

---

# RAPPORT

---

NORRKÖPINGS KOMMUN

## **Utvärdering av föroreningshalter i jord och grundvatten, riskbedömning och bedömt åtgärdsbehov inom området Kolkajen i Inre hamnen.**

UPPDRAGSNUMMER 1181097000



2016-12-19 REV. 2017-03-29

**SWECO ENVIRONMENT AB**  
**MILJÖ NYKÖPING/NORRKÖPING**

**UPPDRAGSLEDARE: YVONNE STIGLUND**  
**RAPPORT UPPRÄTTAD AV: INGRID FRANZÉN**  
**GRANSKARE: CHARLOTTE OHLSSON**

## Sammanfattning

På området Kolkajen har ett flertal undersökningar av mark och grundvatten genomförts mellan åren 2009 och 2016. Undersökningarna visar att området Kolkajen består av fyllnadsmassor ner till nivån 3,5 meter under nuvarande markyta. De föroreningar som framför allt påträffas är polycykliska aromatiska kolväten med medelhög och hög molekylvikt (PAH-M och PAH-H). Föroreningarna är främst begränsade till fyllnadsmassorna. Även grundvattnet är påverkat av de förorenade fyllnadsmassorna som finns på området.

En bedömning har gjorts av vilka risker föroreningarna kan innebära med utgångspunkt från den verksamhet och markanvändning som idag pågår på området samt den verksamhet som planeras enligt den nya detaljplanen. Det nya detaljplaneförslaget innebär en ändrad markanvändning på området vilket även påverkar riskbilden. De byggnationer och ändringar av markhöjden som planeras kommer också att påverka tillgängligheten och spridningen av föroreningar.

Platsspecifika riktvärden har tagits fram för området Inre hamnen som helhet och omfattar även området Kolkajen. Dessa riktvärden anger de halter i marken som utifrån de förutsättningar för exponering och spridning som gäller för att platsen inte ska ge upphov till några negativa miljöeffekter.

Utifrån de platsspecifika riktvärdena har åtgärdsbehovet bedömts utifrån den framtida markanvändningen. Den åtgärd som föreslås är schaktsanering som utgår från medelhalter av platsspecifika riktvärden i selektiva enhetsvolymmer. En schaktsanering av Kolkajen bedöms innebära att cirka 58 400 ton schaktmassor avlägsnas från området. I denna siffra finns en osäkerhet om cirka 30 % vilket främst beror på att flera enhetsvolymmer anses ha en osäker föroreningshalt. Vid schaktsaneringen kommer miljökontroll att krävas för att säkerställa att uppsatta åtgärds mål nås.

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Beskrivning av området</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Underlag</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Bedömningsgrunder jord</b>	<b>3</b>
4.1	Generella riktvärden	3
4.2	Platsspecifika riktvärden	4
4.3	Representativa halter	5
<b>5</b>	<b>Bedömningsgrunder grundvatten</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>Bedömning av föroreningshalter i jord</b>	<b>7</b>
<b>7</b>	<b>Bedömning av förekomst av tjärasfalt</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>Organisk halt</b>	<b>11</b>
<b>9</b>	<b>Bedömning av föroreningar i grundvatten</b>	<b>12</b>
<b>10</b>	<b>Riskbedömning</b>	<b>14</b>
10.1	Förslag till övergripande åtgärds mål	14
10.2	Problembeskrivning och konceptuell modell	14
10.3	Bedömning av hälso- och miljörisker	15
10.4	Bedömning av risker för spridning	15
10.5	Effekter i Motala ström	16
<b>11</b>	<b>Bedömt åtgärdsbehov</b>	<b>18</b>
<b>12</b>	<b>Områdets framtida utformning</b>	<b>19</b>
<b>13</b>	<b>Åtgärdsalternativ</b>	<b>19</b>
<b>14</b>	<b>Åtgärder utifrån valt åtgärdsalternativ</b>	<b>24</b>
<b>15</b>	<b>Mängdning av massor</b>	<b>27</b>
<b>16</b>	<b>Referenser</b>	<b>27</b>

### Bilagor:

Bilaga 1. Kostnadskalkyl åtgärdsalternativ 1: Golvyta i nivå + 2,5

Bilaga 2. Kostnadskalkyl åtgärdsalternativ 2: Golvyta i nivå med nuvarande markyta

## 1 Inledning

Norrköpings kommun avser att exploatera området Inre hamnen och bygga en ny stadsdel med bostäder, service, parker och torg. Exploateringen i Inre hamnen kommer att utföras i tre etapper. I den första utbyggnadsetappen ligger området Kolkajen samt det närläggna gasverksområdet. För den första utbyggnadsetappen tas för närvarande en detaljplan fram. Detaljplanen kommer att heta "Kronomagasinet 1 med närområde (del av Inre hamnen) inom Saltängen i Norrköping". För att en omvandling från industriområde till bostadsområde ska kunna genomföras i det som är den första etappen krävs markreningsåtgärder för de markföroreningar som finns inom området.

Inom området Kolkajen i Inre hamnen i Norrköping har ett flertal undersökningar av föroreningshalter i jord och grundvatten genomförts. De senaste och mest omfattande undersökningarna av jord och grundvatten utfördes under 2016. Resultaten av dessa undersökningar och även tidigare undersökningar har redovisats och sammanställts i separata tekniska rapporter. Dessa tekniska rapporter beskriver endast arbetenas utförande och resultat utan att någon vidare tolkning av analysresultaten utförs.

Föreliggande rapport redovisar en utvärdering av föroreningshalter i såväl jord som grundvatten inom Kolkajen. I dokumentet utförs en bedömning av risker och en bedömning av åtgärdsbehov för såväl nuvarande som framtida markanvändning. Slutligen redovisas mängd av massor och föroreningar som behöver åtgärdas för att planerad exploatering ska kunna genomföras.

## 2 Beskrivning av området

Området Kolkajen ligger i Inre hamnen i Norrköping. Områdets avgränsning visas med röd markering i figur 1. I undersökningsområdet ingår följande fastigheter: Kronomagasinet 1 och 2, Östra Kronomagasinet 1 och 2, Åbodarne 1 och 5, Roskarlen 1, Alkan 1 samt del av Saltängen 1:1.



Figur 1. Avgränsning av undersökningsområdet (Norrköpingskartan).

Området består idag av asfalterade ytor och avslutas med en kaj mot Motala ström. Området Kolkajen har fram till nyligen varit ett hamn- och industriområde och har främst använts för lagring och sortering av koks och kol. Idag finns ingen verksamhet kvar på området med undantag från det kontor som finns i en av områdets tre kvarvarande byggnader. Samtliga byggnader kommer att rivas i samband med avhjälpandeåtgärderna som avses utföras inom området.

### 3 Underlag

För bedömning av föroreningsituationen har resultatet från samtliga genomförda undersökningar använts. De undersökningar som ligger till grund för bedömningar redovisas i följande rapporter:

- Teknisk rapport: Åtgärdsförberedande miljöteknisk undersökning med systematisk provtagning av jord och grundvatten vid Kolkajen (fastigheterna Kronomagasin 1 & 2, Östra Kronomagasin 1 & 2, Åbodarne 1 & 5, Roskarlen 1, Alkan 1 och del av Saltängen 1:1). Daterad 2016-05-16 reviderad 2016-08-30, (Sweco 2016a).
- Teknisk rapport: Provtagning av grundvatten och ytvatten i Motala ström inom området Inre hamnen, Norrköping. Daterad 2016-06-20, (Sweco 2016b).
- Åtgärdsförberedande markteknisk undersökning med systematisk provtagning av jord inom Gasverksområdet (fastigheterna Skeppsdockan 1, 3 och 5 samt delar av Saltängen 1:1), Inre hamnen i Norrköping. Daterad 2016-04-18, (Sweco 2016c).
- Teknisk rapport: Miljöteknisk markundersökning med provtagning av jord och grundvatten inom området Inre Hamnen i Norrköping. Daterad 2015-03-16, (Sweco 2015).
- Översiktlig miljöteknisk markundersökning, Östra Saltängen etapp 2 och 3, (Sweco 2009).

Den riskbedömning som utförs i föreliggande rapport utgår från följande riskbedömning som genomförts för området Inre hamnen:

- Riskbedömning Inre hamnen, Norrköping. Daterad juni 2015, (Sweco och Kemakta Konsult AB).

## 4 Bedömningsgrunder jord

### 4.1 Generella riktvärden

Vid bedömning och sammanställning av analysresultaten för jord har generella riktvärden för förorenad mark framtagna av Naturvårdsverket (NV 2009, rev 2016) använts. Naturvårdsverkets riktvärden för förorenad mark är utarbetade för två typer av markanvändning:

- **KM**, Känslig markanvändning, där markkvaliteten inte begränsar val av markanvändning. Alla grupper av människor (barn, vuxna, äldre) kan vistas permanent inom området under en livstid. De flesta markekosystem samt grundvatten och ytvatten skyddas.

- **MKM**, Mindre känslig markanvändning, där markkvaliteten begränsar val av markanvändning till exempelvis kontor, industrier eller vägar. De exponerade grupperna antas vara personer som vistas i området under sin yrkesverksamma tid samt barn och äldre som vistas i området tillfälligt. Markkvaliteten ger förutsättningar för markfunktioner som är av betydelse vid mindre känslig markanvändning, till exempel kan vegetation etableras och djur tillfälligt vistas i området. Grundvatten på ett avstånd av cirka 200 meter från området och ytvatten skyddas.

Området Kolkajen är idag ett industriområde. Vid en riskbedömning utifrån dagens markanvändning är således de generella riktvärdena för mindre känslig markanvändning (MKM) relevanta.

#### **4.2 Platsspecifika riktvärden**

Platsspecifika riktvärden har tagits fram för området Inre hamnen i vilket Kolkajen ingår (Kemakta Konsult och Sweco 2015). Platsspecifika riktvärden finns för tre olika markanvändningsklasser; byggnader, parkmark och gatumark samt för olika djupnivåer räknat från blivande markyta. Riktvärdena ska kunna användas för att ta fram mätbara åtgärds mål som räknas från blivande markyta. De platsspecifika riktvärdena redovisas i tabell 1.

Tabell 1. Platsspecifika riktvärden Inre hamnen, halter anges i mg/kg TS.

	Byggnader			Gatumark		Generella riktvärden	
	0 – 1 m	1 – 2 m	> 2 m	0 – 1 m	> 1 m	KM	MKM
Arsenik	10	30	100	40	100	10	25
Bly	80	400	2000	400	2000	50	400
Kadmium	3	15	25	20	25	0,5	15
Kobolt	20	50	50	35	50	15	35
Koppar	80	400	1000	200	1000	80	200
Kvicksilver	1,2	2,5	12	10	40	0,25	2,5
Zink	250	1000	2500	500	2500	250	500
Cyanid total	30	120	120	120	120	30	120
Cyanid fri	1	1,5	1,5	1,5	1,5	0,4	1,5
Fenol	20	20	15	25	20	1,2	4
PAH L	3	15	80	15	80	3	15
PAH M	4	5	25	40	60	3	20
PAH H	2,5	12	35	10	50	1	10
Bensen	0,06	0,07	0,35	0,6	1,0	0,012	0,040
Toluen	6	7	35	50	70	10	40
Etylbensen	10	40	120	50	180	10	50
Xylen	6	6	30	50	100	10	50
Alifat >C8-C10	10	10	40	70	120	20	120
Alifat >C10-C12	70	80	400	500	1000	100	500
Alifat >C12-C16	100	400	1000	500	1000	100	500
Alifat >C16-C35	100	500	1000	1000	1000	100	1000
Aromat >C8-C10	10	35	180	50	250	10	50
Aromat >C10-C16	3	15	80	15	80	3	15
Aromat >C16-C35	10	50	40	40	80	10	30

### 4.3 Representativa halter

Ett områdes representativa halt är enligt Naturvårdsverket (NV 2009) den halt som bäst representerar risksituationen i kontakt- och spridningsmedier utan att risken underskattas. Den representativa halten kan exempelvis uttryckas som en skattad medelhalt (med eller utan gardering för osäkerheter), 90-percentilen, uppmätt maxhalt eller som UCLM (övre konfidensgräns för medelhalten) (NV 2009).

UCLM95-värden tar hänsyn till antalet prov, deras standardavvikelse samt medelvärde och är områdets representativa halt av en förorening som områdets verkliga medelvärde med 95 % sannolikhet understiger. Detta är alltså ett konservativt mått på om den verkliga medelhalten inom området skulle kunna utgöra en oacceptabel risk eller inte. Beroende på valet av metod för uträkning av representativ halt kommer ett områdes framräknade medelvärde att variera. Exempelvis är UCLM95-värden alltid (när det finns

en variation) högre än det verkliga medelvärdet. I denna rapport har max-, medel- och UCLM95-värden beräknats för såväl fyllningen som den naturliga marken som underlagrar fyllningen. Alla halter under analysmetodens rapporteringsgräns har satts till halva värdet. Detta förfarande kan medföra en överskattning av beräknade statistiska mått, men minimerar risken för underskattning.

Beroende på val av beräknad representativ halt bör även begreppet "felklassning" förklaras. När ett förorenat område ska klassas som (a) i behov av åtgärder eller (b) ej i behov av åtgärder, så kan två typer av fel begås vid klassningen:

1. Ett område som i verkligheten är i behov av åtgärder klassas som att åtgärder inte krävs. Detta kan leda till kvarstående hälso- och miljörisker.
2. Ett område som i verkligheten inte kräver åtgärder klassas som att åtgärder krävs. Detta kan leda till extra åtgärdskostnader. Dessa felbeslut kan inträffa på grund av att alla undersökningar är behäftade med osäkerheter, bl.a. orsakade av det begränsade antalet undersökningspunkter i en utredning.

I miljösammanhang betraktas oftast fel av typ 1 som mer allvarliga än fel av typ 2 eftersom fel av typ 1 kan leda till kvarstående hälso- och miljörisker som man inte är medveten om. Fel av typ 2 leder däremot till ökade kostnader och ökad miljöbelastning exempelvis i form av transporter.

Om medelvärdet används som representativ halt så blir sannolikheten för fel av typ 1 och 2 ungefär lika stora, trots att man hellre vill undvika typ 1-fel. I dessa fall kan man istället välja att använda UCLM som representativ halt eftersom UCLM minskar sannolikheten för typ 1-fel (men på bekostnad av ökad sannolikhet för typ 2-fel). UCLM är alltid högre än medelvärdet, vilket innebär att den representativa halten ger en gardering mot osäkerheterna så att hälso- och miljöriskerna inte underskattas. UCLM och medelvärdet kan jämföras på följande sätt: Sannolikheten är 95% att den verkliga medelhalten är lägre än UCLM95. Sannolikheten för ett typ 1-fel är då 5%. För medelvärdet är motsvarande sannolikhet 50% (man skulle kunna beteckna medelvärdet som UCLM50). Skillnaden illustrerar hur mycket säkrare UCLM95 är än medelvärdet då man vill undvika typ 1-fel. Det innebär således att för UCLM90 och UCLM80 är sannolikheten för ett typ 1-fel är då 10% respektive 20%.

I föreliggande rapport har UCLM95-värden för respektive fyllnad och naturlig mark använts för att bedöma miljö- och hälsorisker och en diskussion förs om skillnader mellan representativa halt utifrån medel- och UCLM95-värden. Utifrån dessa olika metoder att beskriva representativ halt är följande scenarier möjliga.

1. Om UCLM95- och medelvärden understiger ett riktvärde bedöms föroreningsnivån inte utgöra någon oacceptabel risk.
2. Om UCLM95-värden överstiger riktvärdet men medelvärdet understiger riktvärdet kan föroreningsnivån utgöra en oacceptabel risk men resultatet indikerar att det finns osäkerheter i dataunderlaget. Exempelvis skulle ett större dataunderlag sannolikt göra att medel- och UCLM95-värden närmade sig varandra.



3. I de fall då UCLM95- värden och medelvärden överskrider riktvärdet är det troligt att föroreningsnivåer leder till oacceptabla risker.

## 5 Bedömningsgrunder grundvatten

Petroleumrelaterade föroreningar i grundvatten jämförs med Svenska Petroleum och Biodrivmedel Institutets riktvärden för förorenade bensinstationer (SPBI 2010). Riktvärdena är framtagna för ämnen i grundvatten vid bensinstationer baserat på fem olika exponeringsvägar; dricksvatten, ångor i byggnader, bevattning samt miljörisker vid utströmning i ytvatten eller våtmarker. Vid jämförelser av halter i grundvatten på Kolkajen används endast riktvärden för exponeringsvägarna ångor i byggnader samt miljörisker för ytvatten. En jämförelse görs också med SPBI:s förslag på haltnivåer för bedömning av risk för fri fas.

Uppmätta halter av metaller i grundvatten har jämförts med Sveriges Geologiska Undersöknings bedömningsgrunder avseende grundvatten (SGU 2013).

## 6 Bedömning av föroreningshalter i jord

Utförda undersökningar visar att området består av fyllnadsmassor med en mäktighet som varierar mellan 0,5 och 3,5 meter. De ytligaste fyllnadsmassorna (0,1-0,3 meter) är till stor del bärlager av nyare slag – troligen ditlagda på 1970-talet. Under dessa fyllnadsmassor följer äldre fyllnadsmassor (yngre än mitten av 1800-tal enligt arkeologisk undersökning (Arkeologerna 2016)).

Resultaten från genomförda undersökningar visar att de styrande föroreningarna inom området Kolkajen är polycykliska aromatiska kolväten med medelhög och hög molekylvikt (PAH-M och PAH-H). Föroreningar i jord inom Kolkajen är främst begränsade till de äldre fyllnadsmassorna medan nya ytliga bärlager inte bedöms vara förorenade. Cirka 14 % av analyserade jordprov från fyllningen har halter av PAH-H som överstiger det generella riktvärdet för mindre känslig markanvändning (MKM). För PAH-M är motsvarande siffra 10 %. Utöver nämnda föroreningar finns även enstaka jordprov med halter över MKM av bly, arsenik, zink, alifater C16-C35 och aromater C10-C16 samt aromater C16-C35. De förhöjda halterna i fyllningen är diffust utspridda över området.

En sammanställning av beräknade medel- och medianvärden, maxhalter och UCLM95-värden (antagen normalfördelare data) för PAH-M i analyserade jordprov från fyllningen på Kolkajen visas i tabell 2. Samma redovisning för PAH-H görs i tabell 3. Statistiska beräkningar vad gäller halter av PAH-M och PAH-H i naturlig mark framgår i tabell 4.

I de statistiska beräkningarna har halter under rapporteringsgräns satts till halva värdet. De jordprov som varit osäkra med avseende på om de är fyll eller naturlig jord har antagits vara fyll. I sammanställningen ingår analyser från den systematiska rutnätsprovtagningen som genomfördes i mars 2016 samt analyser från tidigare provtagningar från 2009 och 2014. Analyser från provgropsgrävning som utförts i juni 2016 är inte medräknade då denna provtagning till stor del var en styrd provtagning.

Halterna i tabell 2 och 3 jämförs med det generella riktvärdet för mindre känslig markanvändning (MKM) samt platsspecifika riktvärden. Jordprovets djup under markytan utgår dock från nuvarande markyta vilken skiljer sig från den framtida markytan. Den jämförelse som utförs mot platsspecifika riktvärden blir således inte representativ för den

framtida markanvändningen men ger ändå en viss förståelse för föreningssituationen och åtgärdsbehovet vid en framtida markanvändning som bostadsområde.

Tabell 2. Sammanställning av beräknade medelvärden, medianvärden, UCLM95-värden av PAH-M i fyllnadsmassor jämfört med platsspecifika riktvärden (PSRV) samt generellt riktvärde för mindre känslig markanvändning (MKM).

Nuvarande djup	0-0,5 m	0,5-1 m	0,5-1* m	1-1,5 m	1,5-2 m	2-5 m
Medel	7,23	31,1	15,8	5,7	1,8	0,49
St av	21,03	134,9	46	13,9	3,4	0,85
CV	2,9	4,3	2,9	2,4	1,9	1,73
Min	0,1	0,1	0,1	0,15	0,13	0,13
Median	1,2	1,5	1,5	0,7	0,3	0,15
Max	170	1070	250	85	15	3,5
UCLM95	10,8	58	25	9,2	3	0,8
Antal	97	69	68	45	23	19
PSRV byggnad	4	4	4	5	5	25
MKM	20	20	20	20	20	20

\*Ett jordprov med en extrem halt (1070 mg/kg TS) är borttagen från denna beräkning. Jordprovet består sannolikt av tjärasfalt och halten anses inte vara representativ för de fyllnadsmassor som finns på området.

Tabell 3. Sammanställning av beräknade medelvärden, medianvärden, UCLM95-värden av PAH-H i fyllnadsmassor jämfört med platsspecifika riktvärden (PSRV) samt generellt riktvärde för mindre känslig markanvändning (MKM).

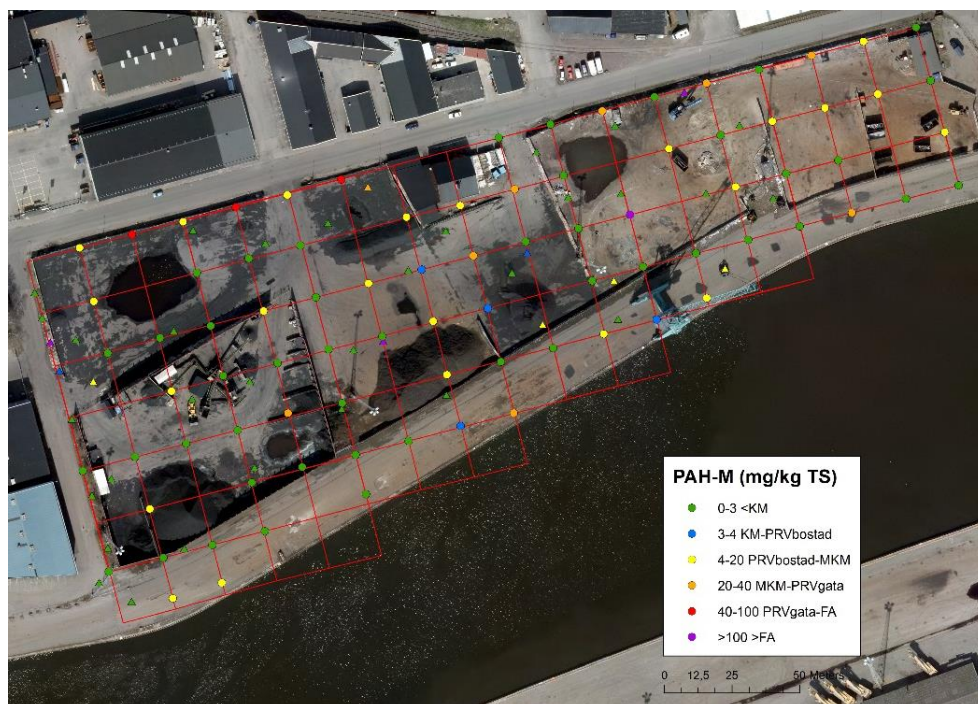
Nuvarande djup	0-0,5 m	0,5-1 m	1-1,5 m	1,5-2 m	2-5 m
Medel	7,91	18,3	5,84	5,2	0,6
St av	19,7	49,5	11,7	17,4	1
CV	2,5	2,7	1,98	3,4	1,8
Min	0,06	0,1	0,15	0,15	0,15
Median	1,4	1,9	0,9	0,16	0,15
Max	150	300	67	85	4,3
UCLM95	11,2	28	8,8	11,3	0,99
Antal	97	69	45	24	19
PSRV byggnad	2,5	2,5	12	12	35
MKM	10	10	10	10	10

Tabell 4. Sammanställning av beräknade medelvärden, medianvärden, UCLM95-värden av PAH-M och PAH-H i naturlig jord jämfört med generellt riktvärde för mindre känslig markanvändning (MKM).

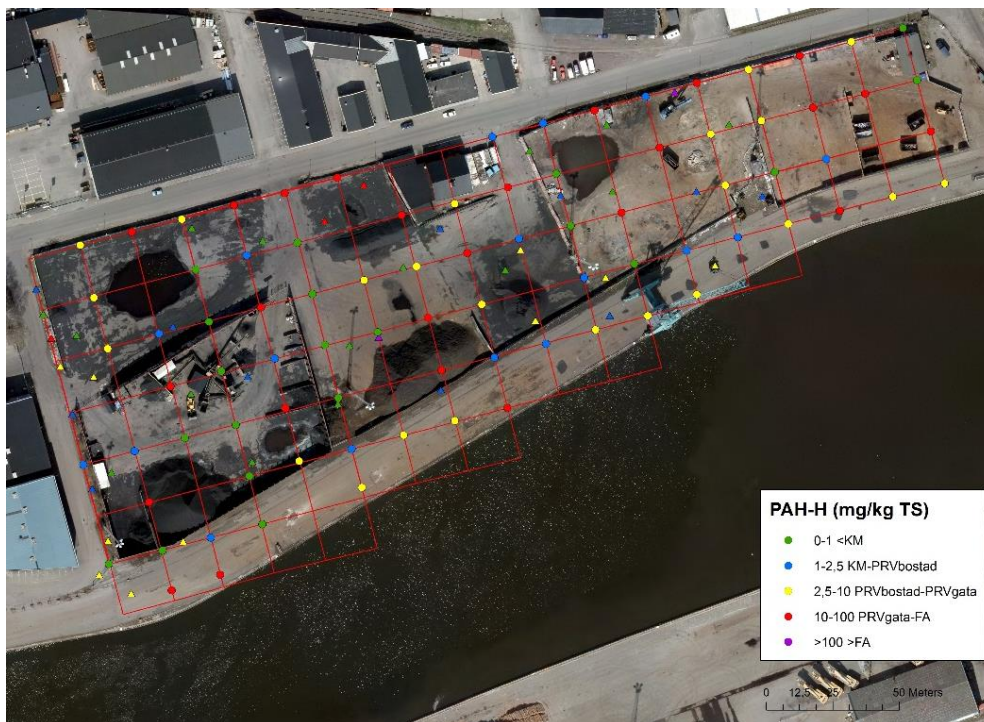
Parameter	PAH-M	PAH-H
Medel	1,07	0,9
St av	3,2	0,9
CV	3	2,2

Min	0,15	0,15
Median	0,15	0,15
Max	22	8,8
UCLM95	1,7	1,2
Antal	68	68
PSRV byggnad (0-1 meter)	4	2,5
MKM	20	10

I figurerna 2-3 åskådliggörs maxhalter av PAH-M, PAH-H inom Kolkajen oavsett djup. I figurerna jämförs halterna mot generella riktvärden för KM och MKM samt platsspecifika riktvärden (PRV). I figurerna har punkter med halter som överstiger 100 mg/kg TS av respektive PAH-M och PAH-H markerats som lila. I figurerna är punkter provtagna i mars 2016 utmärkta med en cirkel, punkter som provtagits i tidigare undersökningar är utmärkta med en triangel. Jordprov som tagits vid provgropsgrävningen ingår inte.



Figur 2. Maximal halt av PAH-M i respektive provpunkt inom undersökningsområdet.



Figur 3. Maximal halt av PAH-H i respektive provpunkt inom undersökningsområdet.

Bedömningen utifrån de genomförda undersökningarna är att föroreningarna främst är begränsade till de äldre fyllnadsmassorna. Halterna av PAH-H och PAH-M är störst i djupet 0-1 meter under nuvarande markyta och minskar därefter på djupet.

Av tabell 3 och 4 kan ses att medelvärde och UCLM95-värde överstiger de platsspecifika riktvärdena för nivåerna 0 till 1,5 meter med avseende på PAH-M. För PAH-H överskrider medelvärden och UCLM-95 halten i nivån 0-1 meter. Vid denna jämförelse kan ses att ett åtgärdsbehov för en ändrad markanvändning som bostadsområde föreligger ner till cirka 1,5 meter under nuvarande markyta. I nivån 2 meter under nuvarande markyta är föroreningshalterna generellt mycket låga vilket till stor del beror på att förekomst av naturlig mark. Förhöjda föroreningshalter finns även i naturlig jord under fyllnaden men halterna är betydligt lägre. Endast i ett jordprov på naturlig jord har halter av PAH-M och PAH-H över de generella riktvärdena för MKM påträffats. Som kan utläsas av tabell 4 så är föroreningshalten i naturlig mark låg. Medelvärde och UCLM95-värden underskrider det platsspecifika riktvärdet för bostad i nivån 0-1 meter.

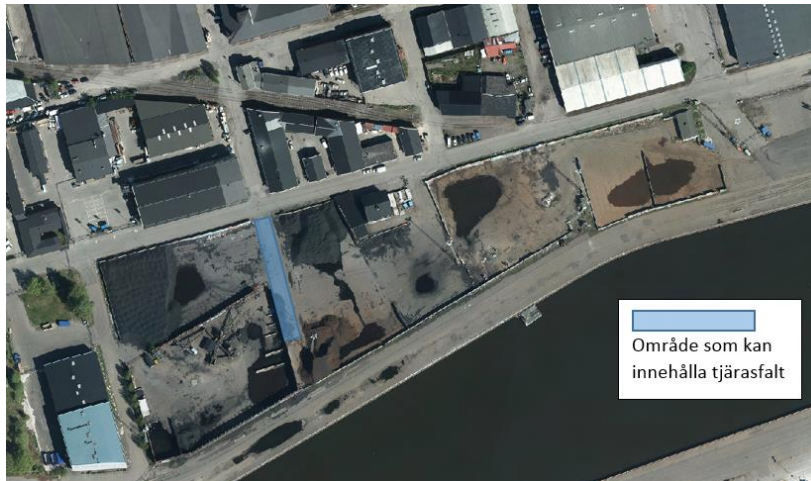
## 7 Bedömning av förekomst av tjärasfalt

Den asfaltsyta som idag utgör markyta är av nyare slag, troligtvis är ytan asfalterad på 1970-talet. Genomförda analyser på asfalten visar på låga halter av PAHer och att asfalten inte är att betrakta som tjärasfalt. Av sju analyserade asfaltsprover jämt fördelade inom området har den maximala halten av PAH16 uppgått till 5,5 mg/kg TS. I tabell 5 visas max- och medelvärden i asfalt från den ytliga asfalt som idag utgör markyta.

Tabell 5. Maxhalter och medelvärden (mg/kg TS) i ytlig asfalt från sju asfaltsprover.

	PAH-L	PAH-M	PAH-H	Summa PAH-16
Max	3,5	0,3	2,1	5,5
Medel	0,4	0,3	0,5	1,2

Även äldre och djupare liggande asfaltsytor har påträffats inom området. Konstaterad tjärasfalt finns inom ett område (visas i figur 4 nedan). Analys på denna tjärasfalt visar att asfalten har en halt av PAH-16 på 667 mg/kg TS. Asfaltsprovet har inte bedömts ha så höga halter av cancerogena PAHer att det är att betrakta som farligt avfall.



Figur 4. Område som kan innehålla tjärasfalt.

## 8 Organisk halt

Analysen på fyllnadsmassorna visar ställvis mycket höga halter av totalt organiskt kol (TOC). De jordprov där höga halter av TOC förekommer har haft stor inblandning eller helt och hållet bestått av kol och aska. I prover med kol och aska har halter upp till 37 % TOC förekommit. Halten överskrider den gräns om 5 % TOC som får lov att läggas på en deponi för icke-farligt avfall (Föreskrift (NFS 2004:10) om deponering).

I jordprov som inte haft någon inblandning av kol eller aska har betydligt lägre TOC-halter uppmätts. För sådana jordprov har den maximala analyserade halten TOC varit 4,1 %. I tabell 6 nedan visas medelvärden och maxhalter vad avser TOC i fyllnadsmassor med eller utan kol och aska samt i naturlig jord.

Tabell 6. Medelvärden, medianvärden samt max- och minhalter av TOC (%) i jordprov från Kolkajen. Vid beräkning av medelvärden har halter under rapporteringsgränsen satts till halva värdet.

	Halt TOC (%) i fyllnadsmassor utan kol /aska	Halt TOC (%) i fyllnadsmassor med kol /aska	Halt TOC (%) i naturlig jord
Medelvärde	1,2	18,6	2,0
Medianvärde	0,4	20,05	0,9
Min-värde	<0,2	<0,2	0,4
Max-värde	4,1	37,3	6,8
Antal jordprov	15	6	7

## 9 Bedömning av föroreningar i grundvatten

Inom Kolkajen har ett flertal grundvattenprover tagits i det övre grundvattenmagasin som förekommer i fyllningen. Föroreningarna i grundvattnet varierar mellan olika grundvattenrör och mellan olika provtagningstillfällen. Generellt kan sägas att det ytliga grundvattnet på Kolkajen har måttliga till mycket höga halter av arsenik och bly. I flera grundvattenprov detekteras även halter av PAH-H som överskrider Svenska Petroleum- och Biodrivmedelsinstitutets riktvärden för miljörisker ytvatten och riktvärde för risk för fri fas (SPBI 2010). Vid provtagning av jord och grundvatten har dock inga observationer om fri fas kunnat göras. Däremot har lukt av petroleumförorening kunnat erinras. I tabellen jämförs också halten av bens(a)pyren som är en enskild PAH-förening. Vid denna jämförelse kan ses att halten av bens(a)pyren är mycket hög i ett flertal ytliga grundvattenprover. Rapporteringsgränsen för analysen är dock hög vilket gör att halten i övriga grundvattenprov inte går att bedöma.

Halter i det ytliga grundvattnet jämfört med Sveriges Geologiska Undersöknings bedömningsgrunder för grundvatten (SGU 2013) samt SPBIs förslag på riktvärden för grundvatten (SPBI 2010) visas i tabell 7.

Ett grundvattenprov har även tagits i det djupare grundvattenmagasinet. Detta grundvattenprov har inte visat på några föroreningshalter. Halterna i detta rör (GWSE1608) redovisas också i tabell 7.

Var rören inom Kolkajen är lokaliserade framgår av figur 5.



Figur 5. Lokalisering av grundvattenrör inom Kolkajen.

Tabell 7. Halter ( $\mu\text{g/l}$ ) av metaller och PAH i det ytliga och djupa grundvattenmagasinet inom Kolkajen jämfört med SGUs bedömningsgrunder för grundvatten samt SPBIs förslag på riktvärden för grundvatten.

			<1	<0,5	<0,1	<0,5	<20	<0,005	<0,5	<5	1	0,5					
Klass 1 Mycket låg halt (SGU)			<1	<0,5	<0,1	<0,5	<20	<0,005	<0,5	<5	1	0,5					
Klass 2 Låg halt (SGU)			1	0,5	0,1	0,5	20	0,005	0,5	5	3	1,5					
Klass 3 måttlig halt (SGU)			2	1	0,5	5	200	0,01	5	10	10	5	0,001				
Klass 4 Hög halt (SGU)			5	2	1	10	1000	0,05	10	100			0,002				
Klass 5 Mycket hög halt (SGU)			10	10	5	50	2000	1	20	1000			0,01				
Miljörisk ytvatten (SPBI)				0,05										120	5	0,5	
Ångor i byggnader (SPBI)														2000	10	300	
Risk för fri fas (SPBI)														150	10	1	
Rapporteringsgräns>riktvärde																	
			Arsenik As	Bly Pb	Kadmium Cd	Krom Cr	Koppar Cu	Kvicksilver Hg	Nickel Ni	Zink Zn	Vanadin V	Kobolt Co	Bens(a)pyren	PAH-L	PAH-M	PAH-H	
Provpunkt	Datum	Enhet	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	
HW16_064	2016-03-14		11	<1	<0,4	<4	<4	<0,1	<4	<20	4,2	<4	0,38	<0,2	1,5	2,1	
HW16-037	2016-03-14		1,7	<0,1	<0,04	0,76	<0,4	<0,1	0,8	3,5	1,4	<0,4	0,11	0,43	1,1	0,6	
HW16-045	2016-03-15		14	19	<1	11	17	<0,1	<10	73	15	<10	0,27	0,43	1,5	1,3	
HW16-051	2016-03-14		2,8	3,5	<0,1	3,2	9,9	<0,1	4,6	26	3,5	3,1	<0,01	<0,2	<0,3	<0,3	
K-1408	2014-06-25		48,2	123	0,36	29,1	134	0,5	33	223	27	10,5	0,043	0,02	0,2	0,3	
K-1408	2014-10-01		8,57	6,2	0,05	6,76	26,5	0,1	2,0	10,3	1,7	0,7	0,181	0,07	0,7	1,1	
K-1409	2016-03-08		4,6	0,15	0,04	0,48	1,6	<0,1	3,8	17	1,6	3,3	<0,01	<0,2	<0,3	<0,3	
K-1409	2014-06-25		1,6	5,1	<0,05	2,12	5,3	<0,02	1,0	8,7	10	0,5	<0,01	0,03	<0,03	<0,04	
K-1409	2014-10-01		2,5	<0,2	<0,05	0,98	<1	<0,02	0,7	4,1	4,3	0,9	<0,01	0,02	<0,03	<0,04	
GWSE1608	2016-06-02		<0,4	0,11	<0,04	<0,4	0,87	<0,1	0,01	6,1	<0,04	1,9	<0,01	<0,2	<0,3	<0,3	

## 10 Riskbedömning

En riskbedömning för området Inre hamnen utfördes av Kemakta Konsult och Sweco 2015. Riskbedömningen omfattar Inre hamnen som helhet och innefattar även området Kolkajen. Som en del i riskbedömningen har platsspecifika riktvärden beräknats. Dessa anger halter i marken som, utifrån de förutsättningar för exponering och spridning som gäller, inte förväntas ge upphov till några oacceptabla negativa hälso- och miljöeffekter.

Genom de undersökningar av jord och grundvatten som utförts på Kolkajen under 2016 har fördjupad kunskap om föroreningsituationen erhållits. Nedan görs en fördjupning av delar i riskbedömningen som berör Kolkajen.

### 10.1 Förslag till övergripande åtgärds mål

Riskbedömningen baserar sig på förslag på övergripande åtgärds mål för markanvändning, skydd av hälsa och miljö samt skydd mot spridning av föroreningar till omgivningen. För Kolkajen, liksom för området Inre hamnen som helhet, har de övergripande åtgärds målen formulerats som:

- Barn och vuxna som bor i området eller tillfälligt vistas där ska inte riskera negativa hälsoeffekter på grund av kontakt med föroreningar.
- Föroreningar i marken eller grundvattnet ska inte avge ångor som kan tränga in i byggnader och ge en oacceptabel påverkan på inomhusmiljön.
- Markmiljön i området ska vara tillräcklig för att upprätthålla en ekologisk funktion i marken som motsvarar markanvändningen.
- Föroreningar inom området får ej spridas via grund- och ytvatten i sådan omfattning att vattenkvaliteten i Motala ström försämras eller sedimentmiljön påverkas.

### 10.2 Problembeskrivning och konceptuell modell

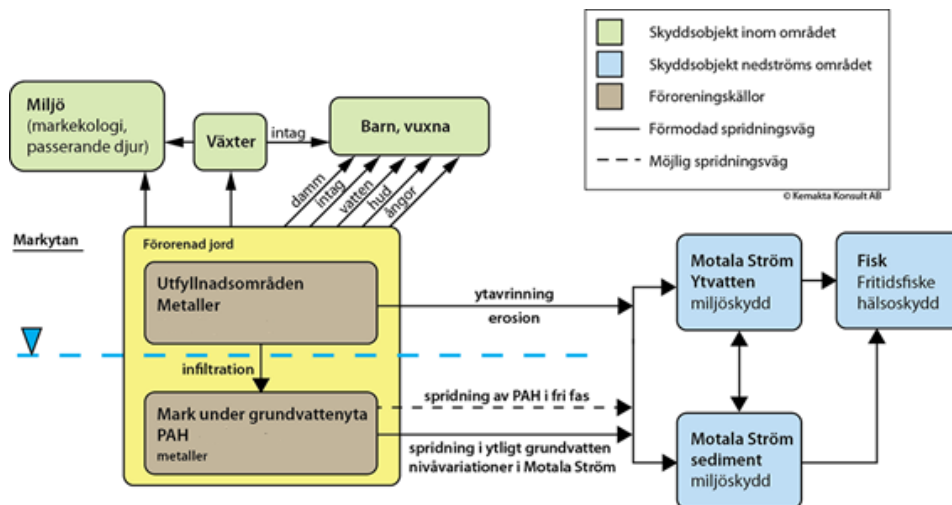
De föroreningar som styr behovet av sanering inom Kolkajen är främst PAH-M och PAH-H till ett djup av 2,5 meter under nuvarande markyta. Föroreningarna är främst begränsade till äldre fyllningsmassor inom området.

Marken inom Kolkajen är förorenad med ämnen som kan vara farliga för människors hälsa och orsaka störningar i miljön. Om människor exponeras för dessa föroreningar finns risk för negativa hälsoeffekter och om föroreningar sprids till Motala ström kan det påverka det akvatiska livet. De halter som uppmätts i marken på området kan teoretiskt påverka markens biologiska funktion negativt.

Det ytliga grundvattnet som rör sig i fyllningen korresponderar väl med havsvattenståndet i Motala ström. Det ytliga grundvattnet inom Kolkajen bedöms variera 0,3 till 1,3 meter under nuvarande markyta. På Kolkajen finns förorenade fyllningsmassor såväl över som under grundvattenytans normalnivå. Genom infiltration sprids föroreningar i jorden till det ytliga grundvattnet och sedan vidare i genomsläppliga jordlager, se konceptuell modell



figur 6. Föroreningar kan också sprida sig via ytavrinning, erosion samt även via ledningsgravar. Strömningsriktningen för grundvattnet varierar inom området, men den slutliga recipienten för grundvattnet är Motala ström.



Figur 6. Konceptuell modell för Kolkajen med föroreningskällor, spridnings- och exponeringsvägar samt skyddsobjekt.

### 10.3 Bedömning av hälso- och miljörisiker

En av de viktigaste exponeringsriskerna för flyktiga ämnen är ånginträngning i byggnader. Inom området förekommer PAH-M i halter överstigande såväl det generella riktvärdet för MKM som plats specifika riktvärden samt exponeringsväg "Inandning av ånga" i flera punkter.

Ytliga föroreningar kan också sprida sig via damning och vid exponering av jord vid schaktningar inom området. I flera fall förekommer PAH-H i halter överstigande exponeringsvägarna "intag av jord", "hudkontakt jord/damm" och "inandning damm".

Föroreningshalterna är högst i ytlig jord (0-1 meter under nuvarande markyta) men finns även i djupare jord. Risken för att människor inom området ska utsättas för en omfattande exponering bedöms i dagsläget vara liten eftersom det främst är yrkesverksamma och tillfälliga besökare som visas på området. Vidare finns endast en byggnad inom området och ytor är asfalterade. Vid en mer omfattande exponering än dagens markanvändning finns dock risk för hälsoeffekter på grund av höga föroreningshalter.

Vad gäller skydd för markmiljön förekommer PAH-M och PAH-H i halter som överstiger riktvärdet för skydd av markmiljön i ett flertal provtagningspunkter inom området. I dagsläget finns sannolikt få eller inga marklevande organismer då området är asfalterat, vilket bidrar till begränsade livsförutsättningar med minimal tillgång till solljus och syre. Den översta halvmetern består dessutom till stor del av sterila bärlager. Skyddet för markmiljön är därmed begränsat med nuvarande markanvändning.

### 10.4 Bedömning av risker för spridning

Föroreningar från marken kan spridas med utströmmande grundvattnet samt genom inläckage i dag- och spillvattenledningar. Kajen mot Motala ström är genomsläpplig och ytvatten i Motala ström korresponderar med det ytliga grundvattnet i fyllnaden. I ett

framtida klimat med högt vattenstånd kan området komma att översvämmas helt och risken för spridning av föroreningar kan därmed öka.

I fyllnaden förekommer halter av PAH-H och PAH-M överstigande riktvärden för skydd mot fri fas (NV 2009). Detta kan medföra risk för vidare spridning i jorden samt till grund- och ytvatten. Grundvattenanalyser indikerar också att det finns halter av PAH-H i grundvattnet som överstiger riktvärdet för risk för fri fas (SPBI 2010). Några observationer av fri fas i jord har dock inte gjorts. Däremot har lukt av petroleum noterats i några punkter. Nuvarande föroreningar kan således innebära en teoretisk risk för spridning till mark samt till det ytliga grundvattnet och till ytvatten.

## 10.5 Effekter i Motala ström

En beräkning har genomförts av vilken omfattning spridningen av föroreningar till Motala ström har i dagsläget och vilka effekter det kan innebära för miljö kvalitetsnormerna i Motala ström (Sweco 2016d). Beräkningar innefattar även utsläppskriterier som visar vilken belastning Motala ström tål utan att miljö kvalitetsnormerna för vattenförekomsten Motala ström försämras.

Utgångspunkt för beräkningarna har varit uppmätta halter av ämnen i grundvattenrör och i Motala ström samt akuta gränsvärden för de aktuella ämnena som förväntas belasta recipienten vid en efterbehandling. Utsläppskriterierna har beräknats med förutsättningar anpassade efter ett "worst-case-scenario" med avseende på förväntade flöden vid en efterbehandling och som en extra säkerhet har en faktor 10 applicerats.

Utsläppskriterierna överstiger i samtliga fall, utom för zink, de maximala halterna i grundvattenrören. Det ska dock noteras att utsläppskriterierna endast är teoretiska nivåer för vad som är acceptabelt för recipientens status enligt vattendirektivet. Det negativa värdet för zink beror på att halten i en av provtagningspunkterna i Motala ström var hög.

I tabell 8 nedan visas beräknade halter av ämnen vid utflöde från Kolkajen samt utsläppskriterier för respektive ämnen. Som kan ses i tabell 8 så blir utsläppskriterierna väsentligt högre än beräknat utflöde vilket beror på att utspädningsfaktorn i Motala ström är så stor (ca 18 800 gånger). Bedömningen är således att nuvarande belastning på Motala ström från det aktuella undersökningsområdet är av sådan storlek att det inte påverkar kemisk status eller den ekologiska potentialen och inte några miljö kvalitetsnormer (MKN) för vattenförekomsten Motala ström (Glan-Bråviken).

Tabell 8. Beräknade utsläppshalter ( $\mu\text{g/l}$ ) i nuvarande utflöde till recipient respektive föreslagna utsläppskriterier med säkerhetsfaktor 10. Utsläppskriterierna överstiger nollalternativet för alla ämnen. Mängder är beräknade utifrån lösta halter i grundvattenprover inom Kolkajen.

Ämne	Maxvärden av utsläppshalter i nuvarande utflöde ( $\mu\text{g/l}$ )	Utsläppskriterium säkerhetsfaktor 10 ( $\mu\text{g/l}$ )
PAH-L	0,43	225880
PAH-M	1,5	900
PAH-H	2,1	660
Arsenik	48,2	14200
Bly	123	25500
Kadmium	<1	750
Krom	29,1	5400
Kvicksilver	0,456	40
Nickel	33,3	61800
Zink	223	-33700

Motala ström är ett stort vattendrag som är klassat som ett kraftigt modifierat vatten. Storleken på vattendraget ger ett högt flöde, vilket leder till att ett utsläpp av förorenade ämnen kan vara stort innan det påverkar status i förekomsten. Utsläpp av föroreningar kan dock ge andra negativa konsekvenser för vattenmiljön. Det kan bli en akut toxisk effekt vid utsläppet och många av ämnena ackumuleras i miljön, vilket på sikt kan ge negativa konsekvenser för både miljön och människor. Det bör även nämnas att ämnen kan spridas partikulärt och då påverka sediment och bottenlevande organismer.

I tabell 9 nedan anges de mängder av föroreningar som området Kolkajen idag beräknas bidra med till Motala ström. För att relatera dessa mängder till vad som årligen transporteras i Motala ström har en jämförelse gjorts med Motala ströms vattenvårdsförbunds transportberäkningar för Motala ström, se tabell 10. Som jämförelse har ett medelvärde beräknats för vad som under en tioårsperiod (åren 2005-2015) transporterats i Motala ström vid den mätstation som finns vid Saltängsbron cirka 1 kilometer uppströms Kolkajen. Jämförelsen visar att mängderna som lakas ut från Kolkajen årligen är mycket små.

Tabell 9. Beräknade min-, medel- och maxmängder som lakas ut till Motala ström från Kolkajen. Mängder anges i g/år.

Ämne	Min (g/år)	Medel (g/år)	Max (g/år)
PAH-L	0,11	0,9	2,9
PAH-M	0,08	3,9	9,9
PAH-H	0,13	4,2	14
Arsenik	11	70	319
Bly	0,3	116	815
Kadmium	0,13	0,9	3,3
Krom	3,2	42	193
Kvicksilver	0,3	0,6	3
Nickel	5	39	221
Zink	23	276	1477

Tabell 10. Beräknade medelmängder som årligen lakas ut från Kolkajen jämfört med årsmedelvärde av transporterad mängd metaller från Motala ströms utlopp. Medelvärden i Motala ström avser åren 2005-2015 (Motala ströms vattenvårdsförbund).

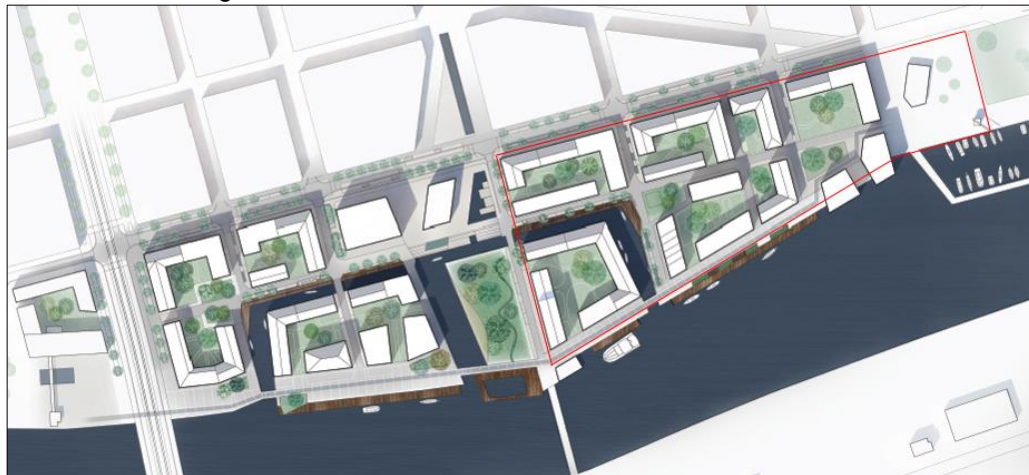
Ämne	Årlig mängd från Kolkajen (kg)	Årlig mängd från Motala Ström (kg)
Arsenik	0,07	1500
Bly	0,116	790
Kadmium	0,001	270
Krom	0,042	1010
Kvicksilver	0,001	5,2
Nickel	0,039	3000
Zink	0,276	17880

## 11 Bedömt åtgärdsbehov

De undersökningar som utförts inom Kolkajen visar att förorening i mark och ytligt grundvatten föreligger. Ett åtgärdsbehov finns både för nuvarande markanvändning som industriområde och vid en framtida markanvändning som bostadsområde. Om Kolkajen ska omvandlas till ett bostadsområde föreligger ett åtgärdsbehov för området främst vad gäller att reducera hälsorisker men även för att reducera risker för markmiljön.

## 12 Områdets framtida utformning

På Kolkajen planeras innerstadsbebyggelse med bostäder och centrumverksamheter. Utöver byggnader planeras även parker och kanaler att uppföras. I figur 7 nedan ses den framtida utformningen av området.



Figur 7. Illustrationskarta över detaljplaneområdets utformning med området Kolkajen markerat med röd linje (remissutgåva), Norrköpings kommun.

För att anpassa området till framtida klimat kommer lägsta nivån för bostäders golv att sättas till +2,5 meter över havet (nuvarande markhöjd varierar mellan +0,4 till +1,4). Detta innebär att det i flera byggnader kommer att anläggas underjordiska garage. Även innegårdar kommer till viss del att hysa underjordiska garage. Kanaler som anläggs kommer att bestå av gjutna konstruktioner med en bottennivå på cirka -2 meter över havet.

Även nuvarande markyta kommer att förändras. Nuvarande markyta varierar mellan +0,4 och +1,4 meter över havet (RH00). En preliminär markmodell för området har tagits fram. I denna modell framgår att Saltängsgatan kommer att höjas till en nivå som varierar mellan +2,5 och +3,2. Området kommer därefter att slutta i riktning mot Motala ström. Nivåerna vid kajen varierar mellan +1,5 och +2,2.

## 13 Åtgärdsalternativ

Den åtgärd som föreslås inom Kolkajen är schaktsanering. För området föreslås platsspecifika riktvärdena för byggnad som mätbara åtgärds mål förutom i det område som ska bli framtida kaj. Den framtida kajen är det område som kommer att användas som kajstråk framöver (utan bostäder). Där gäller de platsspecifika riktvärdena för gatumark. Mätbara åtgärds mål föreslås tillämpas som medelhalt per varje 20x20 metersruta i halvmetersskikt. De selektiva enhetsvolymerna som har medelhalter som klarar åtgärds målen kan lämnas kvar medan de enhetsvolymerna som har medelhalter över åtgärds målen schakts bort.

Två olika åtgärdsalternativ har tagits fram för Kolkajen:

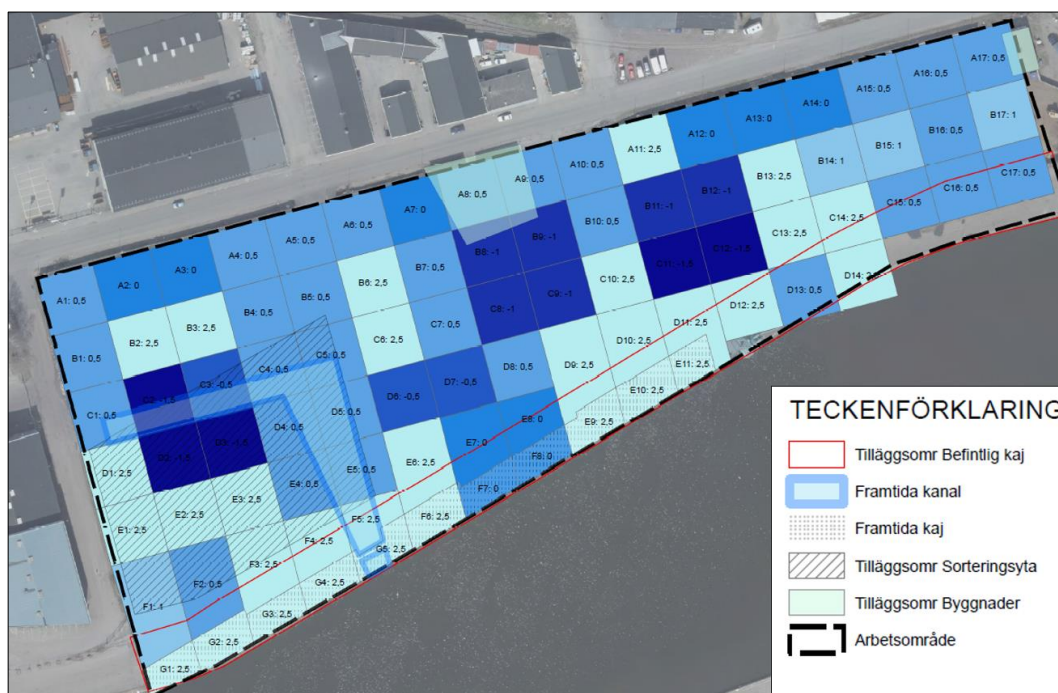
1) **Alternativ 1 – golvyta i nivå +2,5:**

I detta alternativ föreslås en anpassning av området till ett framtida klimat. Denna anpassning utförs genom omfattande höjningar av marknivån och att nivån för lägsta golv sätts till +2,5 meter över havet. Då nuvarande markyta varierar mellan +0,4 och +1,4 meter över havet innebär detta inget behov av sanering utifrån de platsspecifika riktvärdena för 0-1 meter under framtida markyta.

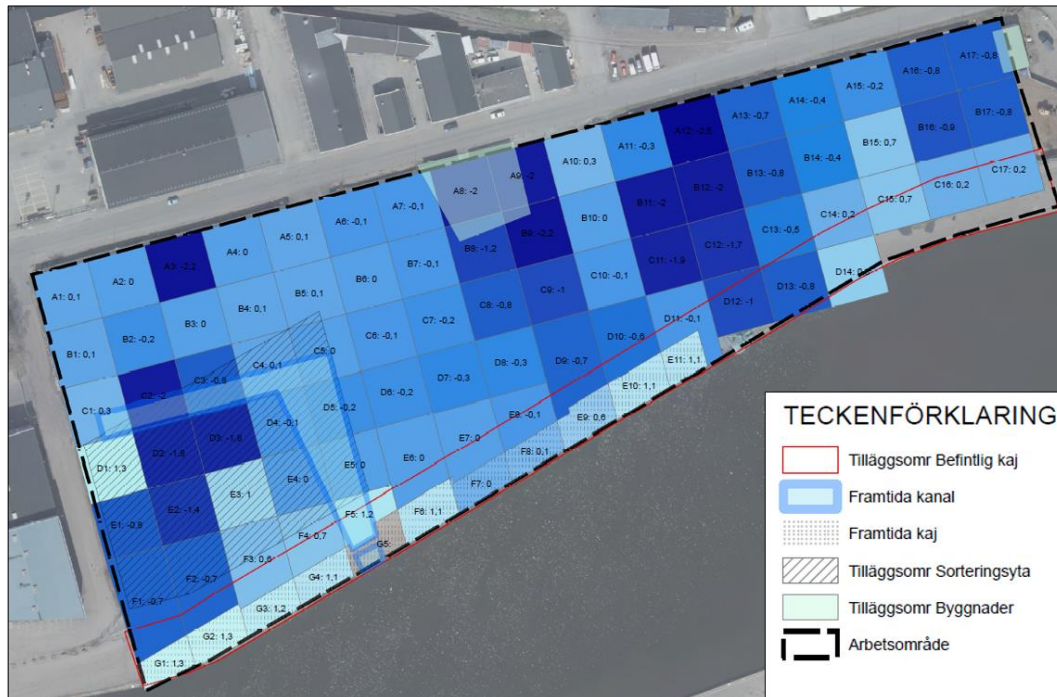
2) **Alternativ 2 – golvyta i nivå med nuvarande markyta:**

I detta alternativ utförs ingen anpassning av området till ett framtida klimat. Efterbehandling utförs utifrån nuvarande markhöjder. I detta alternativ är platsspecifika riktvärden för samtliga djupnivåer tillämpbara.

För att åskådliggöra de båda alternativen har kartor över det totala schaktdjupet tagits fram för de båda alternativen. Kartorna, som visas i figur 8 och 9, visar till vilket djup som schaktning behövs utföras för att angivna åtgärds mål ska nås för respektive alternativ. Den siffra som står inom varje ruta är den nivå uttryckt som höjd över havet (RH00) som schaktning behöver utföras till inom respektive ruta.



Figur 8. Totala schaktdjupet för alternativ 1 – golvyta i nivå +2,5



Figur 9. Totala schaktdjupet för alternativ – golvyta i nivå med nuvarande markyta

De båda alternativen skiljer sig åt med avseende på vilka platsspecifika riktvärden (med avseende på djup utifrån markyta) som ska tillämpas. Detta leder till skillnader i mängd schaktmassor och mängd förorening som tas bort. Schaktdjupet påverkar också mängden länshållningsvatten som uppstår. I tabell 11 nedan redovisas en konsekvensbedömning av de två alternativen.

Tabell 11. Konsekvensbedömning av två olika åtgärdsalternativ

Alternativ 1: Golvyta i nivå +2,5	Alternativ 2: Golvyta i nivå med nuvarande markyta
Borttagen mängd förorening <sup>1</sup>	
Volym schaktmassor: 36 500 m <sup>3</sup> Vikt schaktmassor: 58 400 ton Mängd PAH-M: 730 kg TS Mängd PAH-H: 600 kg TS	Volym schaktmassor: 60 000 m <sup>3</sup> Vikt schaktmassor: 95 800 ton Mängd: PAH-M: 870 kg TS Mängd: PAH-H: 720 kg TS
Miljönytta (tex miljö- och hälsoförbättringar)	
Alternativet innebär mindre schaktningsarbete, deponering av en mindre mängd schaktmassor och minskat behov av jungfruliga massor. Detta i sin tur innebär mindre transporter.	Alternativet innebär att en större mängd förorening tas bort och läggs på en deponi. Detta innebär mer transporter och med detta förknippad miljöpåverkan i form av buller, avgasutsläpp, partikelutsläpp m.m.
Föroreningsspridning kopplat till havsnivåhöjning	
I detta alternativ kan en större mängd förorenade fyllnadsmassor kvarlämnas på djupet. Då området kommer att höjas, asfalteras och bebyggas innebär detta att förorenade fyllnadsmassor övertäcks och någon risk för föroreningsspridning via yttlig partikeltransport eller via mark-infiltration bedöms därmed ej föreligga. Risken för ökad föroreningsspridning kopplat till havsnivåhöjning och ett ökat grundvattenflöde bedöms vara obetydlig då den aktuella föroreningen främst består av PAH vilka har en låg mobilitet. Alternativet bedöms således innebära en obetydlig risk för ökad spridning av föroreningar i samband med havsnivåhöjningar.	I detta alternativ tas större andel förorenade fyllnadsmassor bort. Överbygganden med nya externa fyllnadsmassor blir sannolikt mindre i detta alternativ. Men då området även i detta alternativ till stor del förses med byggnader och hårdgjorda ytor bedöms risken för partikeltransport via ytavrinning som obetydlig. Risken för ökad föroreningsspridning kopplat till havsnivåhöjning och ett ökat grundvattenflöde bedöms vara obetydlig då den aktuella föroreningen främst består av PAH vilka har en låg mobilitet. Alternativet bedöms således innebära en obetydlig risk för ökad spridning av föroreningar i samband med havsnivåhöjningar.
Teknisk genomförbarhet	
Alternativet är tekniskt genomförbart men innebär en länsvattenhållning i schakter som utförs under grundvattenytan. Schaktning under grundvattenytan behöver utföras i 24 av 89 rutor. Det maximala djupet för schaktning som behöver utföras är -1,5 (RH00) vilket ska jämföras med	Alternativet är tekniskt genomförbart men innebär en ökad länsvattenhållning då antalet rutor som schaktas under grundvattenytan uppgår till 60 av 89 rutor. Alternativt utförs schaktning delvis i vattenfyllda gropar. Det maximala djupet för schaktning som behöver utföras är -2,5 (RH00) vilket ska jämföras med



medelvattenytan inom Motala ström som är +0,1.	medelvattenytan inom Motala ström som är +0,1. Alternativet innebär således en större länshållning än alternativ 1.
Åtgärdsrelaterad miljöpåverkan (klimat, naturresurser, vattenhantering)	
Alternativet innebär att förorenade schaktmassor till viss del kan lämnas kvar vilket minskar behovet av att lägga förorenade massor på deponi. Även mängden externa återfyllnadsmassor kan minskas. Detta innebär mindre transporter vilket är positivt ur klimatsynpunkt. Behovet av länshållning är mindre i detta alternativ likaså minskar mängden länshållningsvatten som behöver behandlas och renas.	Alternativet innebär att en större mängd förorenade fyllnadsmassor schaktas bort. Schaktmassorna transporteras sannolikt till en deponi och behöver därmed ersättas med nya massor. I detta alternativ ökar även mängden länshållningsvatten som släpps ut till Motala ström efter behandling.
Osäkerheter och ev. övriga aspekter	
Då föroreningen är heterogen finns en viss risk att fyllnadsmassor med halter över platsspecifika riktvärden oavsiktligt lämnas kvar, dvs typ-1 fel.	Större mängd föroreningar tas bort och risken för så kallade typ-1 fel minskas.
Kostnader <sup>2</sup>	
Kostnaden för detta åtgärdsalternativ har uppskattats till cirka 40,5 miljoner kr.	Kostnaden för detta åtgärdsalternativ har uppskattats till cirka 58,5 miljoner kr.
Kostnadseffektivitet	
Åtgärdsalternativet innebär att uppsatta åtgärds mål kan nås till en betydligt lägre kostnad än alternativ 2. Kostnadseffektiviteten för detta alternativ är: 18 kg PAH-M / miljon kr 15 kg PAH-H / miljon kr	Åtgärdsalternativet innebär att kostnaden ökar med cirka 40 % vilket ska ställas i relation till att endast 20 % mer förorening av respektive PAH-M och PAH-H avlägsnas från området. Kostnadseffektiviteten för detta alternativ är: 15 kg PAH-M / miljon kr 12 kg PAH-H / miljon kr

<sup>1</sup> I beräkningar har antagits att alla osäkra enhetsvolymen inom området är förorenade och därmed ska schaktas bort, samt att alla schaktmassor som behöver schaktas upp för att få åtkomst till andra förorenade massor också behöver skickas iväg som avfall. Densiteten på massorna har satts till 1,6 ton/m<sup>3</sup>. I beräkningarna har en osäkerhet om 30% uppskattats.

<sup>2</sup> I kostnadsberäkningarna ingår en kompletterande undersökning av osäkra enhetsvolymen, kostnader för deponi, mottagning, återfyllnad, kostnad för hantering av betong, vattenrening, byggherrekostnad samt en projektreserv. Kostnaden för hantering av vatten har antagits vara densamma i de båda alternativen. Byggherrekostnaden som även inkluderar miljökontrollen har satts till 17% av det totala värdet för hanteringen av massor, betong och vatten samt den kompletterande undersökningen. Projektreserv

antas vara 13 %. Dessutom tillkommer en kvalitetssäkring om 5%. En kostnadskalkyl för åtgärdsalternativ 1 (golvyta i nivå +2.5) och åtgärdsalternativ 2 (golvyta i nivå med nuvarande markyta) redovisas i bilaga 1 respektive bilaga 2.

Det alternativ som förordas på Kolkajen är det alternativ som innebär en anpassning för framtida klimat, dvs alternativ 1. Detta alternativ är det som är mest kostnadseffektivt och åtgärderna bidrar till att åtgärdsmålen nås samtidigt som miljökonsekvenserna är mindre utifrån klimatpåverkan och mängd massor som läggs på deponi.

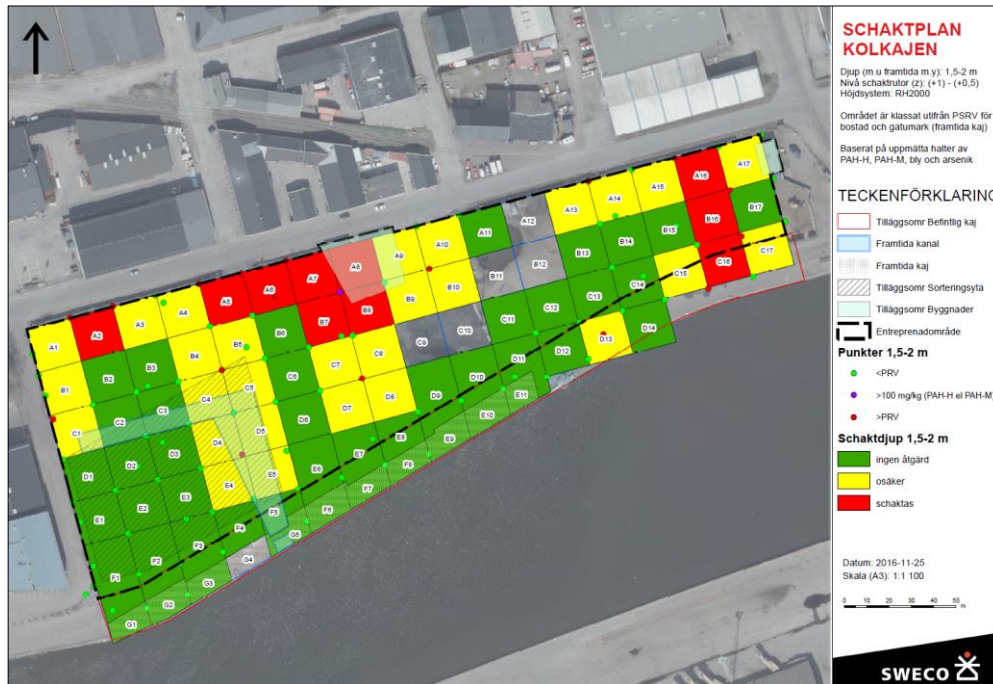
## 14 Åtgärder utifrån valt åtgärdsalternativ

Det åtgärdsalternativ som en kommande avhjälpandeåtgärd utgår ifrån är det alternativ som utgår från en lägsta golvnivå på +2,5 (dvs alternativ 1).

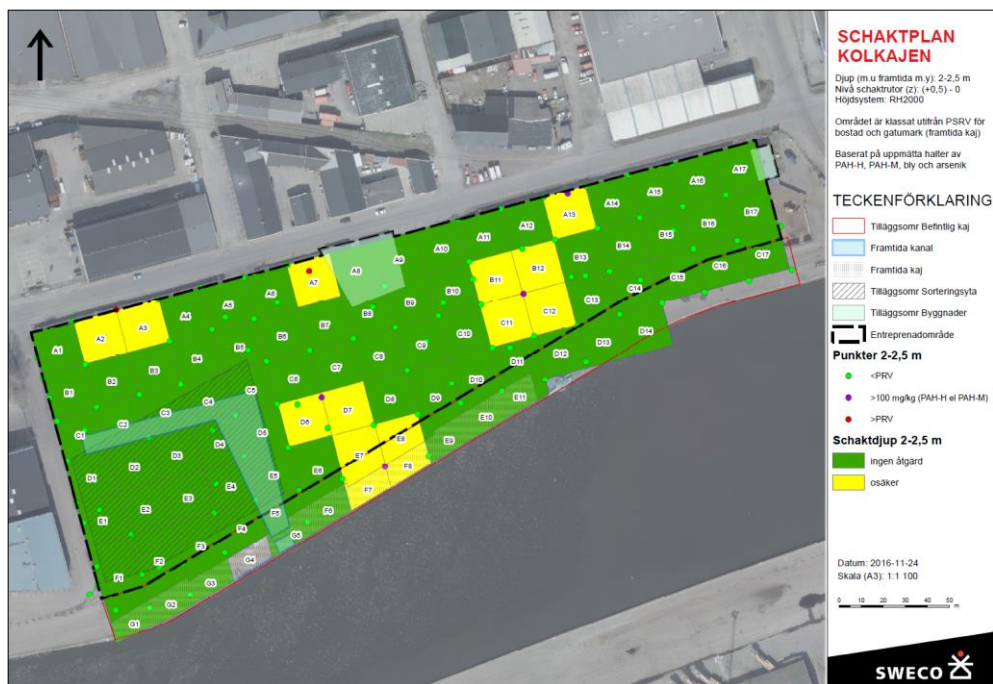
För bedömning av åtgärdsbehov utifrån en framtida markanvändning har schaktplaner för varje halvmetersintervall tagits fram för det föreslagna alternativet (se figur 10 till 14 nedan). Mätbara åtgärds mål förslås tillämpas som medelhalt per varje 20x20 metersruta i halvmetersskikt. De enhetsvolymen som har medelhalter som klarar åtgärds målen har i schaktplanerna färgats gröna. Någon åtgärd fordras inte i dessa gröna områden. Röda rutor betyder att åtgärds målen inte klaras och att enhetsvolymen för det aktuella djupintervallet ska schaktas bort. Schaktplanen innehåller också ett flertal gula rutor där det finns osäkerheter vad gäller medelhalten. Anledningen till att antalet osäkra områden är stort beror på stor heterogenitet i föroreningshalter inom en och samma enhetsvolym. I flera fall beror osäkerheten på att det inom Kolkajen finns flera gamla betongplattor och fundament under vilka provtagning inte kunnat utföras.



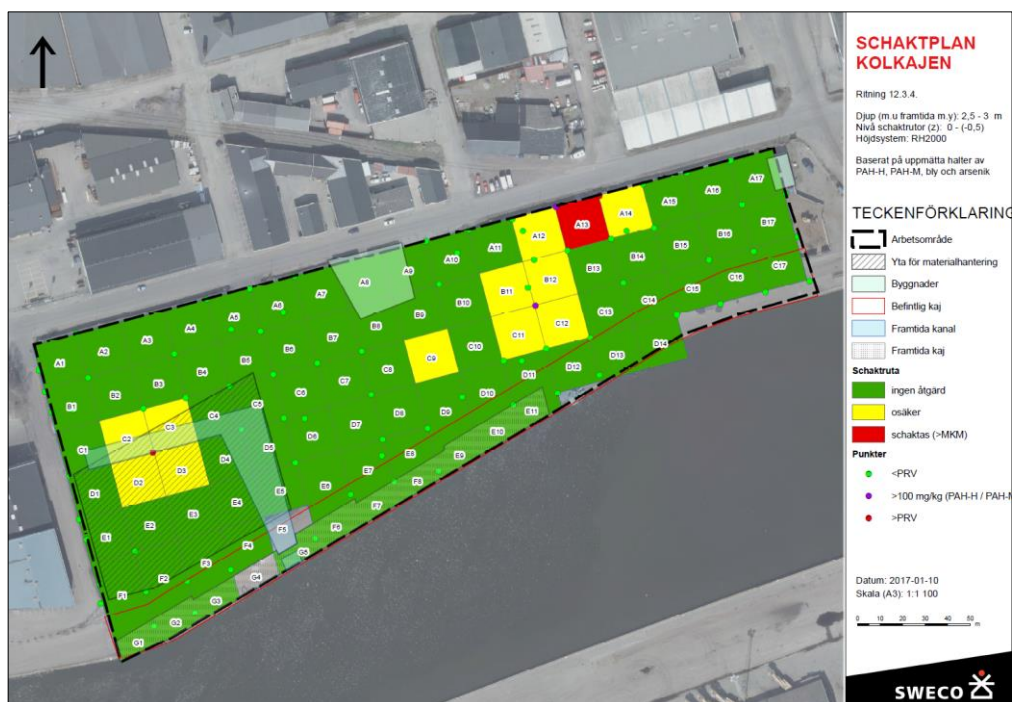
Figur 10. Schaktplan som visar åtgärdsbehovet för nivån 1-1,5 meter under framtida markyta.



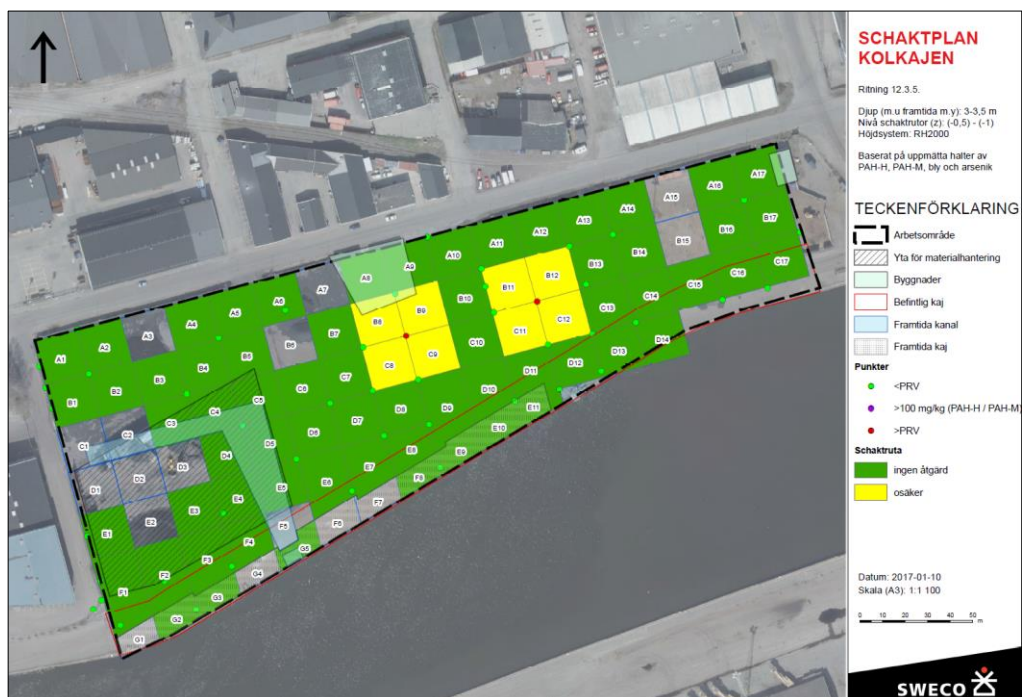
Figur 11. Schaktplan som visar åtgärdsbehovet för nivån 1,5-2 meter under framtida markyta.



Figur 12. Schaktplan som visar åtgärdsbehovet för nivån 2-2,5 meter under framtida markyta.



Figur 13. Schaktplan som visar åtgärdsbehovet för nivån 2,5-3 meter under framtida markyta.



Figur 14. Schaktplan som visar åtgärdsbehovet för nivån 3-3,5 meter under framtida markyta.

## 15 Mängdning av massor

En uppskattning har gjorts av mängder av schaktmassor och mängd PAH-M och PAH-H som reduceras vid föreslagna avhjälpandeåtgärder på Kolkajen.

Om alla osäkra enhetsvolymen inom området betraktas som förorenade över åtgärds målen och därmed behöver schaktas bort bedöms den totala schaktvolymen vara 36 500 m<sup>3</sup>. Detta motsvarar en vikt av cirka 58 400 ton (densitet 1,6 ton/m<sup>3</sup>). Mängden PAH-M som schaktas bort bedöms då motsvara 730 kg TS och mängden PAH-H bedöms motsvara 600 kg TS. I uppskattningen av schaktvolym har höjd tagits för att en viss andel av friklassade massor schaktas bort på grund av tekniska skäl.

Då antalet osäkra enhetsvolymen är stort finns det en viss osäkerhet i beräkningarna. En osäkerhet om 30 % har uppskattats.

## 16 Referenser

**Arkeologerna 2016.** Muntliga uppgifter (skriftlig rapport kommer).

**Naturvårdsverket 2009.** Riktvärden för förorenad mark, Modellbeskrivning och vägledning, Naturvårdsverkets rapport 5976, september 2009. Reviderad juni 2016.

**SGU 2013.** Bedömningsgrunder för grundvatten. Sveriges Geologiska undersökning. SGU rapport 2013:01.

**SPBI 2010.** Efterbehandling av förorenade bensinstationer och dieselanläggningar.

**Sweco 2016a.** Teknisk rapport: Åtgärdsförberedande miljöteknisk undersökning med systematisk provtagning av jord och grundvatten vid Kolkajen (fastigheterna Kronomagasinet 1 & 2, Östra Kronomagasinet 1 & 2, Åbodarne 1 & 5, Roskarlen 1, Alkan 1 och del av Saltängen 1:1). Daterad 2016-05-16 reviderad 2016-08-30.

**Sweco 2016b.** Teknisk rapport: Provtagning av grundvatten och ytvatten i Motala ström inom området Inre hamnen, Norrköping. Daterad 2016-06-20.

**Sweco 2016c.** Åtgärdsförberedande markteknisk undersökning med systematisk provtagning av jord inom Gasverksområdet (fastigheterna Skeppsdockan 1, 3 och 5 samt delar av Saltängen 1:1), Inre hamnen i Norrköping. Daterad 2016-04-18.

**Sweco 2016d.** PM Utsläppskriterier ytvatten, Kolkajen. Daterat november 2016

**Sweco 2015.** Teknisk rapport: Miljöteknisk markundersökning med provtagning av jord och grundvatten inom området Inre Hamnen i Norrköping. Daterad 2015-03-16.

**Sweco och Kemakta konsult AB 2015.** Riskbedömning Inre hamnen, Norrköping. Juni 2015.

**Sweco 2009.** Översiktlig miljöteknisk markundersökning, Östra Saltängen etapp 2 och 3.

**Vägverket 2004.** Hantering av tjärhaltiga beläggningar. Publikation 2004:90.

# Bilaga 1. Kostnadskalkyl åtgärdsalternativ 1: Golvyta i nivå + 2,5

Kolkajen

	Mängd massor ton	Mängd massor + 30 % osäkerhet	Kostnad mottagning kr/ton	Schakt	Återfyll kr/ton	Kostnad kr/ton	Transportkostnad	Kostnad SEK
Förberedande (2017)								
Provgroppsgrävning								600 000,00 kr
Summa								600 000,00 kr
Förberedande (2018)								
Kompletterande provgroppsgrävning								150 000,00 kr
Summa								150 000,00 kr
Sanering (2017-2018)								
Betonghantering	6300			500		500		3 150 000,00 kr
Fri-KM	9600	12480	0	200	0	200	4	2 545 920,00 kr
KM-MKM	17230	22400	75	130	200	405	4	9 161 404,93 kr
MKM-FA	18089	23516	175	130	200	505	4	11 969 752,04 kr
>FA	0	0	550	130	200	880	4	0,00 kr
Summa								26 827 076,98 kr
Övriga kostnader								
Vattenhantering								2 000 000,00 kr
Kvalitetssäkring 5%								1 183 853,85 kr
Byggherrekostnad 17%								5 028 103,09 kr
Projektreserv 13%								4 652 574,41 kr
Summa								12 864 531,34 kr

<b>Totalsumma</b>	<b>40 441 608,32 kr</b>
<b>Summa avrundat</b>	<b>40 500 000,00 kr</b>

Detaljerad kostnadsberäkning för provgroppsgrävning i separat flik. Förutsätter icke certifierad provtagning.

Betonghantering: Siffran motsvarar att 25% av ytan täcks av betongplattor som är ca 0,3 m tjocka. Densitet 2,4 ton/m<sup>3</sup>

Vattenhantering. Kostnaden inkluderar damm om 50 m<sup>2</sup> samt trycksatt sandfilter (källa: PM länsvatten från kolkajen). Mängden vatten har här antagits vara samma för båda alternativ. Alternativet nuvarande marknivå borde innebära strörre vattenmängder.

Kvalitetssäkring innebär kontroll av schakt  
- Bottenprov, schaktväggar, säkerställa att föroreningar tas bort

Byggherrekostnad:  
- Inkluderar miljökontroll, projektering och byggledning

Kostnader för förberedande arbete (2017 och 2018):  
- 80 % fördelas på 2017  
- 20 % fördelas på 2018

## Bilaga 2. Kostnads kalkyl åtgärdsalternativ 2: Golvyta i nivå med nuvarande markyta

Kolkajen

	Mängd massor ton	Mängd massor + 30 % osäkerhet	Kostnad mottagning kr/ton	Schakt	Återfyll kr/ton	Kostnad kr/ton	Transport-kostnad	Kostnad SEK
Förberedande (2017)								
Provgroppsgrävning								600 000,00 kr
Summa								600 000,00 kr
Förberedande (2018)								
Kompletterande provgroppsgrävning								150 000,00 kr
Summa								150 000,00 kr
Sanering (2017-2018)								
Betonghantering	6300			500		500		3 150 000,00 kr
Fri-KM	17581	22855	0	200	0	200	4	4 662 427,95 kr
KM-MKM	38789	50426	75	130	200	405	4	20 624 253,41 kr
MKM-FA	17307	22500	175	130	200	505	4	11 452 341,04 kr
>FA	0	0	550	130	200	880	4	0,00 kr
Summa								39 889 022,41 kr
Övriga kostnader								
Vattenhantering								2 000 000,00 kr
Kvalitetssäkring 5%								1 836 951,12 kr
Byggherrekostnad 17%								7 248 633,81 kr
Projektreserv 13%								6 724 198,95 kr
Summa								17 809 783,88 kr
<b>Totalsumma</b>								<b>58 448 806,29 kr</b>
<b>Summa avrundat</b>								<b>58 500 000,00 kr</b>

Detaljerad kostnadsberäkning för provgroppsgrävning i separat flik. Förutsätter icke certifierad provtagning.

Betonghantering: Siffran motsvarar att 20% av ytan täcks av betongplattor som är ca 0,3 m tjocka. Densitet 2,4 ton/m<sup>3</sup>

Vattenhantering. Kostnaden inkluderar damm om 50 m<sup>2</sup> samt trycksatt sandfilter (källa: PM länsvatten från kolkajen). Mängden vatten har här antagits vara samma för båda alternativ. Alternativet nuvarande marknivå borde innebära strörre vattenmängder.

Kvalitetssäkring innebär kontroll av schakt  
- Bottenprov, schaktväggar, säkerställa att föroreningar tas bort

Byggherrekostnad:  
- Inkluderar miljökontroll, projektering och bygglledning

Kostnader för förberedande arbete (2017 och 2018):  
- 80 % fördelas på 2017  
- 20 % fördelas på 2018