerosion i områden där vattendjupet är mindre än 10 m. Erosion kan inte uteslutas ner till 15 m djup.

Spridningen orsakad av propellerrörelser har inte kvantifierats. Varaktigheten är relativt kort och hur långt partiklarna sprids styrs av fallhastigheten och rådande strömhastigheter i vattenmassan. Det innebär tex. att partiklar som suspenderas utanför värmeverket transporteras längre än motsvarande partiklar inne i Husarvikens lugnare vatten.

#### 4.4 ÅTGÄRDSBEHOV

För genomförandet av detaljplanen finns ett behov av åtgärder för att människor inte ska komma i kontakt med sediment med höga halter tjärföroreningar eller tjära i fri fas. Risken för detta är störst där vattendjupen är mindre.

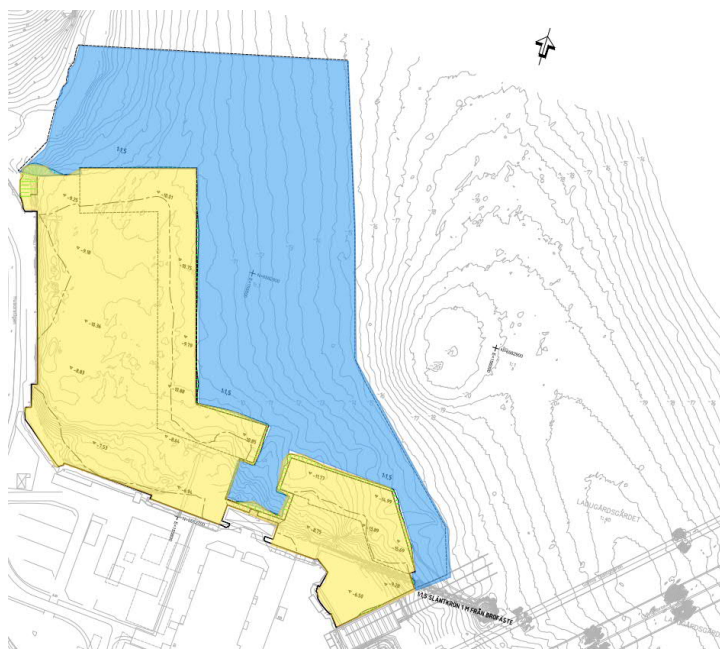


## 5.2 MUDDRING AV SEDIMENT KCLASS 5

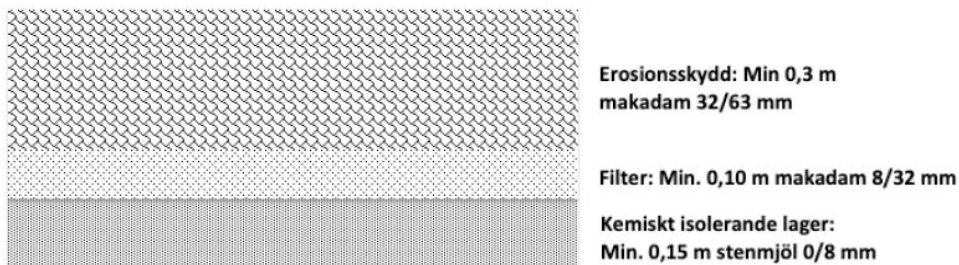
För att kunna bygga ut i vattnet måste lösa sediment tas bort. Det kommer göras i två steg där förorenade sediment (klass 5, se Figur 11) först muddras bort med viss marginal för att säkerställa att de avlägsnas (övermuddring). Inklusive övermuddring kommer cirka 67 000 m<sup>3</sup> klass 5-sediment hantearas. Muddringen kommer att göras innanför grumlingsskydd och i möjligaste mån när värmeverket har lågdriftsproduktion alternativt är avstängt. De uppmuddrade massorna planeras efter stabilisering och föroreningsreducerande oxidation nyttjas som grundläggningsmaterial i ett bergrum i närliggande kv Antwerpen (Södra Värtan), som omvandlas till parkeringsgarage. Grövre material kommer att sorteras ut ur de uppmuddrade massorna och transporteras till godkänd mottagningsanläggning. Överskottsvatten kommer att omhändertas i vattenreningsanläggningar vid Kolkajen och när gällande utsläppskriterier uppfylls släppas till Lilla Värtan (Stockholms stad 2022a).

## 5.3 ÖVERTÄCKNING

När de förorenade sedimenten avlägsnats kommer ett område med en yta av ca 55 000 m<sup>2</sup> att täckas med isolationsövertäckning för att förhindra spridning av föroreningar (Figur 11). Övertäckningen består av tre funktionella skikt (Figur 12). Ett kemiskt isolerande skikt av stensmjöl läggs direkt på de förorenade sedimenten. För att skydda detta läggs därefter ett mellanliggande skikt följt av ett erosionsskydd som dimensioneras för att klara de erosionskrafter som kan uppstå med hänsyn taget till värmeverket, båttrafik och vindinducerade strömmar. Inget grumlingsskydd bedöms behövas, men utläggningen planeras att göras med sluten skopa nära botten för att minimera grumling.



Figur 11. Ytor för muddring klass 5-sediment (gult) och övertäckning (blått). Från Stockholms stad 2023c.



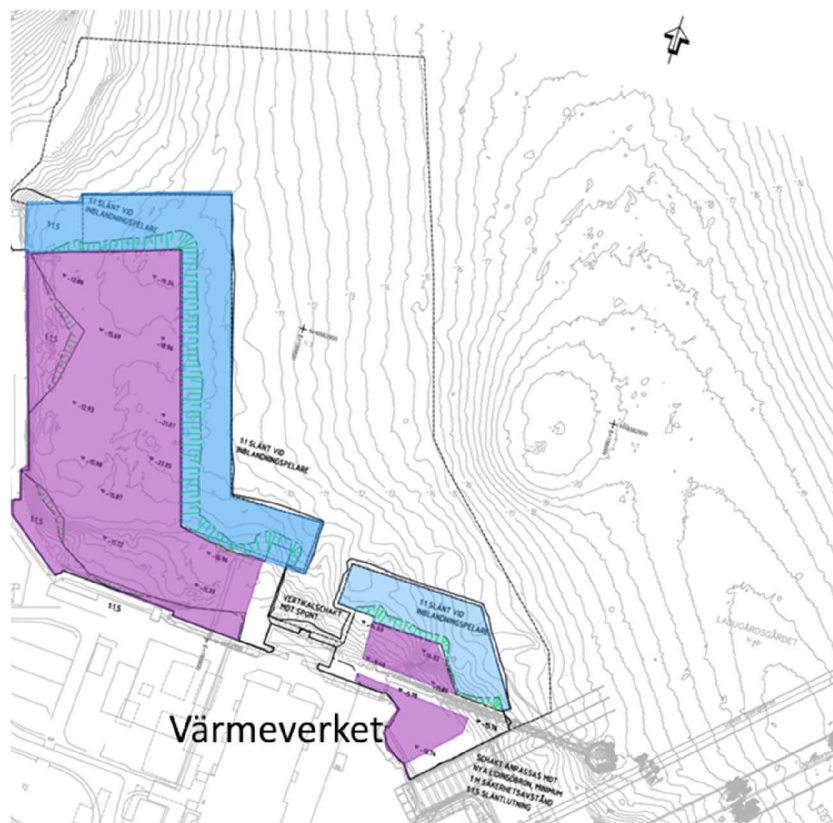
Figur 12. Principiell utformning av övertäckningen. Från Stockholms stad 2023b.

## 5.4 DJUPSTABILISERING

Innan landvinningen kan genomföras behöver delar av det muddrade bottenområdet stabiliseras genom installation av inblandningspelare under vatten (djupstabilisering) (Figur 13). En arbetsbädd installeras för att minska grumling varefter cement, cement/slagg eller motsvarande blandas in i de lösa bottensedimenten i ytterkanten av det område som ska fyllas ut. Arbetena kommer att genomföras innanför grumlingsskydd.

## 5.5 MUDDRING AV SEDIMENT KLAS 1-4

Lösa sediment med låga halter av föroreningar (klass 1-4) både väster och öster om värmeverket kommer att muddras upp (Figur 13). Volymen beräknas till totalt ca 150 000 m<sup>3</sup>. Muddring väster om värmeverket bedöms inte kräva grumlingsskydd. Öster om värmeverket kommer arbetena att utföras innanför grumlingsskydd för att skydda värmeverkets vattenintag.

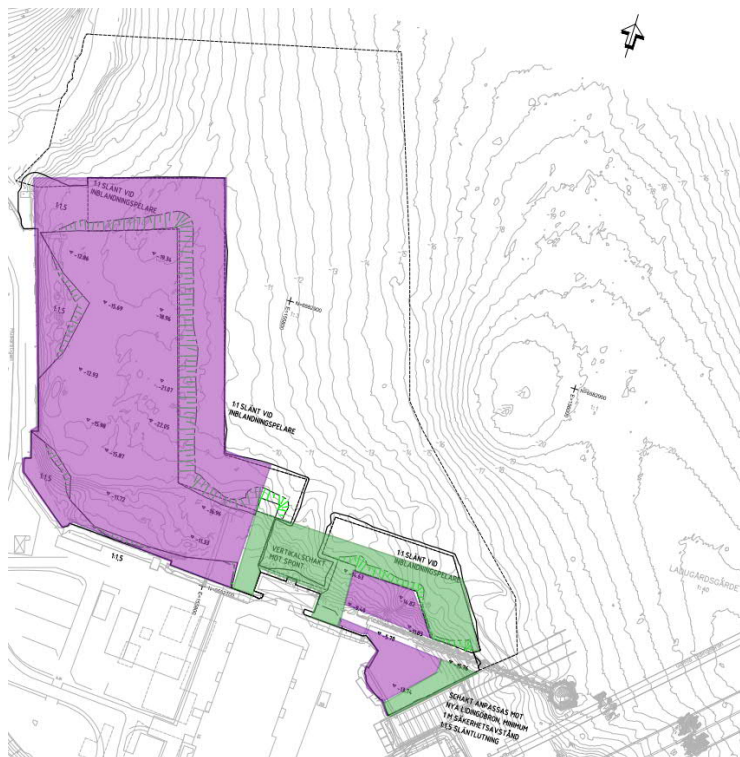


Figur 13. Djupstabilisering (blått) och muddring klass 1-4 sediment (lila). Från Stockholms stad 2023c.

## 5.6 UTFYLLNAD

Slutligen fylls områden såväl väster som öster om värmeverket ut med bergkross (Figur 14). Totalt bedöms 510 000 m<sup>3</sup> bergkross krävas. Bergkrossen kommer kontrolleras med avseende på innehåll av kväve och sulfider. Framför och öster om värmeverket uppförs påldäck och påldäckskajer. Utfyllnaden genomförs med hjälp av botten tömmande pråm och arbetsmaskiner från land. Materialet packas intervallvis. Inget grumlingskydd bedöms behövas vid utfyllnadsarbetena.

Ovanpå utfyllnaden kan därefter den nya markytan med byggnader och allmänna platser anläggas.



Figur 14. Utfyllnad (lila), påldäck (grönt) och påldäckskajer (grönt). Från Stockholms stad 2023c.

## 5.7 FLYTANDE KONSTRUKTIONER

Sponter och kajer kommer att installeras i anslutning till landvinningen. Dessutom kommer flytande konstruktioner, i form av flytande bostäder, småbåtshamn, andra bryggor och kajer samt en marinpark anläggas (Figur 10).

# 6 UPPFÖLJANDE KONTROLL

Miljökontrollprogram för sedimentåtgärderna kommer att tas fram i samråd med tillsynsmyndigheten när miljödom meddelats och är beroende av tillhörande villkor. Miljökontrollprogrammet kommer huvudsakligen omfatta perioden då arbeten i vatten genomförs, men troligen även en tid efter genomförda arbeten i vatten.

## 7 SLUTSATS

Muddringen, som utförs för att möjliggöra anläggandet av nya landområden, leder till att stora volymer sediment med höga föroreningshalter avlägsnas. Utanför landvinningen kommer övertäckning av förorenade sediment att ske med ett ca 0,7 m isolerande och erosionsbeständigt material. Sammantaget leder åtgärderna till att exponerings- och spridningsrisken från dessa områden blir försumbar. En stor miljövinst med planerade arbeten i vatten är att den pågående spridningen av förorenade sediment från åtgärdade områden upphör, vilket positivt bidrar till möjligheterna att nå miljö kvalitetsnormerna för Lilla Värtan. Åtgärderna kommer att följas upp enligt ett miljökontrollprogram, som tas fram när miljödom meddelats med tillhörande villkor.

På vattendjup större än 15 m kommer inga åtgärder att genomföras, eftersom det bedöms som mycket osannolikt att människor som bor eller vistas inom detaljplaneområdet kommer i kontakt med sediment på dessa vattendjup. De större vattendjupen reducerar också att risken för erosion orsakad av propellerrörelse från fritidsbåtar och pendlar- och skärgårdsbåtar. På dessa djup sker även en naturlig återhämtning genom successiv överlagring av sediment.

Muddring och övertäckning av sediment kommer att leda till att de sparsamt förekommande bottenlevande djuren och växterna försvinner. Åtgärdade bottenar kommer att ha väsentligt lägre föroreningshalter än omgivande områden i Lilla Värtan. På sikt kan detta och tillskapade bottenstrukturer med mindre vattendjup leda till bättre förutsättningar för etablering av vattenlevande organismer, inklusive fisk, jämfört med dagens situation.

Efter slutförda sedimentreningsåtgärder bedöms vattenområdet vara lämpligt för planerat ändamål.

## 8 REFERENSER

- Golder, 2019a. Miljö- och hälsoriskbedömning Kolkajen och Ropsten Norra Djurgårdsstaden
- Golder, 2019b. Miljöteknisk provtagning av sediment och ytvatten
- Golder, 2021. Provtagningsrapport sediment och porvatten inom E-355, Kolkajen-Ropsten
- JP Sedimentkonsult, 2018. Regionala bakgrundshalter av metaller, PAH-er och dioxiner/furaner i Stockholmsområdet
- JP Sedimentkonsult, 2022. Metaller och organiska miljöföroreningar i Lilla Värtan 2020. Utkast.
- Kemakta 2016a. Undersökningsrapport mark och sediment. Provtagning, analys och tolkad föroreningsituation inom Kolkajen-Ropsten, Norra Djurgårdsstaden, april 2016.
- Kemakta 2016b. Åtgärdsutredning för mark- och sedimentföroreningar vid detaljplaneområde Kolkajen-Ropsten, Stockholms Stad. Kemakta AR 2016-05. Daterad 2016-04-27.
- Livsmedelsverket, 2023. Kostråd fisk. [Livsmedelsverket](#)
- Miljødirektoratet, 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota – revidert 30.10.2020. Miljødirektoratet .
- Naturvårdsverket 1999. Bedömningsgrunder för miljö kvalitet - sjöar och vattendrag. Rapport 4913.
- SGU 2017. Klassning av halter av organiska föroreningar i sediment. Rapport 2017:12.
- Stockholms stad, 2019. Riktvärden för utsläpp av länshållningsvatten från Norra Djurgårdsstaden till Lilla Värtan
- Stockholms stad, 2020. Täckning av förorenade sediment Pilotförsök. Resultatredovisning – utläggning av kemiskt isolerande lager
- Stockholms stad, 2022a. Hantering av länshållningsvatten med avledning till yt- eller grundvatten
- Stockholms stad, 2022b. Miljöbarometern för Stockholms stad. [Fakta om miljön i Stockholm - Stockholms miljöbarometer](#)
- Stockholms stad, 2023a. Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken. Upprättad av Åbergs advokatbyrå april 2023.
- Stockholms stad, 2023b. Teknisk beskrivning till tillståndsansökan enligt miljöbalken. Upprättad av KFS och Elander miljöteknik, april 2023.
- Stockholms stad, 2023c. MKB till tillståndsansökan enligt miljöbalken. Upprättad av Sweco april 2023.
- Sveriges Vattenekologer 2018. Vegetationsinventering i Lilla Värtan. Undersökning av habitat på grunda havsbottnar vid Kolkajen i Hjorthagen. Daterad december 2017.
- Sweco 2018. Strömningsberäkningar – underlag till riskbedömning. Uppdrag MKB Kolkajen-Ropsten vattenverksamhet.
- Sweco, 2020. Environmental impact assessment Kolkajen-Ropsten. Simulation of groundwater outflow and dispersion in Lilla Värtan bay
- Sweco 2023. Sedimentspridningsberäkningar för planerade muddringsarbeten. Underlag för MKB Kolkajen-Ropsten.
- Viss, 2023. Vatteninformationssystem Sverige. [Välkommen till VISS \(lansstyrelsen.se\)](#)
- WSP, 2023a. Markföroreningar Kolkajen, Norra Djurgårdstaden. Underlag detaljplan. WSP uppdragsnr. 10330480. Daterad 2023-06-21.

WSP, 2023b. Fältrapport och utvärdering av föroreningshalter i sediment inom planerat muddringsområde. In prep.

Yoldia 2018a Bottenfauna- och sedimentundersökning i och omkring Kolkajen/Tjärkajen, Stockholm. Daterad 2018-05-03. (Undersökning utförd 2017)

Yoldia 2018b. Provfiske i Lilla Värtan och Husarviken. Daterad 2018-05-03. (Undersökningen utförd 2017)

## VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 55 000 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**



## BILAGA 1. Utbredning förorenade sediment

## Bilaga 1.

Interpolerade PAH-halter på olika djup under sedimentytan. De indikerar 1) en successiv överlagring med mindre förorenade sediment där vattendjupet är större än 15 m. Jämför tex. föroreningshalterna öster om djupkurvan för 15 m i den nedre högra figuren (0,75–1 m under sedimentytan) med den övre vänstra figuren (0–0,25 m under sedimentytan). 2) Ökad utbredning av ytligt förorenade sediment i nordlig riktning, Jämför den övre vänstra (0–0,25 m under sedimentytan) med tex. den övre högra figuren (0,25–0,5 m under sedimentytan).

