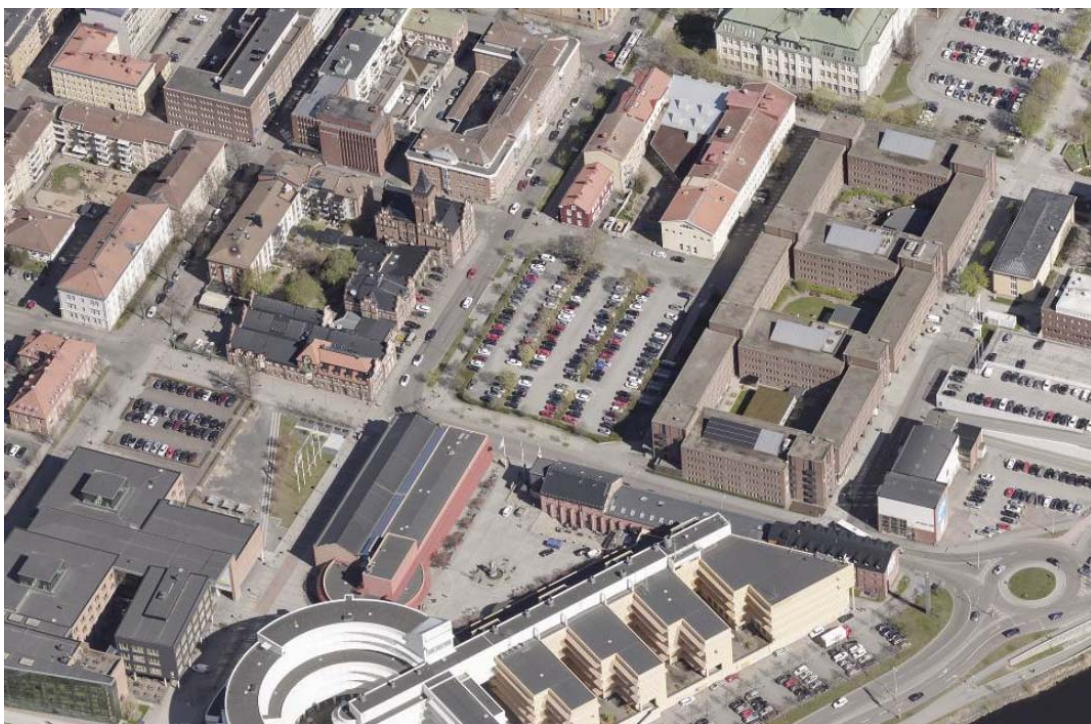

Rapport

Detaljerad miljöteknisk markundersökning
med riskbedömning och åtgärdsförslag
Kvarteret Grävlingen (Väster 1:1)

Brandtornet AB, Castellum AB



2018-11-21

Medverkande

Maria Sandström, VoS, uppdragsansvarig/handläggare/granskare

Emma Holmén, VoS, provtagare

Elise Johansson, VoS, provtagare

Wiktor Skoglund, provtagare grundvatten

Peter Sandström, VoS, handläggare/granskare

Martin Palm, granskare

Sten Lundberg, BGK, fälttekniker

Janne Svensson, BGK, fälttekniker

Granskning	Namn	Datum
Granskad internt	Peter Sandström, Maria Sandström	2018-10-04
Slutprodukt godkänd	Maria Sandström	2018-11-21
Revidering		

Vatten och Samhällsteknik

www.vosteknik.se. Org. Nr 556449-1446

Kalmarkontoret
Trädgårdsgatan 16
39235 KALMAR
Tfn 0480-615 00

Jönköpingskontoret
Oxtorgsgatan 16
553 17 JÖNKÖPING
Tfn 039-19 64 80

Innehåll

Inledning	3
Områdesbeskrivning.....	5
Tidigare undersökningar	12
Fältundersökningar	17
Analyser och instrumentmätningar	20
Bedömningsgrunder för jord m.m.	22
Bedömningsgrunder för asfalt	27
Bedömningsgrunder för grundvatten	27
Resultat och resultatdiskussion	28
Klassificering av selektiva enhetsvolymmer för jord-/fyllning	36
Sammanfattning av föroreningsituationen	39
Riskbedömning.....	40
Förslag till åtgärder	47
Kostnadskalkyl	52
Osäkerheter, slutsatser och rekommendationer.....	63

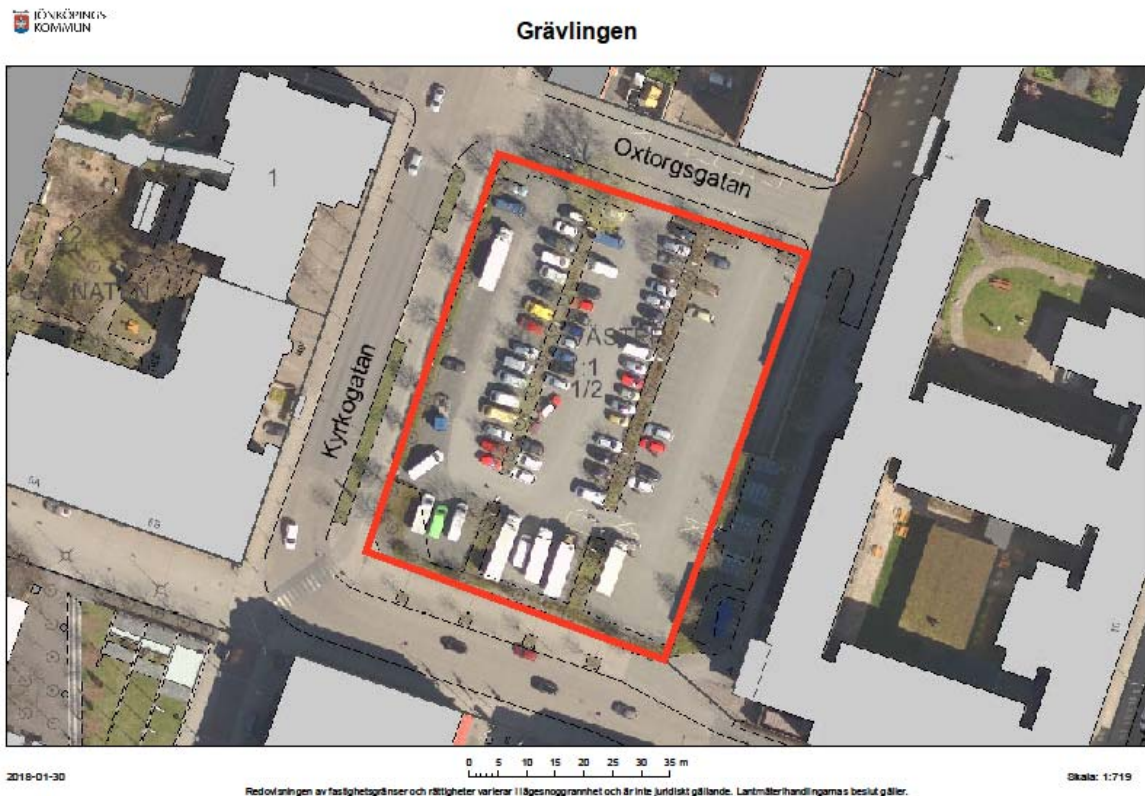
Bilagor

Bilaga 1a-b	Fältprotokoll med jordlagerföljder från skruvborrning respektive provgroppsgrävning
Bilaga 2	Foton på urval av borrhärdar och provgroppar
Bilaga 3	Fältprotokoll med nivåer m.m. från grundvattenprovtagning
Bilaga 4	Resultat från PID-mätning av jord/fyllnadsmaterial
Bilaga 5	Resultat från XRF-mätning av jord/fyllnadsmaterial
Bilaga 6a-b	Analysresultat jord/fyllnadsmaterial och ytasfalt jämfört med generella och platsspecifika riktvärden
en	
Bilaga 7	Analysresultat grundvatten jämfört med bedömningsgrunder
Bilaga 8a-b	Medelhalter SEV jämfört med generella och platsspecifika riktvärden
Bilaga 9a-b	Beräknade platsspecifika riktvärden med uttagsrapporter
Plansch 1	Situationsplan med provpunkter och föroreningsgrad i jord/fyllnadsmaterial
Plansch 2	Situationsplan med provpunkter och föroreningsgrad i grundvattnet
Plansch 3	Situationsplan med högsta föroreningsgrad i SEV per ruta 0-6/0-2,5 m.u.my.
Plansch 4	Situationsplan med högsta föroreningsgrad i SEV per ruta 2,5-6 m.u.my.
Plansch 5	Situationsplan med högsta föroreningsgrad i SEV per ruta 5-6 m.u.my.
Plansch 6	Preliminär schaktplan exploateringsalternativ 1

Inledning

Bakgrund, uppdrag och syfte

Vatten och Samhällsteknik AB (VoS) har på uppdrag av fastighetsbolagen Castellum AB och Brandtornet AB utfört en detaljerad miljöteknisk markundersökning inom del av fastigheten Väster 1:1, som ligger i kvarteret Grävlingen och ägs av Jönköpings kommun. Uppdraget är föranlett av att Castellum och Brandtornet tillsammans har fått marktilldelning av Jönköpings kommun för att bygga bostäder och kommersiella lokaler på fastigheten, som idag används som parkeringsplats och som historiskt varit plats för stadens gasverk. Objektet finns registrerat i Länsstyrelsens databas som potentiellt förorenat område med riskklass 2, vilket innebär stor risk för människors hälsa och miljö med avseende på föroreningar.



Figur 1 Aktuellt exploateringsområde

Markundersökningen har omfattat bedömning av jordlagerföljder inklusive fyllnads-massor och avfallsinnehåll, mätning av grundvattennivåer samt provtagning av jord/fyllnadsmaterial, avfallsrester, ytasfalt och grundvatten. Syftet med undersökningen har varit att erhålla en samlad bedömning av föreningssituationen samt underlag för klassificering av massor. Uppdraget har även omfattat en riskbedömning och förslag på saneringsåtgärder samt bedömning av kostnader förknippade med föreslagna saneringsåtgärder för planerad exploatering.

Förutsättningar och avgränsningar

Den miljötekniska markundersökningen har utgått ifrån uppdragsförfrågan daterad 2018-02-04 samt av Vatten och Samhällsteknik upprättad provtagningsplan¹.

Omfattning och avgränsning av genomförd undersökning samt i viss mån av utvärdering och riskbedömning har bestämts i samråd med beställarna, Jönköpings kommun (Mark- och exploateringsavdelningen samt Miljö- och hälsoskyddskontoret) samt Länsstyrelsen i Jönköpings län (Miljö- och samhällsbyggnadsavdelningen).

Undersökningsområdet har avgränsats av lokaliseringen av de olika anläggningsdelarna och byggnaderna tillhörande det f.d. gasverket. Enligt överenskommelse med beställare och tillsynsmyndighet har dock de relativt små delar av anläggningen som kan ha legat inom området för nuvarande gatubana i Gjuterigatan (i söder) och Kyrkogatan (i väster) undantagits. Anledning är att exploateringen inte kommer att innebära några ingrepp i denna del av den f.d. gasverkstomten och inte heller något förändrat användningssätt av gatubanan. Inte heller för befintliga gång-/cykelbanor mellan kvarteret Grävlingen och gatubanan i söder, väster och norr kommer markanvändningen förändras. G/c-banorna har dock ingått i undersökningen eftersom tidigare byggnader/anläggningsdelar till stor del bedöms ha legat inom dessa. Gränsen för undersökningen har således dragits vid befintligt kantstöd mot gatubanan. Undersökningsområdet inklusive omgivande g/c-banor är ca 5 200 m² stort (jfr m. storlek på exploateringsområdet enligt ovan - ca 4 000 m²).

Huvudfokus på undersökningen har varit de f.d. anläggningsdelar som förväntats vara förorenade. Till dessa hör kvarvarande betongkassuner under mark, som tidigare var fyllda med tjära och ammoniakvatten, samt plats för kolupplag och gasklocka. Exakt vad som föregick på olika platser inom området är dock osäkert, exempelvis kan det finnas deponerade restprodukter inom området. Även undersökning av påverkan från andra potentiella föroreningskällor från såväl den f.d. gasverksanläggningen som senare markanvändning samt omgivande verksamheter har innefattats i undersökningen.

Strategin för undersökningen har varit att den ska vara tillräckligt detaljerad för att leda till en god kännedom om vilka och vilken mängd föroreningar som finns inom det aktuella området, samt för att kunna göra en klassificering av selektiva enhetsvolymer (SEV) à ca 100 m³ som visar hur varje SEV ska omhändertas.

En förutsättning för SEV-klassificering, riskbedömning och åtgärdsförslag är att på hela tomtytan ska massor schaktas ur och transporteras bort för byggnation av ett underjordiskt garage. För detta finns två alternativ; Alternativ 1 innebär att alla massor schaktas bort ner till ca 2,5 m under markytan och att garaget byggs i ett plan. Alternativ

¹ Provtagningsplan, Detaljerad miljöteknisk markundersökning, kvarteret Grävlingen, Jönköping, VoS, 2018-04-20

2 innebär att massor schaktas bort ner till ca 5 m under markytan och att garaget byggs i två plan.

Områdesbeskrivning

Lokalisering

Det undersökta området är lokaliserat till fastigheten Väster 1:1 i centrala Jönköping, ca 200 m väster om Munksjön. Undersökningsområdet, som är ca 5 200 kvm stort, avgränsas i norr, väster och söder av lokalgatorna Verkstadsgatan/Oxtorgsgatan, Kyrkogatan och Gjuterigatan inklusive gång- och cykelvägar, se figur 1 ovan. I öster avgränsas större delen av området av en betongmur som avskiljer en nedfart till ett underjordiskt parkeringsgarage inom kvarteret Götaland. Strax söder om området ligger Jönköping University, tidigare läge för Jönköpings mekaniska verkstad. Övrig kringliggande bebyggelse utgörs av kontorslokaler, gymnasieskola och till viss del bostäder.

Nuvarande markanvändning och topografi

Idag utnyttjas stora delar av kvarteret Grävlingen som bilparkering för bl.a. Jordbruksverket. Parkeringsytan är till ca två tredjedelar asfalterad och ca en tredjedel grusad. Parkeringsplatsen avskiljs och delas av smalare planteringsytor med träd och buskar. Se figur 1 ovan.

Parkeringsplatsen är relativt plan med nivåer mellan +94,8 m.ö.h. och +94,1 m.ö.h., med den lägsta nivån i sydöst och de högsta centralt på området. Större delen av ytan ligger mellan + 94,5 m.ö.h. och + 94,8 m.ö.h. Parkeringsytan är ungefär i nivå med omgivande gator i väster – Kyrkogatan och i norr – Oxtorgsgatan/Verkstadsgatan. Gjuterigatan i söder, med längsgående gång- och cykelbana sjunker mot sydöst varför en nivåskillnad på drygt en meter mot omgivande gång- och cykelbana finns i sydöstra hörnet av det aktuella området.

Tidigare markanvändning och historik

I kvarteret Grävlingen har Jönköpings gasverk tidigare legat. Gasverksanläggningen togs i drift år 1863. Till en början användes gasen till gatlyktor. Anläggningen omfattade fem retortugnar, kondensator, tvättare, tre reningskistor, stationsgasmätare, gasklocka, regulator och tillhörande byggnader jämte gasledningar och 114 stycken gatlyktor. Gasproduktionen uppgick då till cirka 70 000 m³/år.²

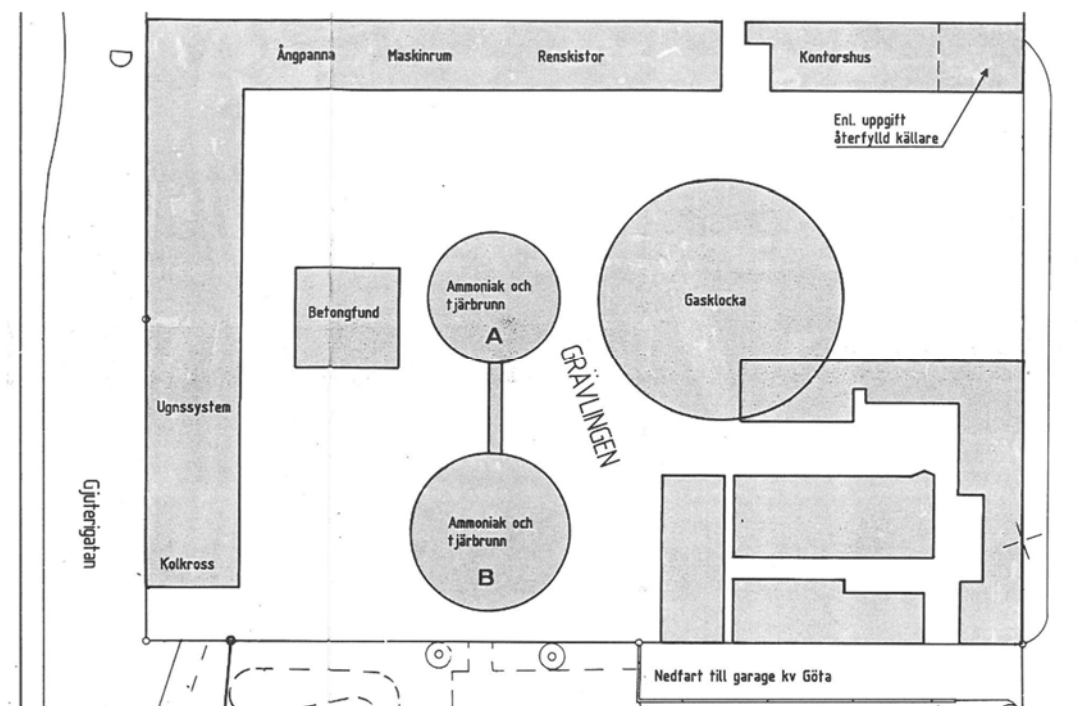
Gasverksanläggningen byggdes ut och förbättrades successivt. I början av 1900-talet började den elektriska energin tränga undan gasen för belysning och kraft. Gasen användes i stället mer till kokning och värmeändamål. År 1900 tillverkades cirka 600 000

² Källa: Jönköpings historia, del 4

m³ gas och år 1919 hade tillverkningen ökat till drygt 1 800 000 m³ gas. Under år 1958 uppgick gasproduktionen till drygt 2 700 000 m³. Året därpå den 16 december 1959, släcktes kolgasugnarna och kolgasverket togs ur drift. Då togs istället en anläggning för tillverkning av spaltgas genom spaltning av lättbensin i drift på platsen. Den användes fram till år 1965, då den övertogs av Ystads gasverk.

Vid gasproduktionen erhöles biprodukter, såsom koks, tjära och ammoniakvatten. Biproduktionen av tjära uppgick 1913 till 235 ton och 1958 till 204 ton. Tjäran användes bland annat av Munksjö AB för tillverkning av papp. Av ammoniakvattnet tillverkades från 1906 och fram till 1934 ammoniumsulfat, 30-40 ton per år.

Vid gasverket fanns på senare tid en våtklocka på 5 300 m³. I marken fanns även två seriekopplade betongkassuner/brunnar med vardera en volym på 600 m³, som användes för avskiljning av biprodukterna ammoniakvatten och tjära, där den ena kassunen var avsedd för lagring av tjära och den andra för ammoniakvatten. Kassunerna var förbundna med en 2 m bred fördelningsrännna. I **figur 2** ses en tidigare rekonstruktion över tidigare anläggsdelar och byggnader.



Figur 2 Plan över kvarteret Grävlingen med rekonstruktion av äldre anläggningar och bebyggelse tillhörande f.d. gasverket.³

En mindre del av den f.d. gasverksanläggningen kan via jämförelse med äldre flygfoto, **figur 3**, konstateras ha legat utanför den nuvarande parkeringsplatsen. Det gäller ytter-

³ Källa: Kv Grävlingen, f.d Gasverket, Undersökningar 1993-1994, Resultat, risker och förslag till åtgärder, Vatten och Samhällsteknik AB, 1994-12-19. Plansch 2.

områdena mot söder (Gjuterigatan) och väster (Kyrkogatan). Sannolikt har hela den befintliga gång- och cykelbanan som skiljer parkeringsytan från de omgivande vägarna upptagits av anläggningsdelar för kolkross, ugnssystem, ångpanna, maskinrum, renskistor och kontorshus vid det gamla gasverket. Även en mindre del av nuvarande gatubana främst i söder och väster kan antas ha ingått i det tidigare gasverksområdet. Jämför med figur 1 ovan.



Figur 3 Flygfoto från 1964.⁴

Saneringsåtgärder ska ha utförts efter undersökningar 1976 varvid tjära och förorenat vatten pumpades ur kassunerna och transporterades bort. Den tjära som inte gått att pumpa upp har lämnats kvar i botten på tjär- och ammoniakbrunnarna/betongkassunerna. Dock ska dräneringshål ha borrats i botten av kassunerna för att förhindra att dessa återfylldes med vatten. Kassunerna ska därefter ha fyllts med jord. De saneringsåtgärder som utfördes har dock inte dokumenterats och är sannolikt otillräckliga.

Strax söder om kvarteret Grävlingen, där nuvarande Jönköping University ligger, har historiskt Jönköpings mekaniska verkstad legat, varifrån potentiella föroreningar kan ha

⁴ Källa: www.eniro.se

spridits till aktuellt undersökningsområde. Även andra förorenande verksamheter har legat i närliggande kvarter, i huvudsak dock främst nedströms aktuellt område.

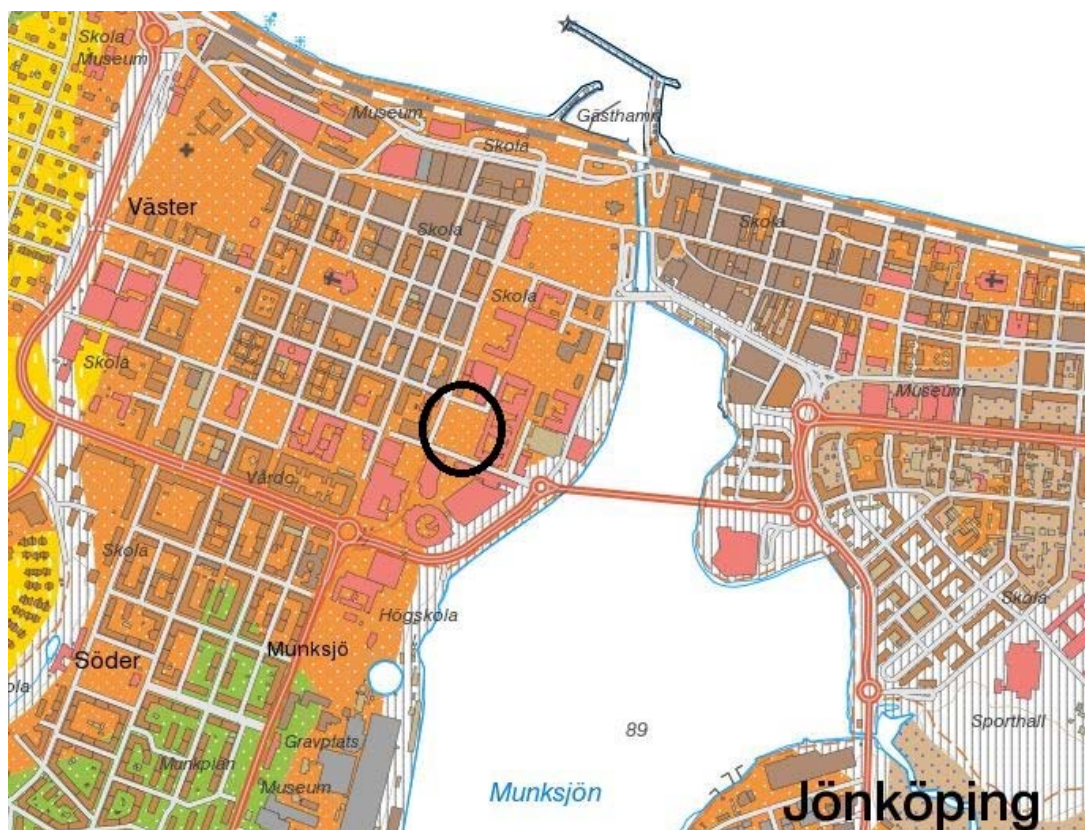
Planerad markanvändning

På aktuell fastighet planeras för byggnation av bostäder och kommersiella lokaler samt ett underjordiskt garage i ett eller två plan. Hela tomtytan ska därmed grävas ur ner till 2,5 m eller 5 m under markytan.

De framtida byggnaderna planeras att utgöras av kommersiella lokaler i markplanet samt i huvudsak av bostäder i flera ovanpåliggande våningar. Kringliggande markytor kommer i huvudsak att utgöras av hårdgjorda gång- och gårdsytor.

Geologi

Enligt SGU:s jordartskarta utgörs den ytliga jordlagren i större delen av centrala Jönköping inklusive aktuellt undersökningsområde av postglacial finsand, se **figur 4**.



Figur 4 Jordartskarta över centrala Jönköping, med aktuellt område markerat. ⁵

⁵ Källa: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100.html>

Jönköpings centrala delar är belägna i den s.k. Vättersänkan, som här är utfylld med kvartära avlagringar av olika slag. Berggrunden utgörs av sandsten tillhörande den så kallade Visingsö-formationen och därunder urberg. ⁶

Utifrån borrhämnor vid tidigare undersökningar på väster i centrala Jönköping har det övre sandlagret visat sig vara drygt 20 m mäktigt. Mellan den övre sanden och sandstenen på ca 50 m djup finns ett tätande lerlager. ⁵

Av tidigare undersökningar på den aktuella fastigheten framgår att jordmaterialet huvudsakligen utgörs av fyllning och sand. Fyllningen har bedömts utgöras av sand, grus, sten, kullersten, slagg, kol, tjära samt byggnadsrester i form av tegel, betong och trä. ⁷ Detta bekräftas av nu genomförda undersökningar, se vidare under ”Jordlager” i avsnitt ”Resultat och resultatdiskussion” nedan.

Geohydrologi

Grundvatten finns på tre nivåer i markprofilen; i de övre sandlagren, i sandstenen samt i urberget. Sandstensformationen är en stor och betydelsefull grundvattenakvifer, se ”utpekade grundvattenförekomster” nedan.

Utifrån nu genomförda och äldre nivåmätningar har konstaterats att grundvattenytan i sanden inom det aktuella området med tiden varierat mellan ca 3,5 och ca 5,5 m under markytan. Utifrån topografin och mätningar bedöms grundvattenytan vara relativt flack och ha en strömning in till området från väster och ut i riktning mot Munksjön i öster. Se vidare under ”Tidigare undersökningar” samt under ”Resultat och resultatdiskussion” nedan.

Utpekade grundvattenförekomster

Undersökningsområdet ligger geografiskt inom två utpekade grundvattenförekomster som är statusklassade enligt EU:s ramdirektiv för vatten, dels den sedimentära bergförekomsten Jönköping/Huskvarna och dels sand- och grusförekomsten Hovslätt-Huskvarna och. Av dessa bedöms enbart sand- och grusförekomsten Hovslätt-Huskvarna vara av intresse för föreliggande utredning p.g.a. det tätande mellanliggande lerlagret. Den utpekade sand- och grusförekomsten sammanfaller sannolikt med sandlagret inom undersökningsområdet och breder ut sig under större delen av de centrala delarna av Jönköping och Huskvarna med omnejd.

Grundvattenförekomsten Hovslätt-Huskvarna har enligt Vatteninformation Sverige (VISS) statusklassningen god kvantitativ status. Den kemiska statusen uppnår dock ej

⁶ Källa: Kv Grävlingen, f.d Gasverket, Undersökningar 1993-1994, Resultat, risker och förslag till åtgärder, Vatten och Samhällsteknik AB, 1994-12-19

god p.g.a. att halter av PAH: er, trikloreten och tetrakloreten över nationella riktvärden finns i förorenade områden inom förekomsten.⁷

Skyddsvärdet för grundvattenförekomsten inom Jönköping bedöms i praktiken vara litet. Denna bedöms inte vara eller bli aktuellt för dricksvattenförsörjning, dels med tanke på att staden har Vättern som vattentäkt och dels med tanke på att grundvattnet redan är påverkat av föroreningar från både historiska och tidigare verksamheter.

Hydrologi

Munksjön

Munksjön är närmaste ytvattenrecipient, ca 200 m öster om kvarteret Grävlingen. Munksjön är en näringsberikad sjö med eutrof karaktär. Sjön har en hög biologisk funktion och hyser även vissa raritetsvärden. Trots en relativt artrik fiskfauna kan den biologiska mångformigheten dock inte anses som hög. Häckfågelfaunan är tämligen ensartad och stränderna är enahanda.⁸

Munksjön är p.g.a. historiska och pågående utsläpp från kringliggande industrier och verksamheter sedan länge en kraftigt föroreningsbelastad sjö. Sedimenten innehåller förhöjda halter av tungmetaller, alifater, dioxiner och furaner, PAH och PCB i större delen av sjön. P.g.a. långvarig belastning av syretärande ämnen lider Munksjön periodvis av syrebrist, vilket tillsammans med föroreningarna i sedimenten medför negativa effekter för fisk och bottenlevande organismer. I sjövattnet har höga halter av kadmium, koppar och i mindre omfattning bly detekterats. Däremot tycks halterna av organiska miljögifter, t.ex. PCB, PAH, och dioxin generellt vara låga i vattnet. Generellt har Munksjön bedömts fungera som en föroreningsfälla, undantaget kväve. Påvisade föroreningar i sediment, vatten och organismer har i dagsläget inte bedömts utgöra en risk för människors hälsa.^{9 10}

Munksjön är statusklassad enligt EU:s ramdirektiv för vatten. Sjön har otillfredsställande ekologisk status och ej god kemisk status p.g.a. att halterna av kvicksilver och PBDE¹¹ i fisk bedöms överskrida gällande gränsvärden. Miljökvalitetsnormerna (MKN) för vattenförekomsten Munksjön är god ekologisk status 2021 respektive god kemisk ytvattenstatus. MKN för kemisk status gäller med undantag för kvicksilver och PBDE,

⁷ Källa: <http://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterEUID=SE640552-140324>

⁸ Källa: <http://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterEUID=SE640746-140268>

⁹ Källa: Riskbedömning, Munksjön Jönköping, Golder Associates, 2014-01-30

¹⁰ Källa: Screening av miljögifter i Jönköpings län 2004-2006, Meddelande 2008:10, Länsstyrelsen i Jönköpings län, 2008

¹¹ Polybromerade difenyletrar

vars nuvarande halter dock inte får öka, samt med tidsfrist för PAH¹²-ämnena antracen och fluoranten och för bly och blyföreningar till 2027.¹³

Hela Munksjön med 50 m strandzon ingår även i vattenskyddsområdet för Vättern som dricksvattentäkt, se vidare nedan.

Vättern

Munksjön mynnar i Vättern via Munksjökanalen i centrala Jönköping, drygt 500 m nordnordost om undersökningsområdet. Vättern, som tillhör Motala Ströms avrinningsområde, kan anses vara slutrecipient för grundvattnet från undersökningsområdet.

Vättern är unik genom sitt ekosystem både i nationellt och internationellt perspektiv. Vätterns stora yta (ca 1 900 km²) och djup (medeldjup=40 m, maxdjup=128 m) i förhållande till sjöns relativt lilla tillrinningsområde innebär en lång omsättningstid (ca 60 år). Detta medför att Vätterns vatten är klart och näringsfattigt. Den stora vattenvolymen innebär att utspädningseffekten för föroreningsutsläpp är stor, men den långa omsättningstiden gör samtidigt att sjön är känslig för miljöstörningar. P.g.a. främst historiska industriutsläpp finns höga halter av miljögifterna dioxin, PCB och DDT i fet fisk i Vättern. Dioxinhalten i fisk överskrider gränsvärdet för saluföring i EU, medan halterna av PCB och DDT är förhöjda men uppvisar en minskande trend. Tillförseln är idag troligen diffus då punktutsläppen från bl.a. pappersbruk i Vätterns tillrinningsområde minskat.¹⁴

Vättern och dess tillrinningsområde har stora natur-, kultur- och nyttningsvärden. I Vättern finns arter kvar sedan inlandsisen (s.k. glacialrelikter), och sjön har ett av Sveriges mest värdefulla bestånd av storrröding. I Vättern finns ca 20 st. licensierade yrkesfiskare och ett omfattande fritidsfiske bedrivs. Med anledning av beskrivna värden är Vättern ett utpekade Natura 2000-område enligt habitatdirektivet samt av riksintresse med avseende på naturvård, rörligt friluftsliv och yrkesfiske.¹⁹

Vättern är vidare dricksvattentäkt för totalt ca 265 000 personer i Jönköping, Huskvarna m.fl. tätorter och samhällen kring sjön. Vattenskyddsområdet omfattar hela Vätterns sjöyta, tillrinnande vattendrag, med en rinn- och strömningstid till närmaste vattenintag på upp till 24 timmar, samt 50 meter strandzon runt Vättern och tillrinnande vattendrag med tillhörande begränsning.¹⁵

¹² Polycykliska aromatiska kolväten

¹³ Källa: <http://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterEUID=SE640746-140268>

¹⁴ Källa: http://www.lansstyrelsen.se/orebro/SiteCollectionDocuments/sv/miljo-och-klimat/vatten-och-vattenanvandning/vattenfakta/aro/fakta_vattern.pdf

¹⁵ Källa: <http://www.jonkoping.se/byggbomiljo/vattenochavlopp/dricksvatten/vattenskyddvattenskyddsomradeochskyddsforeskrifter/vattenskyddforvattern.4.74fef9ab15548f0b800714.html>

Vättern är liksom Munksjön statusklassad enligt EU:s ramdirektiv för vatten. Vattenförekomsten (Storvättern) bedöms ha god ekologisk status. Den kemiska statusen uppnår dock ej god, dels p.g.a. halterna av kvicksilver och PBDE i fisk och dels p.g.a. höga halter av tributyltenn (TBT) i sediment i hamnområden. Miljökvalitetsnormerna (MKN) för vattenförekomsten är god ekologisk status respektive god kemisk ytvattenstatus. MKN för kemisk status gäller dock med undantag dels för kvicksilver och PBDE, vars nuvarande halter dock inte får öka, och dels för TBT som istället ska uppnå god kemisk status till år 2027.¹⁶

Tidigare undersökningar

Undersökningar inom/i anslutning till f.d. gasverkstomten

VIAK AB 1975-1976

I samband med utbyggnaden av de statliga verken på 1970-talet genomfördes flera miljötekniska och geotekniska undersökningar inom området av VIAK åren 1975 och 1976. Av utredningarna framgår bland annat följande:

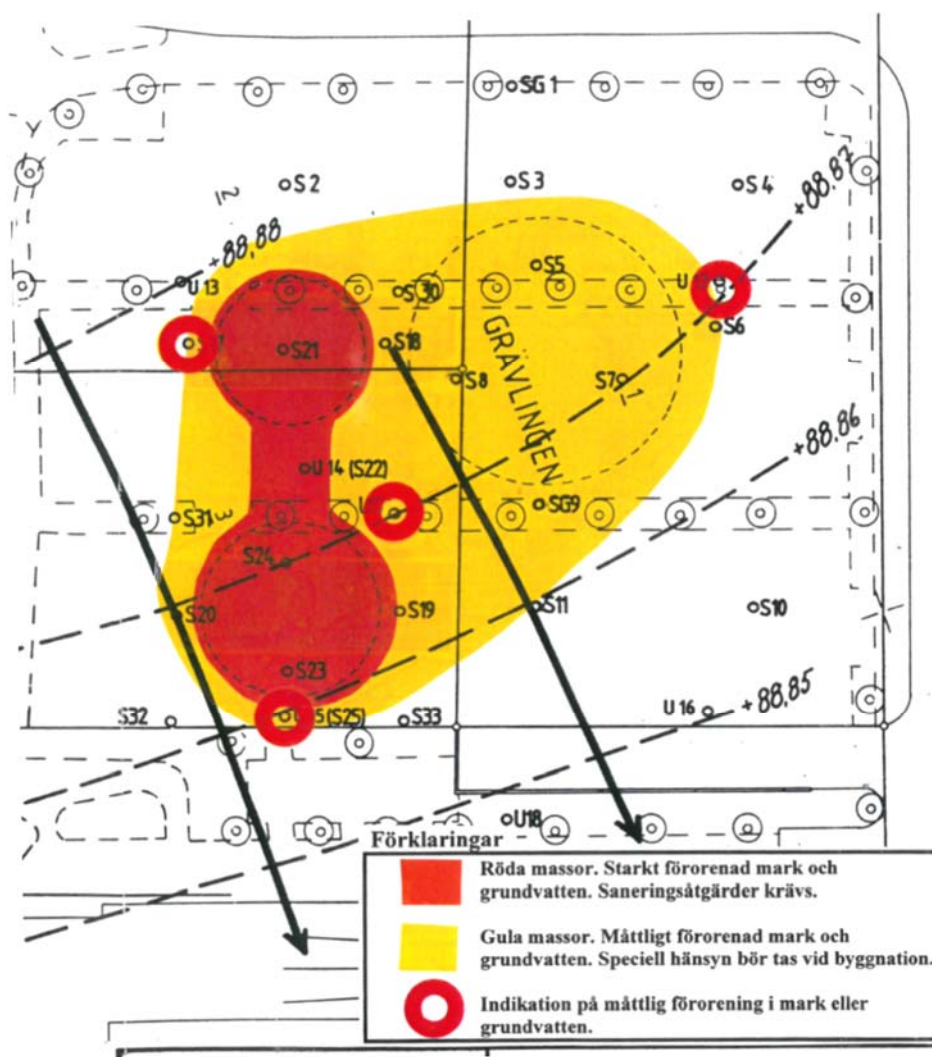
- Fyllning finns inom hela kvarteret. Fyllningen utgörs av sand, grus, sten, kullersten, slagg, kol, och tjära samt byggnadsrester i form av tegel, betong och trä.
- Grundvattenytan bedömdes ligga ca 3,5 - 4 meter under markytan.
- Betongcistern för gasklocka, betongkassuner för tjära och ammoniak, betongfundament m.m. efter det gamla gasverket påträffades.
- Enligt undersökningen skall cisternbotten för gasklockan legat ca 4,4 meter under dåvarande marknivå. Även botten på de båda kassunerna ska ha legat ca 3,5 – 4,5 meter under dåvarande marknivå.
- Vid undersökningen år 1975 fanns upp till 1,2 meter tjära i tjär- och ammoniakbrunnarna, som också var delvis vattenfyllda. Vattnet innehöll höga halter av fenol och cyanid. Även i fördelningsrännan mellan brunnarna fanns tjära och vatten.
- Tre grundvattenrör installerades för bland annat vattenprovtagning. Vattnet från samtliga rör uppvisade förekomst av cyanid, petroleumkolväten och fenol. De högsta halterna påträffades öster om tjär- och ammoniakbrunnarna.
- Vattenprov uttogs också från närmast belägna grundvattentäkt, nämligen dåvarande Mjölcentralens brunn, belägen cirka 500 meter sydväst om gasverkstomten. (Brunnen var nedförd i sandstensformationen, som utbreder sig under hela centrala Jönköping). Vattnet innehöll inte några föroreningar av fenol eller cyanid.

¹⁶ Källa: <http://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterEUID=SE646703-142522>

- Lakningsförsök på slam från tjär- och ammoniakbrunnarna visade att framförallt cyanid och fenol urlakas i relativt stor omfattning. Organisk substans, mätt som COD, och petroleumkolväten övergår i relativt ringa omfattning till lakvattnet.

Vatten och Samhällsteknik 1993-1994

Åren 1993-1994 utfördes ytterligare undersökningar av Vatten och Samhällsteknik AB¹⁷. Sammanlagt installerades sju grundvattenrör (U12-U18) och skruvprovtagning utfördes i 24 borrhälsar (S1-S11, S17-S25, S30-S33). Lägen för rör och borrhälsar samt bedömd föroreningsgrad i marken redovisas i **figur 5** nedan.



Figur 5 Lägen för rör och borrhälsar samt bedömd föroreningsgrad. (VoS 1994)¹⁸

¹⁷ Kv Grävlingen, f.d Gasverket, Undersökningar 1993-1994, Resultat, risker och förslag till åtgärder, Vatten och Samhällsteknik AB, 1994-12-19

¹⁸ Källa: Kv Grävlingen, f.d Gasverket, Undersökningar 1993-1994, Resultat, risker och förslag till åtgärder, Vatten och Samhällsteknik AB, 1994-12-19. Plansch 7.

PID-mätning utfördes på störda jordprover som togs upp med en 1-meters jordskruv i samtliga skruvhållspunkter. Analys av föroreningar i jord utfördes på 11 av proverna, med varierande omfattning av analysparametrar. Resultat av jordanalyserna kan sammanfattas enligt följande:

- Kreosot* Tjära (stenkolstjära innehåller kreosot) påträffades i botten på betongkassunerna (tjär- och ammoniakbrunnarna), ca 3-3,5 m.u.my. i den västra och ca 4-4,1 m.u.my. i delar av den östra. Av tjära förorenad jord påträffades i och i anslutning till kassunerna. Högsta kreosothalten uppmättes i S23 (i östra tjär-/ammoniakbrunnen) till 2 800 mg/kg.
- PAH* PAH (6 st. exkl. kreosotkomponenter) analyserades i 3 punkter, S31-S33 (ej i tjär- och ammoniakbrunnarna), varvid halter av benzo(a)pyren uppmättes i alla tre punkter. Sammantaget antogs det att måttligt höga PAH-halter förekommer i jorden på stora delar av tomten.
- BTEX* Uppmätta maximala halter av bensen, toluen och xylen uppgick till 0,03-0,05 mg/kg.
- Olja* Halterna av olja bedömdes som låga.
- Cyanid* Cyanidhalterna bedömdes som låga. Högsta halten fri cyanid uppmättes i S23 till 0,5 mg/kg.
- Fenol* Halten destillerbara fenoler var något förhöjda i punkterna S22 (2,4 mg/kg TS), S23 (6,8) och S24 (5,3). Halterna bedömdes dock som relativt oskadliga.
- Metaller* Utförda analyser visade generellt på låga - normala halter av metaller. Halterna av bly befanns vara något höga, upp till 73,4 mg/kg.

Sammanfattningsvis bedömdes föroreningshalterna i jorden föranleda krav på saneringsåtgärder i och i direkt anslutning till tjär- och ammoniakbrunnarna/ betongkassunerna. Det bör noteras att proverna i betongkassunerna är tagna i tjära eller i den starkt tjärförorenade jorden strax ovanför. I övrigt bedömdes halterna vara på en i sammanhanget låg nivå.

Resultat av utförda grundvattenanalyser från sju prover 1993-1994 kan kommenteras enligt följande:

- PAH* 6 PAH-ämnen analyserades. Förhöjda halter påträffades i rör U14 (mellan tjär- och ammoniakbrunnarna).
- Olja* Halten av olja bedömdes något förhöjda i U14, U15 och U17.
- Cyanid* Halten fri cyanid låg i samtliga undersökningsrör under detektionsgränsen.

-
- Fenol* Analysresultaten visade på mycket hög halt i U14. I U12, U15 och U17 var halterna något förhöjda.
- Metaller* Blyhalten i främst U14 var mycket hög. Höga halter uppmättes även i U15. Halterna av järn, mangan och aluminium var överlag höga. I övrigt bedömdes metallhalterna som låga. Halterna av kvicksilver bedömdes som låga i samtliga mätpunkter.
- Kväve* Påverkan av olika kvävefraktioner indikerades i U12, U14, U15, U17 och U18. Påverkan av ammoniumkväve var mycket stark i U14.
- Klorid* Höga kloridhalter analyserades även i U12, U14, U15 och U17.

Grundvattnet bedömdes klart påverkat under gasverkstomten. Gasverksrelaterad påverkan i grad som bedömdes föranleda saneringsåtgärder förekom dock endast i U14, där halterna var höga till mycket höga (i synnerhet ammoniumkväve, fenol, bly och PAH-ämnen). Grundvattnet vid U14 uppgavs även vara mycket påverkat av tjära (trögflytande, illaluktande sörja). Detta bedömdes kunna ha sin grund i att kassunerna punkterades på 1970-talet, men orsaken kunde också vara tidigare läckage från kassunerna och den kulvert som förband dem. Gasverksrelaterade föroreningar kunde också spåras i U12, U15 och U17, men på en lägre nivå.

Baserat på uppmätta grundvattennivåer vid undersökningarna 1993-1994 bedömdes grundvattenytan ligga ca 4-5 m.u.my. och luta svagt mot Munksjön i öster. Grundvatten-transporten genom marken bedömdes vara relativt långsam på grund av dålig genomsläpplighet i marken, baserat på långsam tillrinning i grundvattenrören.

Kommentarer till tidigare undersökningar

Ovanstående bedömningar av haltnivåer i jord och grundvatten bör användas med försiktighet. Samtliga tidigare undersökningar har utförts för en relativt lång tid sedan. Dels så skiljer sig provtagnings- och analysmetoderna åt från vad som idag är normalt, dels så har riktvärden och jämförelsehalter förändrats. Dock kan konstateras att tjära och tjärförorenad jord påträffats i och kring betongkassunerna, som med all sannolikhet fortfarande finns kvar.

Undersökningar i närområdet

Som stöd för bedömning av eventuell påverkan på grundvattnet inom kvarteret Grävlingen från källor uppströms redovisas nedan sammanfattande resultat från grundvattenprovtagning från en undersökning i bedömt uppströmsområde, väster om kvarteret Grävlingen.

Som stöd för bedömning av föroreningsspridning med grundvattnet från kvarteret Grävlingen till och påverkan på grundvattnet i nedströms liggande områden samt spridning till/påverkan på Munksjön redovisas nedan även sammanfattande resultat från

provtagningar av grundvatten och provtagningar av läns pumpat grundvatten i bedömt nedströmsområde, öster om kvarteret Grävlingen.

Uppströms

Inför nybyggnation i de nordvästra delarna av högskoleområdet i Jönköping (fastigheten Högsolan 1) utförde Sweco Environment AB under hösten 2016 en översiktlig miljöteknisk markundersökning med bl.a. provtagning av grundvatten med analys av PAH, alifater, aromater, BTEX, metaller och klorerade lösningsmedel. Analysresultaten visade på måttligt höga halter av nickel och låga halter av krom och i övrigt mycket låga halter av metaller i grundvattnet (enligt SGU rapport 2013:01). Inga halter av klorerade alifater eller oljeföroreningar påvisades över laboratoriets rapporteringsgränser.¹⁹

Nedströms

Vid undersökningar utförda av J&W 1999 och 2001 samt av Sweco 2004 och 2005 inom fastigheten Guvernören 3 (SÖ om kv. Grävlingen, NV om högskolerondellen) påträffades höga halter av PAH och kolväten (alifater/aromater) i några av de uttagna jord- och grundvattenproverna.²⁰

Inför anläggande av parkmark samt gång- och cykelbana längs Västra kajen vid Munksjöns (nord)västra strand utförde Vatten och Samhällsteknik AB i början av 2014 en detaljerad miljöteknisk markundersökning bl.a. innefattande provtagning av grundvatten med analys av tungmetaller, BTEX, alifater, aromater, PAH samt screening av bekämpningsmedel och diverse miljöfarliga ämnen. Analysresultaten visade generellt på låga halter, under rapporteringsgränsen för merparten av ämnena. Av 276 analyserade ämnen uppmättes endast nio st. över rapporteringsgräns i något av de tre grundvattenrören; åtta metaller samt bekämpningsmedlet 2,6-Diklorbenzamid (BAM).²¹ Diklorbenzamidhalten överskred SGU:s nationella riktvärde för grundvatten (dricksvatten) i två av grundvattenrören.

Inför nybyggnation av domstolsbyggnad vid Västra kajen (fastigheten Götaland 5) utförde Sweco Environment AB under 2006 samt 2007-2008 miljötekniska undersökningar bl.a. innefattande provtagning av grundvatten i fem punkter med analys av metaller, BTEX, alifater, aromater och PAH. I grundvattnet påvisades förhöjda halter av bly (i tre punkter) och cancerogena PAH (i en punkt) jämfört med bedömningsgrunder för förorenade områden. Inga halter av BTEX, alifater eller aromater uppmättes över rapporteringsgränserna.²¹

En miljöteknisk markundersökning för kajstråket norr om domstolsbyggnaden utfördes 2012 av Sweco Environment AB innefattande bl.a. provtagning av grundvatten i två

¹⁹ PM – Redovisning av miljöundersökning, Sweco Environment AB, 2016-12-02

²⁰ Källa: Kompletterande miljötekniska och geotekniska undersökningar inom kvarteret Götaland, Domstolarna Västra kajen, Norrporten i Jönköping AB, Sweco, 2008-02-11

²¹ Västra kajen, Miljöteknisk markundersökning, Vatten och Samhällsteknik AB, 2014-11-27

punkter/rör. I båda grundvattenproverna låg halterna av samtliga parametrar under gällande riktvärden.²²

I samband med nybyggnation av domstolsbyggnaden vid Västra kajen utförde Skanska Sverige AB under hösten 2010 bl.a. provtagning av pumpat länshållningsvatten (grundvatten + ev. sjövattnet) med analys avseende tungmetaller och oljeparametrar (alifater, aromater, PAH). Laboratorieanalyserna visade generellt på låga halter i länsvattnet. Inga oljeparametrar uppmättes i halter över rapporteringsgränser utom avseende aromater C8-C10 som påvisades i låg halt i ett prov.²³

I samband med arkeologisk urgrävning vid Västra kajen (fastigheten Götaland 5) utförde Sweco Environment AB under sommaren 2018 bl.a. provtagning av pumpat länshållningsvatten med analys avseende tungmetaller, alifater, aromater och PAH. Även denna undersökning visade på låga föroreningshalter, och inga halter av oljeparametrar över rapporteringsgränser kunde uppmätas i länshållningsvattnet.²⁴

Sammanfattningsvis har tidigare undersökningar i området öster om och förmodat nedströms kvarteret Grävlingen visat på generellt låga halter i såväl undersökta grundvattenrör som pumpat länshållningsvatten. I endast ett fåtal prover/punkter har förhöjda/höga halter av föroreningar påvisats, avseende bly, PAH och/eller bekämpningsmedlet diklorbenzamid.

Fältundersökningar

Provpunkter och utförande

Fältundersökningar har utförts i april-maj, juli och augusti 2018 och bestått av dels skruvprovtagning och provgrovsgrävning för bedömning av jordarter/avfallsinnehåll och jordprovtagning, dels installation och funktionskontroll av grundvattenrör samt nivåmätning och grundvattenprovtagning i nya och gamla grundvattenrör. Genomförda undersökningar har utförts enligt riktlinjer i SGF:s fälthandbok för undersökningar av förorenade områden, rapport 2:2013 samt i huvudsak enligt upprättad provtagningsplan. Av praktiska skäl såsom framkomlighet, närhet till ledningar och svåra markförhållanden har dock mindre lägesjusteringar i fält gjorts av vissa av borrhöjningarna. Övriga avvikelser från och kompletteringar till provtagningsplanen framgår av nedanstående utförandebeskrivningar.

²² Redovisning av miljöteknisk markundersökning på Västra Kajen Etapp 1b, Sweco, 2012-09-14

²³ Sammanställning av mätresultat, Slutrapport, Skanska Sverige AB, Teknik, 2010-10-13

²⁴ Redovisning grundvattensänkning

Utsättning och inmätning av provpunkterna har utförts m.h.a. GPS i koordinatsystem SWEREF 99 13 30 och höjdsystemet RH 2000.

Skruvprovtagning

Undersökningsområdet har delats in i ett rutnät med 25 st. rutor; 20 st. à ca 14 m * 15 m (ca 210 m²) inom parkeringsytan inklusive gångbanan i norr (ruta A1 – D5) samt 5 st. à ca 7-7,5 m * ca 20-30 m (ca 200-220 m²) vid gång-/cykelbanorna i väster och söder (ruta G1 – G5). Ungefär i varje nod har en provpunkt förlagts, d.v.s. totalt 37 provpunkter (1801-1837), en vid varje rutas hörn. I en kompletterande undersökning har ytterligare 2+2 skruvprovpunkter tillkommit; 1838+1838B och 1839+1839B för okulär kontroll/avgränsning av ett djupt förorenat skikt i 1816. Rutnät och provpunkter framgår av bifogad ritning, **Plansch 1**.

Utgångspunkten för provtagningsdjupet inom parkeringsytan inkl. gångbanan längs Verkstadsgatan i norr har varit att utföra skruvprovtagning ner till ca 1 m under grundvattenytan innebärande ett provtagningsdjup på 6 m under markytan. Utgångspunkten för provtagningsdjupet på g/c-banorna i väster och söder har varit att utföra skruvprovtagning ner till ca 0,5 m i naturlig jord, dock minst till 2 m.u.my.

Skruvprovtagning, delvis kompletterade med ytlig slagborrning med foderrör (Symmetrix), har utförts med hjälp av borrbandvagn. I den första undersökningsomgången i april-maj utfördes skruvprovtagning ner till 2,7-7 m.u.my. i punkterna 1801-1830 (inom P-ytan + gångbana i N) samt ner till 2-4 m.u.my. i punkterna 1831-1837 (i g/c-banorna i V och S). På grund av besvärliga markförhållanden med bl.a. mycket betong- och tegelrester i marken kunde skruvprovtagning inte utföras till det planerade djupet (6 m.u.my.) i punkterna 1805, 1809, 1815, 1820 och 1821 inom parkeringsytan trots flera försök. I 1807, 1813 i gångbanan i norr kunde det planerade provtagningsdjupet inte uppnås p.g.a. mycket hård naturlig sand. I en andra provtagningsomgång i augusti utfördes kompletterande skruvprovtagning dels för djupledsavgränsning av föroreningar i punkterna 1816, 1817 och 1823 ner 13 m.u.my., 10 m.u.my. respektive 11 m.u.my, dels för okulär kontroll i 1838+1838B ner till ca 3,5/3,6 m.u.my. (stopp mot block el. platta) och i 1839B ner till 8 m.u.my. Exakta borrdjup framgår av jordartsprotokollet från skruvprovtagningen i **bilaga 1 a**.

I punkterna 1801-1837 har jordprover uttagits från borrkärnorna, som samlingsprover för varje halvmeter samt i ett fåtal punkter på avvikande skikt/avfallsrester. P.g.a. tappade prover har dock vissa nivåer i några punkter inte kunnat provtas. Jordproverna har uttagits med kniv efter bortskrapande av yttersta jordlagret och lagts i diffusionstäta plastpåsar. Inom asfalterade ytor har asfaltslagret tagits bort från samtliga översta jordprover. I en punkt (1816) har ett separat prov uttagits på asfalten. (I punkterna 1838/1838B och 1839/1839B har inga prover uttagits.)

Totalt har drygt 400 jordprover uttagits genom skruvprovtagning, i huvudsak på fyllnadsmaterial men i varierande omfattning även på naturlig underliggande jord i alla skruvprovpunkter där planerat provtagningsdjup uppnåtts. Alla jordprover ner till ca 5,5 m.u.my. bedöms vara uttagna ovanför grundvattenytan, d.v.s. från den omättade zonen, jämför jordartsprotokollet i bilaga 1 a.

Provgropsgrävning och provtagning

I de centrala områdesdelarna, i mitten av rutorna B2 – C4, har sex st. provgropar (PG1 – PG6) grävts med hjälp av grävmaskin ner till ca 1,7-2 meter under markytan. P.g.a. besvärliga markförhållanden med betongfundament etc. i marken gick det inte att gräva djupare än till ca 1,7 m.u.my. i PG5.

I PG3 och PG6 som bedömts vara placerade inom tjär- och ammoniakbrunnarna/ betongkassunerna har jordprover uttagits från schaktvägg för varje halvmetersnivå (4 st./provgrop). Även prover på påträffade avfallsrester har uttagits i dessa provgropar; i PG 3 på tjärklump, i PG6 på slagglump och kolbit.

I PG1 och PG5 uttogs ett prov vardera på påträffade asfaltsrester samt kringliggande jord.

Fältprotokoll från provgropsgrävningen redovisas i ***bilaga 1 b***.

Grundvattenprovtagning och nivåmätning

Grundvattenrör har installerats genom foderrörsborrning i en skruvprovpunkt (U1822) i närheten av den västra tjärbrunnen samt i två skruvprovpunkter (U1826, U1829) nedströms/ öster om de förmodat mest förorenade områdesdelarna, se lägen på ***Plansch 2***. Grundvattenrören har installerats ner till ca 6,5 – 8 m.u.my. och utgörs av 50 mm PEH- rör försedda med 3 m filterrör i botten från strax ovanför grundvattenytan, se även fältprotokollet i ***bilaga 3***. Rören har kapats och dexlats.

Härutöver har rensumpning/funktionskontroll utförts av de gamla grundvattenrören U12 – U17 varvid U12 och U13 i nordvästra respektive sydvästra delen av området bedömdes vara funktionsdugliga för grundvattenprovtagning och kunde ersätta de planerade nya uppströmsrören. Rören i U14-U17 bedömdes däremot inte vara användbara. I U14 påträffades tjära istället för grundvatten, U16 var torrt och U15 och U17 bedömdes vara avbrutna.

Grundvattenprover för analys på ackrediterat laboratorium har uttagits vid två tillfällen. I maj provtogs i U12, U13, U1822, U1826 och U1829 då analys utfördes på odekanterade prover. Baserat på analysresultaten från första provtagningsomgången

utfördes i juli uppföljande provtagning i U12, U1822 och U1829, då analys utfördes på dekanterade²⁵ prover.

Provtagning har utförts m.h.a. peristaltisk pump, utom i U12 och U13 i maj då skakpump användes. Före provtagning utfördes nivåmätning med ljus-/ljuslod samt omsättning av grundvattnet motsvarande ca tre gånger vattenvolymen i vardera rör.

Analys och instrumentmätningar

Jord/fyllnadsmaterial och ytasfalt

I första undersökningsomgången utfördes (inomhus) mätning av tungmetallhalter med XRF-instrument²⁶ och mätning av flyktiga organiska kolväten (VOC) med PID²⁷ på i princip samtliga uttagna prover som ej på förhand valts ut för analys på laboratorium, samt på minst ett prov för analys per provpunkt (i huvudsak från nivån 0,5-1 m.u.my). I andra omgången utfördes PID-mätning (utomhus) på samtliga uttagna prover.

I första undersökningsomgången i april-maj valdes på förhand från skruvprovtagningen alla jord-/fyllningsprover ner till 5 m.u.my i de centrala delarna av parkeringsytan, ner till 2 m.u.my. i ytterområdena + gångbanan i norr samt ner till 1 m.u.my. i g/c-banorna i väster och söder ut för analys på ackrediterat laboratorium. Utifrån observationer samt resultat från PID- och XRF-mätning valdes ytterligare några djupare prover (i 1816, 1817, 1822 och 1823) samt ett par avfallsrestprover (i 1809b och 1816) ut för analys i första omgången. Från provgroparna valdes i första omgången på förhand två jord-/fyllningsprover (i PG3 och PG6) samt utifrån observationer ytterligare två jordprover (i PG1 och PG5) och fyra avfallsrestprover (i PG1, PG3, PG5 och PG6) ut för analys. Totalt analyserades 217 st. jord/fyllningsprover, sex specifika avfallsrestprover och ett ytasfaltprov (1816) på laboratorium i första analysomgången.

Utifrån analysresultaten från första analysomgången analyserades i efterhand samtliga sparade prover från djupare nivåer i de punkter där eventuella föroreningar inte avgränsats i djupled i första analysomgången, d.v.s. från punkterna 1806-1803, 1810-1813, 1820, 1823-1824, 1827-1830 och 1836. Även sparade jord-/fyllningsprover från PG3 och PG6 lämnades för analys i denna andra analysomgång. Totalt analyserades 79 jord-/fyllningsprover i andra analysomgången.

²⁵ Dekantering innebär att vattnet avtappas ur provkärlet utan bottensatsen, d.v.s. sedimenterade partiklar, inte följer med.

²⁶ Röntgenfluorescens-instrument

²⁷ Fotojoniseringsdetektor

Vid den kompletterande undersökningen i augusti lämnades utifrån fältobservationer och PID-resultat 4+3+3 prover från djupare nivåer i provpunkterna 1816, 1817 respektive 1823 in för analys (tredje analysomgången).

Exakt vilka prover som lämnats för analys i de olika analysomgångarna framgår av PID-protokollet, ***bilaga 4***.

Totalt 312 utvalda jord-/fyllnings- och avfallsrestprover för analys har i varierande omfattning analyserats på ackrediterat laboratorium avseende följande parametrar (motiveringar anges inom parentes). I första analysomgången analyserades i princip samtliga utvalda prover avseende alla parametrar.

- Tungmetaller inklusive kvicksilver (innehåll i kol)
- Oljeföreningar (BTEX, alifater och aromater)
- PAH20 inkl. kreosotkomponenter (innehåll i tjära)
- Cyanid total och cyanid lättillgängligt (härrör från organiska kväveföreningar i kolet, löslighet och spridningsbenägenhet ökar generellt med ökande pH)
- Fenoler och kresoler (beståndsdelar i stenkolkstjära)

I tre djupa prover (i 1822 och 1823) analyserades även flyktiga ämnen baserat på resultat från PID-mätning.

Härutöver analyserades sex prover från de förmodat mest förorenade centrala områdesdelarna (i 1809, 1811, 1815, 1816, 1817 och 1823) avseende TOC/ TIC för att få en uppfattning av jordens innehåll av organiskt material.

Uttaget ytasaltsprov från provpunkt 1816 samt påträffade asfaltsrester i PG1 och PG5 har enbart analyserats avseende PAH20 (inklusive kreosotkomponenter).

Grundvatten

Uttagna grundvattenprover har i varierande omfattning analyserats främst med avseende på följande parametrar:

- Tungmetaller inklusive kvicksilver
- Oljeföreningar (BTEX, alifater och aromater)
- PAH20 inkl. kreosotkomponenter
- Cyanid total och cyanid lättillgängligt
- Fenoler och kresoler
- Ammoniumkväve och nitrat-nitrit-kväve
- Kemiska/fysikaliska parametrar (pH, konduktivitet, alkalinitet, turbiditet, klorid och sulfat).

Ett grundvattenprov (i U1829) har även analyserats med avseende på flyktiga ämnen (VOC).

Ett grundvattenprov (i U1822) har analyserats med screeninganalys (Enviscreen) avseende tungmetaller, VOC, PCB, pesticider, klorfenoler, ftalater samt kväve- och klorinnehållande SVOC.

Bedömningsgrunder för jord m.m.

Generella riktvärden

Resultaten från analys av miljöfarliga ämnen i jord har i resultatredovisningen nedan jämförts med Naturvårdsverkets (NV:s) generella riktvärden för förorenad mark²⁸.

Riktvärden är utarbetade för två typer av markanvändning; känslig markanvändning (KM) och mindre känslig markanvändning (MKM), och är främst avsedda att användas i samband med förenklad riskbedömning av förorenade områden. Värdena anger en nivå vid vilken risker för negativ påverkan på människors hälsa eller miljön vid angiven markanvändning inte bedöms föreligga.

Känslig markanvändning (KM): Markkvaliteten begränsar inte val av markanvändning. Marken ska t.ex. kunna utnyttjas för bostäder, omsorg, odling etc. De exponerade antas vara barn, vuxna och äldre som vistas inom området permanent under en livstid. De flesta markekosystem samt grund- och ytvatten skyddas.

Mindre känslig markanvändning (MKM): 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 på området tillfälligt. Vissa typer av markekosystem skyddas. Grundvatten på ett avstånd av ca 200 m samt ytvatten skyddas.

Gång- och cykelbanorna kring kvarteret Grävlingen bedöms utifrån ovanstående motsvara mindre känslig markanvändning. Den framtida planerade markanvändningen inom kvarteret Grävlingen med kommersiella lokaler och bostäder bedöms motsvara känslig markanvändning p.g.a. bostäderna. Då hela tomtytan ska grävas ur och ett underjordiskt garage ska byggas begränsas dock i praktiken exponeringsförutsättningarna kraftigt och känsligheten minskar. Det har därför bedömts lämpligt att ta fram platsspecifika riktvärden, enligt nedanstående.

Platsspecifika riktvärden

Platsspecifika riktvärden (PSRV) har tagits fram för att beakta lokala skyddsvärden, undersökningsområdets specifika planerade markanvändning och de risker som före-

²⁸ NV rapport 5976, 2009

ligger av denna användning. Syftet med framtagna PSRV är att de ska ligga till grund för riskbedömning och avhjälpandeåtgärder inom området.

Platsspecifika riktvärden har tagits fram för de parametrar som påvisats i halter överstigande generella riktvärden. Platsspecifika riktvärden har således beräknats för tungmetallerna arsenik, barium, bly, kadmium, koppar, kvicksilver och zink, för oljeparametrarna alifater C12-C16, alifater C16-C35, aromater C8-C10, aromater C10-C16 och aromater C16-C35, för de polycykliska aromatiska kolvätena summa PAH-L²⁹, summa PAH-M³⁰ och summa PAH-H³¹.

Marken inom undersökningsområdet består dels av tomtmark (inom kvarteret Grävlingen) och dels av kringgårdande gång- och cykel-banor. En förutsättning för det aktuella projektet är att all jord inom tomtytan ner till minst 2,5 m.u.my. ska grävas ur för grundläggning av byggnad med underjordiskt garage. De kringgårdande g/c-banorna ligger dock utanför det planerade exploateringsområdet. Utifrån dessa förutsättningar har det bedömts lämpligt att ta fram platsspecifika riktvärden för olika delområden och djup. Oavsett markanvändningstyp avtar normalt risker med förorenad jord på djupet då möjlighet till exponering minskar och skyddsvärdet av markmiljön minskar. Under större hårdgjorda ytor i urbana miljöer är dock riskerna med förorenad jord även på mindre djup under större hårdgjorda ytor begränsade p.g.a. begränsad exponering och grundvattenbildning/utlakning samt dåliga förutsättningar för markmiljön, särskilt som den ytliga jorden ofta består av fyllnadsmaterial, exempelvis bärlager/förstärkningslager under gator etc.

Utifrån ovanstående är utgångspunkten att framtagna PSRV A gäller för jord > 2,5 m.u.my. inom kvarteret Grävlingen och inom kringliggande gång- och cykelvägar, samt att framtagna PSRV B gäller för jord 0-2,5 m.u.my. inom kringliggande gång- och cykelvägar. Med markytan avses den planerade marknivån, vilken generellt har antagits vara samma som nuvarande marknivå.

De platsspecifika riktvärdena baseras på den planerade markanvändningen inom kvarteret Grävlingen. Då den planerade markanvändningen bedöms motsvara känslig markanvändning har NV:s generella riktvärden för känslig markanvändning (KM) använts som utgångspunkt vid beräkning av både PSRV A och PSRV B.

²⁹ Summa PAH:er med låg molekylvikt

³⁰ Summa PAH:er med medelhög molekylvikt

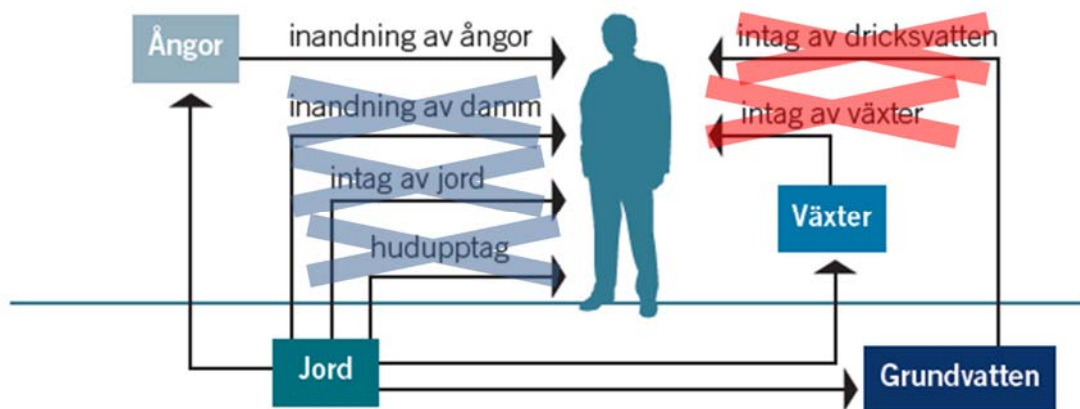
³¹ Summa PAH:er med hög molekylvikt

Ändringar i beräkningsmodellen

För beräkning av platsspecifika riktvärden har Naturvårdsverkets beräkningsmodell version 2.0.1 använts. Nedan beskrivs de ändringar som gjorts av relevanta parametrar gentemot det generella riktvärdesscenariot för KM.

- Stort djup till föroreningar förutsätts för PSRV A, d.v.s. exponeringsvägarna intag av jord, hudkontakt med jord/damm, inandning av damm, intag av växter beaktas ej. För PSRV B förutsetts hårdgjorda och mindre gräsbevuxna ytor i normalfallet, men med grävarbeten/exponering 14 dagar per år avseende intag av jord, hudkontakt med jord/damm samt inandning av damm. I praktiken sker endast utomhusvistelse inom g/c-banorna, men av försiktighetsskäl har andelen inomhusvistelse satts till 50 % för att ta höjd för spridning av ångor in till kvarteret Grävlingen och ånginträngning i framtida byggnader. Intag av växter beaktas ej.
- Kommunal dricksvattenförsörjning förutsätts (med Vättern som vattentäkt), d.v.s. exponering genom intag av grundvatten som dricksvatten beaktas ej.

I **figur 6** tydliggörs vilka exponeringsvägar som har beaktats vid beräkningen av PSRV A och PSRV B, jämfört med NV:s generella riktvärdesmodellen för hälsorisker. Av figuren framgår att den huvudsakliga exponeringsvägen för kvarteret Grävlingen är inandning av ångor.



Figur 6 Exponeringsvägar som beaktas/ej beaktats i beräkningen för PSRV jämfört med NV:s generella riktvärdesmodellen för hälsorisker. Exponeringsvägar med röd överkryssning beaktas ej för PSRV A eller PSRV B. Exponeringsvägar med blå överkryssning beaktas ej för PSRV A men beaktas för PSRV B. ³²

³² Bakgrundskälla: NV rapport 5976, 2009

- Det förorenade områdets storlek har ansatts till 60 x 80 m, motsvarande tomtytan inom kvarteret Grävlingen, gång-/cykelbanor i norr och söder samt ungefär halva gång-/cykelbanan i väster.
- Luftvolym inne i byggnad (markplan) har beräknats till 1 200 m³ utifrån uppskattad yta under byggnad på 500 m² samt takhöjd på 2,4 m.
- Djup till förorening har satts till 2,5 m under markplan/markyta för PSRV A utifrån förutsättningen att minst 2,5 m jord ska schaktas ur för garagebyggnation. För PSRV B har djupet satts till 0,1 m under markyta (asfaltsyta/gräsyta).
- Grundvattenbildningen har beräknats till 36 mm/år baserat på nederbördsstatistik från SMHI:s vattenwebb samt på planerad markanvändning med uppskattning av minst 90 % hårdgjorda/bebyggda ytor.
- Ytvattenrecipientens volym har ansatts till 8 750 000 m³ och omsättningstiden till 0,06 år. Munksjön avses.
- Skydd av grundvatten beaktas ej. Grundvattnet bedöms inte vara eller bli aktuellt för dricksvattenförsörjning, dels på grund av det urbana läget med befintlig och historisk påverkan på grundvattenkvaliteten ³³, dels p.g.a. att Vättern bedöms vara en stabil dricksvattentäkt. I sammanhanget bör poängteras att ytvattenskyddet inte påverkas av ändringen av grundvattenskyddet. Halkriterierna för ytvatten i rikt-värdesmodellen är dessutom i regel lägre än dricksvattennormerna, vilket innebär att beräknade PSRV även innebär skydd för människors hälsa i samband med ytvatten som dricksvatten ³⁴.
- Skydd av markmiljön beaktas ej p.g.a. stort djup/hårdgjorda ytor/fyllnadsmaterial, enligt resonemanget ovan.

Beräknade platsspecifika riktvärden

Beräknade platsspecifika riktvärden PSRV A respektive PSRV B med uttagsrapporter från beräkningen tillsammans med avvikelser från NV:s generella scenario för KM presenteras i ***bilaga 9 a-b***.

I ***tabell 1*** nedan redovisas framräknade PSRV A och PSRV B tillsammans med information om vilken parameter som är styrande för respektive riktvärde. För jämförelse redovisas även generella riktvärden för KM och MKM i tabellen. Eftersom flertalet exponeringsvägar och skyddsvärden är irrelevanta eller begränsade för det platsspecifika scenariot blir framräknade PSRV A genomgående högre än MKM-riktvärden, och även flertalet PSRV B (utom för kvicksilver, toulén, xylen och PAH-M).

³³ Samma bedömning har gjorts av DGE i rapport Översiktliga undersökningar (fas 1), Skeppsbron, söder om Munksjön, Jönköping, 2015-09-29

³⁴ NV rapport 5976, 2009

Inandning av ånga eller skydd mot fri fas är styrande för PSRV A för de flesta beaktade ämnen. För PSRV B är inandning av ånga den vanligaste styrande parametern, följt av intag av jord respektive skydd mot fri fas.

Tabell 1 Beräknade PSRV med styrande parametrar. För jämförelse redovisas även generella riktvärden för KM och MKM.

Ämne	PSRV A (mg/kg)	Styrande för PSRV A	PSRV B (mg/kg)	Styrande för PSRV B	KM (mg/kg)	MKM (mg/kg)
Arsenik	100	Akuttoxicitet	80	Intag av jord	10	25
Barium	Ej begränsat	-	30 000	Intag av jord	200	300
Bly	600	-	600	Intag av jord + exp. andra källor	50	400
Kadmium	250	-	200	Intag av jord	0,2	12
Koppar	500 000	Skydd av ytvatten	350 000	Inandning av damm	80	200
Kvikksilver	3,0	Inandning av ånga	0,7	Inandning av ånga	0,25	2,5
Zink	Ej begränsat	-	500 000	Intag av jord	250	500
Bensen	1,5	Inandning av ånga	0,3	Inandning av ånga	0,012	0,04
Toluen	150	Inandning av ånga	30	Inandning av ånga	10	40
Xylen	120	Inandning av ånga	30	Inandning av ånga	10	40
Alifat C12-C16	1 000	Skydd mot fri fas	1 000	Skydd mot fri fas	100	500
Alifat C16-C35	2 500	Skydd mot fri fas	2 500	Skydd mot fri fas	100	1 000
Aromat C8-C10	700	Inandning av ånga	150	Inandning av ånga	10	50
Aromat C10-C16	500	Skydd mot fri fas	500	Skydd mot fri fas	3	15
Aromat C16-C35	250	Skydd mot fri fas	250	Skydd mot fri fas	10	30
PAH-L	200	Inandning av ånga	80	Inandning av ånga	3	15
PAH-M	25	Inandning av ånga	15	Inandning av ånga	3,5	20
PAH-H	50	Skydd mot fri fas	50	Skydd mot fri fas	1	10
Cyanid fri	50	Akuttoxicitet	35	Inandning av ånga	0,4	1,5
Cyanid total	1 000	Akuttoxicitet	1 000	Akuttoxicitet	30	120
Fenol/kresoler	1 000	Skydd mot fri fas	1 000	Inandning av ånga/ skydd mot fri fas	1,5	5

Bedömningsgrunder för asfalt

För bedömning av analysresultaten för asfalt har i resultatredovisningen nedan riktlinjer från f.d. Svenska kommunförbundet (2004)³⁵ och från f.d. Vägverket (2004)³⁶ kombinerat med riktlinjer från Naturvårdsverket (2013)³⁷ använts. Sammantaget har följande riktvärden avseende PAH-halter använts:

- PAH16 < 70 mg/kg TS – Fritt från stenkolsstära, kan användas fritt i bärlager och slitlager
- 70 mg/kg TS < PAH16 < 300 mg/kg TS – Återanvändning i bärlager under tätt slitlager
- PAH16 > 300 mg/kg TS och cancerogena PAH (PAH7) < 100 mg/kg TS – Begränsad återanvändning, ej i känsliga områden t.ex. vattenskyddsområden
- PAH16 > 300 mg/kg TS och cancerogena PAH (PAH7) > 100 mg/kg TS – Farligt avfall

Analysresultaten för asfalt har även jämförts med Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark, på samma sätt som analysresultaten för jord, se ovan.

Bedömningsgrunder för grundvatten

Analysresultaten för grundvatten har i första hand jämförts med NV:s bedömningsgrunder för förorenade områden, indelning av tillstånd för förorenat grundvatten³⁸ från 1999, eftersom nyare svenska bedömningsgrunder av motsvarande grad saknas.

För vissa ämnen saknas jämförvärden i NV:s bedömningsgrunder för förorenade områden. Grundvattenhalterna har därför även jämförts med SPI:s rekommenderade riktvärden avseende efterbehandling av bensinstationer och dieselanläggningar³⁹ samt med holländska riktvärden⁴⁰; främst intervention values, nedan kallade aktionsvärden.

I förekommande fall har jämförelse även gjorts med SGU:s generella riktvärden för grundvatten på nationell nivå⁴¹, klassade som miljökvalitetsnormer (MKN). Riktvärdena

³⁵ På väg igen – Vägen tillbaka för återvunnen asfalt, Svenska kommunförbundet, 2004

³⁶ Hantering av tjärhaltiga beläggningar, publikation 2004:90, Vägverket

³⁷ Klassning av farligt avfall, Naturvårdsverket 2013-02-13

³⁸ Enligt Tabell 2-3, Bilaga 4, NV MIFO rapport 4918, 1999

³⁹ Efterbehandling av förorenade bensinstationer och dieselanläggningar, förslag på riktvärden för grundvatten, avseende halter i källområdet, SPI, 2010

⁴⁰ Enligt Soil Remediation Circular 2013. Intervention values indikerar när grundvattnets funktion för människor, växter och djur är allvarigt reducerad eller hotad. Indicative levels for severe contamination är indikationsvärden för när föroreningssituationen kan vara allvarlig, men har större osäkerhet än Intervention values.

⁴¹ Enligt Bilaga 1, SGU-FS 2013:2.

beaktar dock användning av grundvattnet för dricksvattenförsörjning, vilket enligt resonemang ovan inte är aktuellt i detta fall.

Resultat och resultatdiskussion

Jordlager och fältobservationer vid jordprovtagning

Fältprotokoll med bedömda jordlagerföljder, avfallsinnehåll och ev. bedömd grundvattennivå från skruvprovtagningen redovisas i ***bilaga 1 a***. Fältprotokoll från provgropsgrävningen redovisas i ***bilaga 1 b***. Ett urval av foton på borrhälsar och provgropar återfinns i ***bilaga 2***.

Enligt jordartsbedömning vid skruvprovtagning påträffades fyllnadsmaterial i samtliga provpunkter. I huvudsak har fyllningen främst bedömts utgöras av sand, grus och silt med varierande inslag av byggrester/avfallsrester/ biprodukter i form av tegel, betong, asfalt, kol, trä och tjära (fallande skala). Bygg-/avfallsrester etc. har påträffats i alla punkter inom parkeringsytan utom i två punkter i östra kanten mot befintlig garage-nedfart. Störst omfattning, som framtvingade borrhäls, noterades i punkterna 1809 och 1815 (ner till minst 5 m.u.my.) centralt på området samt i östra kanten i 1805 (ner till 2,7 m.u.my.). I relativt liten omfattning/få punkter har dock bygg-/avfallsrester etc. noterats i det översta halvmetersskiktet. Stark lukt, främst oljelukt, har noterats i nio punkter i de centrala-sydöstra delarna av fastigheten. I två av dessa punkter har tydlig tjärblandning noterats; dels i 1838 och 1838B ca 3,3-3,5/3,6 m.u.my. och dels i 1816 ca 7-7,7 m.u.my. I 1823 kopplades oljelukten till ett bedömt torvlager ca 1,6-1,8 m.u.my. I tre av punkterna (1811, 1815 och 1817) har oljelukten sannolikt koppling till asfalter. I övrigt noterades i 1817 delvis grönfärgad sand ca 3-5 m.u.my. I gångbanepunkterna utanför kv. Grävningen har bygg-/avfallsrester etc. påträffats i mindre omfattning i sju punkter.

I de centrala delarna av parkeringsytan, kring bedömt område för tidigare gasklocka och tjär-/ammoniakbrunnar, bedömdes fyllnadsmaterialet ha en mäktighet på ca 4-6 m, eventuellt 7,7 m i 1816. Längs Oxtorgsgatan/Verkstadsgatan i norr och nordöstra delen av P-ytan bedömdes fyllnadsmäktigheten till ca 1-1,6 m. I punkterna längs Gjuterigatan i söder, Kyrkogatan i väster samt i de västra och södra delarna av P-ytan bedömdes mäktigheten på fyllnadsmaterialet till ca 1-2,4 m.

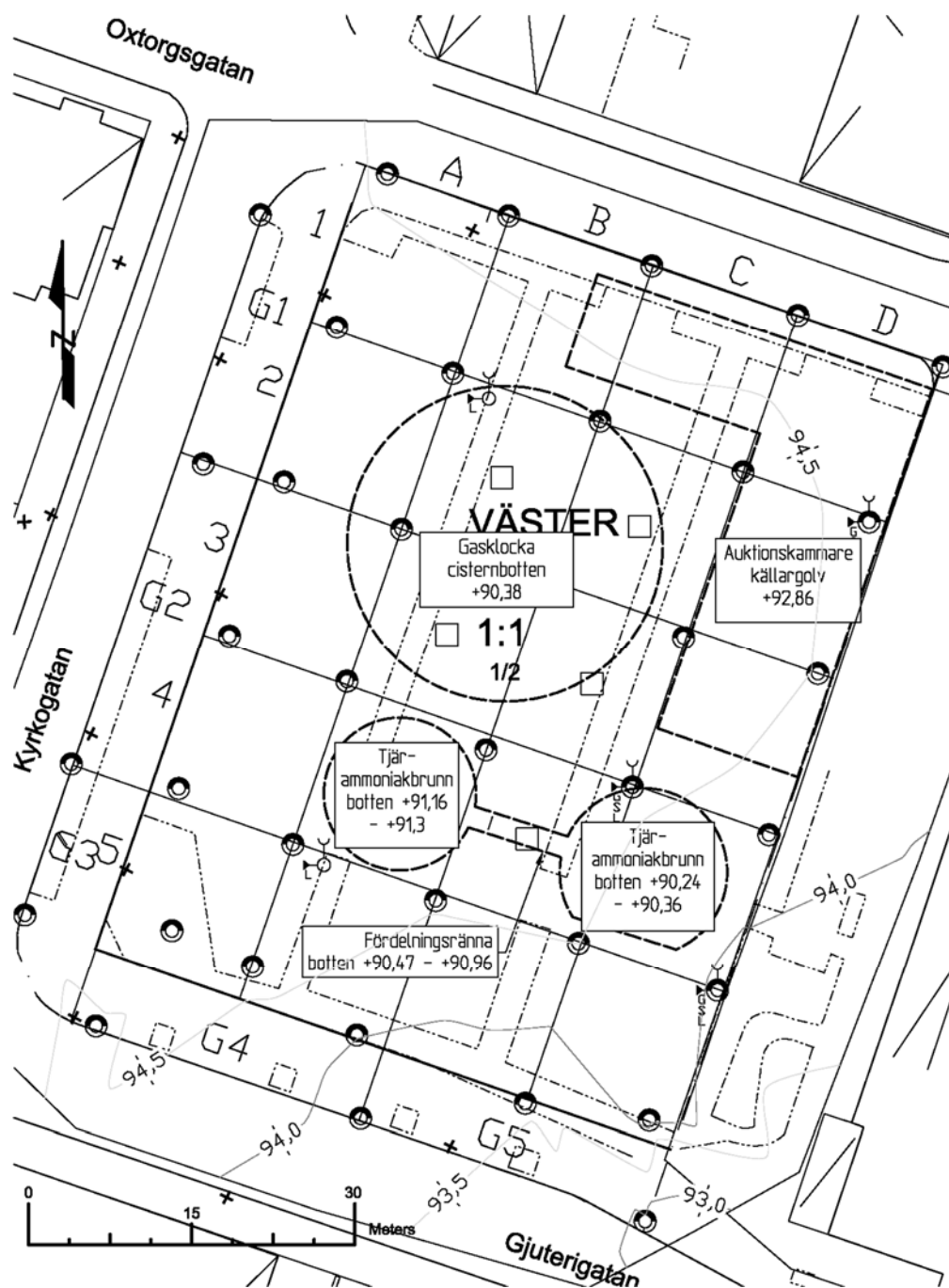
Det naturliga jordmaterialet under fyllningen bedömdes bestå av mellan-finsand med störst förekomst av finsand.

Ungefärlig nivå på grundvattenytan bedömdes vid skruvprovtagningen till mellan 4,5 m.u.my. och 5,8 m.u.my. med tyngdpunkt kring 5-5,5 m.u.my. I princip samtliga punkter ligger grundvattenytan i det naturliga sandlagret under fyllningen, eventuellt med undantag för 1816 och 1822.

I provgroparna bedömdes jordmaterialet främst bestå av sand och grus. I PG6 påträffades en betongvägg med gamla rör/ledningar rakt genom provgropen i riktning VNV-ÖSÖ från ca 0,8 m.u.my. I PG2 och PG4 påträffades betongfundament/betongblock ca 1 m.u.my. Avfallsrester i form av kol och slagg påträffades i PG6, främst söder om betongväggen. I PG3 påträffades en tjärklump samt tegelrester. I PG1 och PG5 påträffades asfaltsrester. Avfallsresterna påträffades från ca 1 m.u.my. I PG3 noterades även grundvatten från ca 1,9 m.u.my.

Med hjälp av transponerade koordinater från en gammal ritning⁴² har en noggrannare lägesbestämning av tidigare anläggningsdelar kunnat göras, vilken visar att såväl gasklockan som de f.d. tjär- och ammoniakbrunnarna sannolikt hade en något mer östlig placering än vad som bedömdes inför undersökningarna, se rekonstruktion i **figur 7** nedan. Utifrån denna rekonstruktion och utifrån fältobservationer bedöms skruvprovpunkterna 1809 och 1815 samt provgroparna PG1, PG2 och PG4 ligga inom området för f.d. gasklockan. Tjärblandningen ovanför block/platta i 1838+1838B och den höga grundvattenytan i PG3 tyder på att dessa punkter ligger inom den västra f.d. tjär- och ammoniakbrunnen, vilket bekräftas av figur 7. Betongväggen i PG6 är sannolikt en del av fördelningsrännan mellan de f.d. brunnarna. Dock tycks ingen provpunkt med uttag av prover för analys ha hamnat inom någon av de f.d. brunnarna. 1816, 1822 och 1823 bör ligga strax utanför och 1810, 1811, 1817, 1828 och 1829 lite längre ifrån. Det tydliga djupa tjärförorenade skiktet i 1816 7-7,7 m.u.my. är dock svårtolkat. Möjligen är detta ett naturligt grövre sandskikt som utläckande tjära från botten på den västra brunnen kunnat spridas i genom grundvattenströmningen. Utbredningen i ytled av detta skikt är oklar men troligtvis relativt lokal med utsträckning främst mot sydväst/västra brunnen. Motsvarande tjärskikt har inte påträffats i extrapunkten 1839 österut, inte heller i 1817 eller 1823 söderut.

⁴² Kvarteret Grävlingen (f.d. gasverket), Ritning 2, VIAK AB, 1975-10-24. Anm.: Inmätning har skett från auktionskammare



Figur 7 Rekonstruktion av lägen för tidigare anläggningsdelar, tillhörande gasverket.

Grundvattennivåer, grundvattenströmning och fältobservationer vid grundvattenprovtagning

Uppmätta grundvattennivåer i nya och befintliga grundvattenrör i juli 2018 redovisas i **tabell 2** nedan. I **bilaga 3** redovisas resultat från nivåmätningarna både i maj och juli.

Tabell 2 Uppmätta grundvattennivåer inom kvarteret Grävlingen i juli 2018

Provpunkt	Datum	Grundvattenyta nivå (m u my)	(m ö h, RH2000)
U12	2018-07-05	5,75	89,08
U13	2018-07-05	5,72	89,07
U1826	2018-07-05	5,33	89,05
U1822	2018-07-05	5,62	89,02
U1729	2018-07-05	5,09	89,06

Enligt tabell 2 låg grundvattenytan inom kvarteret Grävlingen vid mätningen i juli mellan ca 5,09 m.u.my. och ca 5,75 m.u.my, motsvarande ca 89,02– 89,08 m.ö.h. Nivåmätningarna bekräftar den tidigare bedömda strömningsriktningen från väster till öster. Men nivåskillnaden mellan rören i uppströmsriktningen (U12 och U13) och rören i nedströmsriktningen (U1826 och U1829) är bara någon eller några centimetrar.

I samtliga grundvattenrör vad tillrinningen god. I särskilt U1822 och U1829 (i närheten av västra f.d. tjärbrunnen) men även i U1826 i nordöst noterades doft av tjära i omsättningsvattnet. I U1822 påträffades även gråsvart finsand i botten på röret och även omsättningsvattnet var till en början gråsvart. I U1826 och U1829 var grundvattnet gulaktigt i färgen. Se även fältprotokollet i **bilaga 3**.

Utifrån nivåmätningarna har grundvattenytans lutning inom området grovt beräknats till ca 0,08 %. Lutningen tillsammans med en genomsnittlig hydraulisk konduktivitet i mellan-finsand på $6,5 \cdot 10^{-5}$ m/s ger en strömningshastighet på ca 5 m/år.

Resultat från PID- och XRF-mätningar

Fältprotokoll med resultat från PID-mätning av utvalda prover på jord-/fyllnadsmaterial redovisas i **bilaga 4**. Av protokollet framgår att PID-mätningen i huvudsak indikerade låga eller mycket låga halter av flyktiga organiska ämnen. Anmärkningsvärda halter uppmättes främst i fem punkter; 1809b, 1816⁴³, 1822, 1823 och 1829 men i viss mån även i 1815 och 1817. I sammanhanget bör noteras att PID-mätning inte utförts på alla jordprover.

Resultatsammanställning för ämnena arsenik, barium, bly, kadmium, kobolt, koppar, krom, kvicksilver, nickel och zink från XRF-analys av utvalda prover på jord-

⁴³ Proverna från ca 11-13 m.u.my. i 1816 bedöms p.g.a. mycket blöta borrhärdar ej vara representativa. Resultatet bör tas med stor försiktighet.

/fyllnadsmaterial redovisas i **bilaga 5**. Här bör nämnas att XRF-mätning erfarenhetsmässigt ger tillförlitliga resultat främst för arsenik, bly, koppar och zink. Avseende dessa ämnen uppmättes anmärkningsvärda halter (>KM) i knappt 20 av drygt 190 XRF-analyserade prover, främst avseende bly. Särskilt anmärkningsvärda halter (>MKM) uppmättes endast i ett fåtal prover; i 1803 0,5-1 m.u.my., i 1806 0,5-1 m.u.my., i 1823 1,6-1,8 m.u.my. (torvlager m. oljelukt) samt i PG6-B (slagglump). Punkterna/proverna med anmärkningsvärda metallhalter enligt XRF-mätningen stämmer generellt sett relativt väl med punkterna/proverna med anmärkningsvärda metallhalter enligt laboratorieanalysresultaten (jämför med bilaga 6). I sammanhanget bör noteras att XRF-mätning inte utförts på alla jordprover.

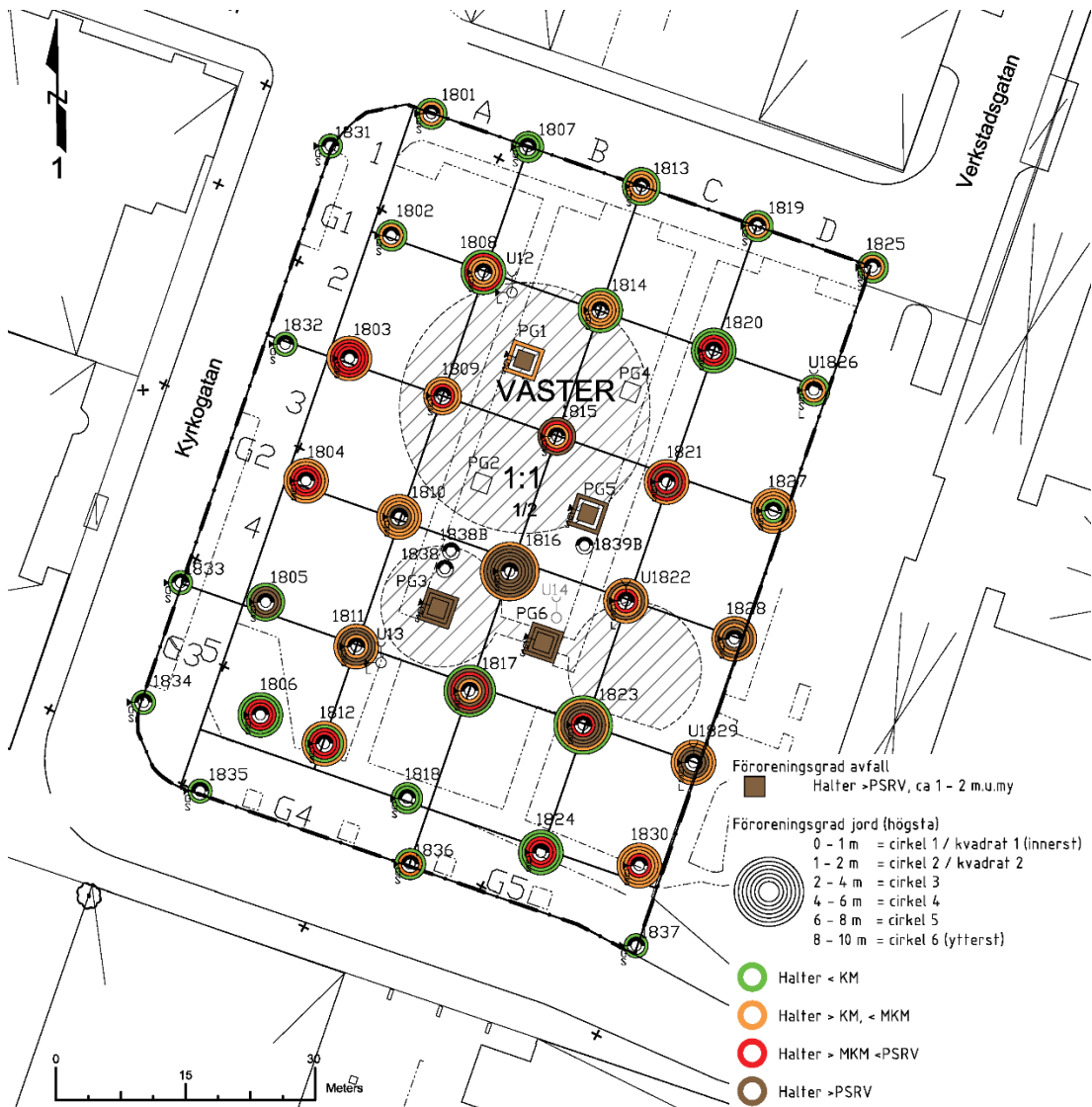
Analysresultat för jord/fyllnadsmaterial och ytasfalt

Analysresultaten för jord/fyllnadsmaterial och ytasfalt jämfört med generella och platsspecifika riktvärden (PSRV) för förorenad mark är sammanställda i tabellform i **bilaga 6 a-b**. Ritning med provpunkter och högsta noterade föroreningsgrad i envåternivåer redovisas i **figur 8** nedan samt på **Plansch 1**.

Av analys-sammanställningen i bilaga 6 samt av färgmarkeringarna i figur 8 och på Plansch 1 framgår att halter över använda riktvärden (halter > KM) förekommer i flertalet punkter, dock i varierande haltnivå/föroreningsgrad (> KM – > PSRV A) och varierande omfattning avseende antal ämnen och förorenade skikt/nivåer. PSRV B överskrids emellertid inte i något prov där dessa gäller (0-2,5 m.u.my. inom g/c-banorna). Högst föroreningshalter/föroreningsgrad och förorening på störst djup generellt konstaterats i punkterna vid/kring de f.d. tjär- och ammoniakbrunnarna (1816, 1817, 1823, 1813, 1828, 1829, 1822, PG3, PG6) följt av punkterna vid/kring den f.d. gasklockan (1815, 1821, 1810, 1809, 1808, 1820) och punkterna vid den f.d. byggnadslängan i väster (1805, 1803, 1804). Bara åtta av de 37+4 analyserade skruvprovpunkterna + provgroparna kan betecknas som ”rena”, med halter under använda riktvärden (halter < KM). De ”rena” punkterna är 1807 vid gångbanan mot Verkstadsgatan i norr, 1831-1834 längs gång-/cykelbanan mot Kyrkogatan i väster, 1835 och 1837 längs gång-/cykelbanan mot Gjuterigatan i söder samt 1818 på fastighetsgränsen av kvarteret Gjutaren mot gång-/cykelbanan i söder.

PAH-H och PAH-M är de parametrar/ämnesgrupper som påvisats i halter över använda riktvärden i klart störst omfattning; i 36 punkter samt i 180 respektive 102 prover. Andra ämnen som påvisats i halter över riktvärden i relativt stor omfattning är aromater >C10-C16, aromater >C16-C35, PAH-L, kvicksilver, bly, cyanid fri, cyanid total och bensen påvisats. I liten omfattning har även arsenik, barium, fenol/kresoler, zink, alifater >C16-C35, alifater >C12-C16, aromater >C8-C10, toluen, xylen, koppar och kadmium uppmätts i halter över använda riktvärden. I sammanhanget bör nämnas att rapporteringsgränsen för cyanid fri (1,1 mg/kg Ts) var högre än KM-riktvärdet (0,4 mg/kg Ts). Det kan alltså potentiellt finnas fler prover med halt av cyanid fri > KM

i de punkter där total cyanid påvisats, mest sannolikt i punkterna 1803-1805, 1809, 1816, 1817, 1823, 1829 och PG3.



Figur 8 Provpunkter med högsta föroreningsgrad på olika djupintervall.

PAH-H och PAH-M förekommer i halter > PSRV A i 28 respektive 40 prover fördelat på 10 respektive 14 punkter, samtliga inom parkeringsytan/kvarteret Grävlingen. Halter > PSRV A förekommer även i ett fåtal eller enstaka prover avseende bensen, aromater >C16-C35, aromater >C10-C16, PAH-L och bly.

Några punkter/prover sticker ut med extremt höga föroreningshalter. Prover med PAH-halter > 100 x PSRV A är 1816 7-7,5 m.u.m.y. (tjärblandad sand), tjärklump i PG3 samt asfaltsrester i PG5. Dessa prover innehåller även bensen- och aromathalter > 10 x PSRV A (dock ej analyserat i PG5). Ytterligare prover med PAH-halt > 50 x PSRV A är PG6 1,5-2 m.u.m.y. Ytterligare prover med PAH-halter > 10 x PSRV A är 1811, 1-1,5/

1,5-2/2,5-3 m.u.my., 1816 0,5-1 m.u.my. PG6 1-1,5 m.u.my. samt slaggklump i PG6. Ytterligare prov med bensenhalt > 10 x PSRV A är 1816 3-3,5/3,5-4/4-4,5 m.u.my.

Samtliga prover med PAH-halter > riktvärden innehåller även kreosotparametrar, och kreosothalterna tycks variera med PAH-halterna.

Påvisade oljeföreningar vid analys har typats som bensen i två punkter (1816, PG3) som diesel i tre punkter (1823, 1810, 1813), som motorolja i två punkter (1821, 1831) och som lätt gasol i en punkt (1804). Denna typning bör dock tas med viss försiktighet.

I de sex prover där kolhalten analyserats har denna uppmätts till <0,1-1,5 %. Kolhalten bedöms därmed generellt inte utgöra något hinder för omhändertagande av förorenade massor på deponi.

I provet på den ytliga asfalten i punkt 1816 uppmättes summahalten PAH16 till 2,5 mg/kg TS. Halten understiger således med stor marginal riktvärdet för innehåll av Stenkolstjära (70 mg/kg TS). Asfalten inom parkeringsytan bör därmed generellt kunna återanvändas fritt i bärlager och slitlager.

Fördelning av prover på olika föroreningsklasser

I någon mån förorenade massor, med halter över använda riktvärden, förekommer sammantaget i 34 av 41 provpunkter/provgropar. Härav överskrider PSRV A i 15 punkter. I **tabell 3** nedan visas fördelning av antal jord-/fyllningsprover (exkl. 6 prover på enbart avfallsrester) med olika föroreningsgrad, dels för alla nivåer ner till 10,5 m.u.my., dels för nivåerna 0-2,5 m.u.my., dels för nivåerna 2,5-5 m.u.my. och dels för nivåerna 5-10,5 m.u.my.

Tabell 3 Föroreningsfördelning för analyserade jord-/fyllningsprover

Antal prover	0-10,5 m.u.my.		0-2,5 m.u.my.		2,5-5 m.u.my.		5-10,5 m.u.my.	
Totalt	306	100%	165	100%	100	100%	41	100%
< KM	124	41%	52	32%	53	53%	19	46%
> KM, < MKM	102	33%	60	36%	28	28%	14	34%
> MKM, < PSRV A	39	13%	29	18%	8	8%	2	5%
> PSRV A	41	13%	24	15%	11	11%	6	15%

Av tabellen framgår att 59 % (182 st.) av alla analyserade jord-/fyllningsprover innehåller halter över använda riktvärden samt att 13 % (41 st.) av proverna innehåller halter > PSRV A. Vidare framgår att fördelningen av prover med olika föroreningsnivåer är relativt jämn i de tre olika djupintervallen. I intervallet 0-2,5 m.u.my. är dock andelen prover med halter över riktvärden störst, totalt 68 %. Andelen prover med halter > PSRV A är 15 % i djupintervallen 0-2,5 m.u.my. respektive 5-10,5 m.u.my. och något lägre, 11 %, i intervallet 2,5-5 m.u.my. Ur tabellen kan även utläsas att 24 av totalt 41 prover med halter > PSRV A (ca 60 %) återfinns i intervallet 0-2,5 m. Samtidigt bör

noteras att antalet analyserade prover minskar med djupet eftersom alla nivåer inte analyserats i alla punkter.

Analysresultat för grundvatten

Analysresultaten från grundvattenprovtagningen redovisas i tabellform i ***bilaga 7***, jämfört med bedömningsgrunder. Ritning med provpunkter och högsta noterade föroreningsgrad redovisas på bifogad ritning, ***Plansch 2***.

Analysresultaten från första provtagningsomgången (med odekanterade prover) visade på måttligt allvarligt – mycket allvarligt föroreningstillstånd avseende PAH, bensen och toluen i grundvattnet i U1829 i sydöst, nedströms de f.d. tjärbrunnarna samt måttligt allvarligt föroreningstillstånd avseende PAH och etylbensen i U1822 bredvid den östra f.d. tjärbrunnen. I U1829 samt i U12 i närheten av den f.d. gasklockan nordväst uppmättes halter av cyanid total över holländskt aktionsvärde och vid screeninganalysen i U1822 påvisades bekämpningsmedlet 2,6-diklorbenzamid (BAM) i halt överstigande SGU:s riktvärde för grundvattenresurser (dricksvatten). Uppmätta halterna av övriga ämnen, exempelvis metaller (filtrerade), fri cyanid och fenoler var låga, motsvarande mindre allvarligt föroreningstillstånd och/eller under använda riktvärden i alla grundvattenrör. Sett till näringsämnen och allmänna fysikaliska/kemiska parametrar uppvisade grundvattnet i U1829 störst påverkan, med konduktivitet och halter av ammonium, klorid och sulfat över SGU:s riktvärde.

Vid den andra provtagningsomgången i U12, U1822 och U1829 (med dekanterade prover) påvisades istället mycket allvarlig föroreningsgrad avseende bensen, allvarlig föroreningsgrad avseende PAH och måttligt allvarlig föroreningsgrad avseende etylbensen i U1822. I U1829 var däremot samtliga PAH- och BTEX-halter låga eller t.o.m. under rapporteringsgränserna. Även halterna av allmänna fys/kemparametrar i U1829 var generellt lägre än vid första provtagningsstillfället. Totalhalten av cyanid i U1829 överskred det holländska aktionsvärdet även denna gång. I U12 och U1829 analyserades även diklorbenzamid och de uppmätta halterna låg ungefär i nivå med halten i U1822 vid första provtagningsstillfället och över SGU:s riktvärde.

Utifrån analysresultaten från grundvattenprovtagningarna kan följande tolkningar/bedömningar göras:

- Ämnesgrupperna PAH-H och PAH-M tycks främst vara bundna till större jordpartiklar och i liten grad förekomma löst eller bundet till små partiklar som kan transporteras med grundvattnet. Ämnena bedöms härröra från det f.d. gasverket samt från asfaltsrester i fyllnadsmassorna.
- De lättare/flyktigare PAH-L och BTEX-ämnena beror sannolikt i mindre utsträckning av partikelhalten eftersom höga halter uppmätts även vid dekantering. Dessa ämnen är mer vattenlösliga än PAH-H och PAH-M. De stora skillnaderna mellan provtagningsstillfällena avseende dessa ämnen innebär att en osäkerhet finns avseende

föroreningsgraden. En förklaring av haltskillnaderna kan vara olika mått av avdunstning vid provtagning, provhantering etc., t.ex. p.g.a. variationer i luftning och temperatur. Ämnena bedöms härröra från det f.d. gasverket.

- Cyanid tycks främst förekomma i löst form i grundvattnet, både vid den f.d. gasklockan vid/nedströms den östra f.d. tjärbrunnen. Cyaniden bedöms härröra från det f.d. gasverket.
- Även diklorbenzamid förekommer i löst form och i flera grundvattenpunkter. Diklorbenzamid är mycket vattenlösligt och kan mycket väl härröra från källområden uppströms kvarteret Grävlingen.

Klassificering av selektiva enhetsvolymen för jord-/fyllning

Beräkningsmetod

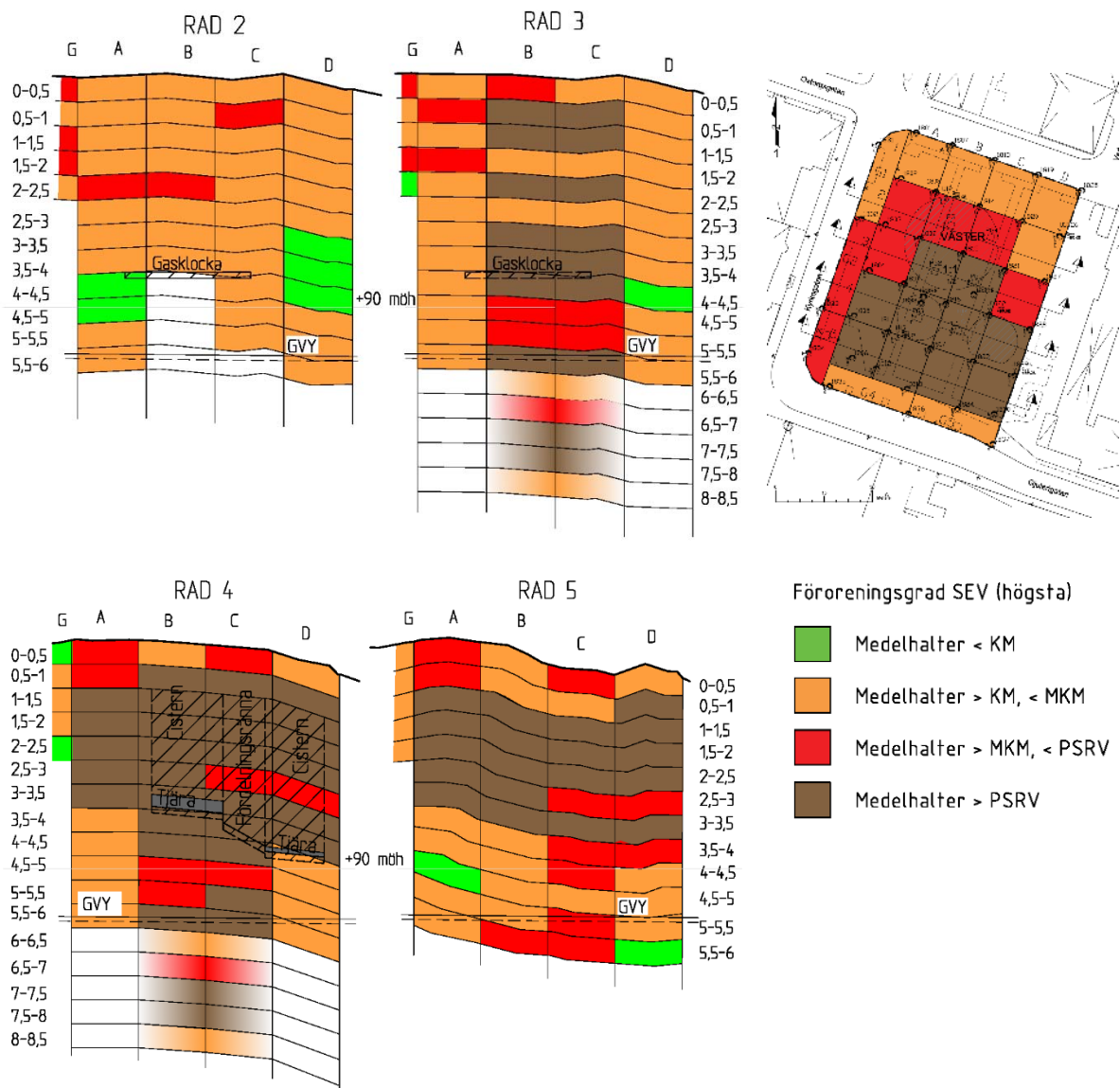
Utifrån erhållna analysresultat från jordprovtagningen har medelhalter beräknats för selektiva enhetsvolymen (SEV) motsvarande varje halvmetersnivå i respektive ruta A1 – G5. Varje SEV inom P-ytan + gångbanan i norr (A1-D5) är på ca 107 m³ (ca 14 m x ca 15 m x 0,5 m). SEV inom g/c-banorna i väster och söder (G1-G5) är på ca 75-111 m³.

Medelhalterna för de selektiva enhetsvolymerna baseras på 3-5 uppmätta/beräknade halter, från provpunkterna i varje rutas hörn samt för rutorna B4 och C4 från provgroparna PG3 och PG6 ner till 2 m.u.my. Vilka rutor respektive provpunkt tillhör i SEV-beräkningen framgår av bilaga 6. För varje ruta har SEV-medelhalter i möjligaste mån beräknats ner till det djup där samtliga medelhalterna understiger KM-riktvärden, dock max ner till 6 m.u.my. Halter < rapporteringsgräns har ansatts till halva rapporteringsgränsen. I de provpunkter där analysresultat från djupare nivåer saknas har extrapolering gjorts genom att anta att halterna i djupare nivåer = halterna på den nedersta analyserade nivån. Detta gäller punkterna i g/c-banorna, vissa punkter i P-ytans ytterkanter samt de punkter där skruvborrning inte kunnat genomföras ner till 6 m.u.my. p.g.a. borrhopp. För de nivåer som det i vissa punkter saknas analysresultat p.g.a. tappade prover har halter beräknats som medelvärde av halterna på nivåerna närmast ovanför och nedanför. På grund av kraftiga nivåskillnader i markytan mellan P-ytan och utanförbyggande g/c-bana i sydöst har halvmetersnivåerna justerats 0,5 m neråt i punkterna 1818 och 1824 respektive 1 m neråt i punkterna 1836 och 1837.

SEV-klassificering

Beräknade SEV- medelhalter jämfört med generella och platsspecifika riktvärden redovisas i **bilaga 8 a-b**. Ritning med högsta noterade föroreningsgrad för djupintervallen 0-6 m.u.my. och 0-2,5 m.u.my. i respektive ruta (A1-G5) redovisas på bifogad **Plansch 3** samt i **figur 9** nedan. På **Plansch 4** redovisas högsta föroreningsgrad i varje ruta för nivån 2,5-6 m.u.my., motsvarande kvarvarande jordmassor efter urschaktning enligt exploateringsalternativ 1 (underjordiskt garage i ett plan). På

Plansch 5 redovisas högsta föroreningsgrad i varje ruta för nivån 5-6 m.u.my., motsvarande kvarvarande jordmassor efter urschaktning enligt exploateringsalternativ 2 (underjordiskt garage i två plan). I figur 9 redovisas även sektioner med föroreningsgrad för varje SEV i djupled för rad 2-5 (ruta G2-D5). I sektionerna ses även kvarvarande anläggningsdelar (botten gasklocka samt betongkassuner med tjära på botten). För att åskådliggöra tjärföroreningen i punkt 1816 7-7,7 m.u.my. har färgmarkeringar lagts in ner till 8,5 m djup i sektionerna för rad 3-4. Dock bör poängteras att medelhalterna > 6 m.u.my. och att utbredningen av den djupa tjärföroreningen inrymmer stor osäkerhet.



Figur 9 SEV med högsta föroreningsgrad; dels i sektioner för rad 2-5, dels i plan för djupintervallet 0-6 m (och 0-2,5 m).

Av sammanställningen i bilaga 8 samt av färgmarkeringarna på Plansch 3-5 framgår att medelhalter över använda riktvärden (medelhalter > KM) förekommer i samtliga rutor inom undersökningsområdet, dock i varierande haltnivå/föroreningsgrad (> KM – > PSRV A) och varierande omfattning avseende förorenade skikt/nivåer och i viss mån avseende antal ämnen. PSRV B överskrids emellertid inte i någon SEV där dessa gäller (ruta G1-G5, 0-2,5 m.u.my.). Generellt gäller att antalet rutor/SEV med hög föroreningsgrad (>PSRV A) enbart återfinns inom den centrala – södra delen av parkeringsytan/ kvarteret Grävlingen och att de minskar med djupet. Högst föroreningsgrad i samtliga djupintervall har rutorna vid/kring de f.d. tjär-/ ammoniakbrunnarna och delvis vid den f.d. gasklockan (rutorna B3, C3, B4, C4), se även figur 9 ovan. I sammanhanget bör noteras att det tydligt tjärförorenade skiktet på 7-7,7 m djup i punkt 1816 inte är medtaget i beräknade SEV-medelhalter i bilaga 8, då representativa medelhalter endast kunnat beräknats ner till 6 m djup (ordinarie provtagningsdjup).

PAH-H och PAH-M är de parametrar/ämnesgrupper som beräknats till medelhalter över använda riktvärden i klart störst omfattning; i 240 respektive 166 SEV inom kvarteret Grävlingen. Andra ämnen som beräknats till medelhalter över riktvärden är aromater >C10-C16, aromater >C16-C35, PAH-L, cyanid fri, cyanid total, bensen, kvicksilver, bly, arsenik, toluen, xylene, aromater >C8-C10 samt fenol/kresoler. Medelhalter > PSRV A har beräknats för PAH-H och PAH-M i 28 respektive 60 SEV fördelat på 10 rutor. Andra ämnen med SEV-medelhalter > PSRV A är bensen, aromater >C16-C35, aromater >C10-C16 och PAH-L.

Fördelning av SEV på olika föroreningsklasser

Beräknade medelhalter över använda riktvärden förekommer sammantaget i 217 av 256 selektiva enhetsvolymerna (85 %). Härav överskrids PSRV A i 62 SEV (24 %). I **tabell 4** nedan visas fördelning av antal SEV med olika föroreningsgrad, dels för alla nivåer ner till 6 m.u.my., dels för nivåerna 0-2,5 m.u.my., dels för nivåerna 2,5-5 m.u.my. och dels för nivåerna 5-6 m.u.my.

Tabell 4 Föroreningsfördelning för SEV för olika djupintervall.

Antal SEV	0-6 m.u.my.		0-2,5 m.umy		2,5-5 m.umy		5-6 m.umy	
Totalt	256	100%	124	100%	96	100%	36	100%
< KM	39	15%	9	7%	24	25%	6	17%
> KM, < MKM	120	47%	63	51%	38	40%	19	53%
> MKM, < PSRV A	35	14%	18	15%	11	11%	6	17%
> PSRV A	62	24%	34	27%	23	24%	5	14%

Av tabell 4 framgår att fördelningen av SEV med olika föroreningsgrader skiljer sig en hel del i de tre olika djupintervallen. I intervallet 0-2,5 m.u.my. är andelen SEV med halter över använda riktvärden störst, totalt 93 %. I intervallet 2,5-5 m.u.my. är motsvarande andel 75 % och i intervallet 5-6 m.u.my. 83 %. Antalet/andelen SEV med halter > PSRV A är 34 st./27 % i djupintervallet 0-2,5 m.u.my., 23 st./24 % 2,5-

5 m.u.my. och 5 st./14 % 5-6 m.u.my. Ur tabellen kan även utläsas att 34 av totalt 62 st. SEV med halter > PSRV A (55 %) återfinns i intervallet 0-2,5 m. Samtidigt bör noteras att antalet SEV med beräknade medelhalter minskar med djupet.

En urschaktning ner till 2,5 m.u.my. enligt exploateringsalternativ 1 torde enligt ovanstående innebära att drygt 50 % av den förorenade jorden ner till 6 meters djup (med halter > använda riktvärden) försvinner från området enligt SEV-klassificeringen. Urschaktning ner till 5 m.u.my. enligt exploateringsalternativ 2 torde istället innebära att i storleksordningen 85 % av den förorenade jorden försvinner.

Sammanfattning av föroreningssituationen

Föroreningssituationen för kvarteret Grävlingen, f.d. gasverkstomten, kan sammanfattas enligt följande:

- PAH-H/M m.fl. ämnen har påvisats i halter >PSRV A i jord/fyllning/avfallsrester inom kvarteret Grävlingen, däremot har inga halter > PSRV A eller PSRV B påvisats inom kringliggande g/c-banor.
- Halter > PSRV A har uppmätts i 15 punkter/41 prover (13 %) inom kvarteret Grävlingen, lokaliserade kring f.d. jär-/ammoniakbrunnar, f.d. gasklocka och vid f.d. byggnader i sydväst.
- Medelhalter > PSRV A har beräknats för 62 SEV (23 %) fördelat på 10 rutor inom södra fastighetshalvan. 28 SEV med medelhalter > PSRV A förekommer i djupintervallet 2,5-6 m.u.my. varav 5 SEV (ca 500 m³ jord/ fyllning) förekommer i djupintervallet 5-6 m.u.my.
- En hel del avfallsrester, bl.a. asfaltsrester, tjärklumpar, slagg, kol och trä har noterats i fyllnadsmassorna, ofta i samband med lukt (främst oljelukt). P.g.a. betongrester m.m. kunde planerat provtagningsdjup inte uppnås i flera punkter, bl.a. vid f.d. gasklockan där föroreningssituationen på djupet/under anläggningen således är okänd.
- En tjärblandning (20-30 cm) har noterats i botten på den västra f.d. tjärbrunnen. Vid tidigare undersökningar på 1990-talet noterades ca 50 cm i västra respektive ca 10 cm i östra tjärbrunnen. Den nu mindre mäktigheten hos tjärblandningen i den västra tjärbrunnen tyder på att utläckage av tjära skett/sker genom hål som ska ha borrats i brunnsbotten i samband med sanering på 1970-talet. Tjära kan även finnas kvar i botten på fördelningsrännan mellan brunnarna, utifrån undersökning på 1970-talet.
- Ett tjärförorenat grövre sandskikt har påträffats 7-7,7 m.u.my. i en punkt (1816) intill den västra tjärbrunnen. Antagligen p.g.a. utläckt tjära från hål i brunnsbotten

enligt ovanstående. Sannolikt är utbredningen av föroreningen begränsad till området under/kring den västra tjärbrunnen (sydväst om 1816).

- Svart finsand har noterats i botten på ett grundvattenrör (U1822) intill den östra f.d. tjärbrunnen. I samma rör samt i övriga nedströmsrör (U1826, U1829) har färgat vatten samt lukt av tjära noterats. I ett grundvattenrör från tidigare undersökning (U14) lokaliserat mellan de f.d. tjärbrunnarna har trögflytande svart tjära påträffats, sannolikt utläckt från den västra tjärbrunnen, enligt ovanstående.
- PAH, bensen, cyanid m.fl. ämnen har vid något provtagningstillfälle påvisats i måttligt höga – mycket höga halter i grundvattnet främst i sydöst, vid/nedströms tjärbrunnarna (U1822, U1829). Föroreningsgraden är osäker p.g.a. divergerande resultat vid olika provtagningar, men preliminärt bedöms grundvattnet vara förorenat främst med avseende på de lättare/lättlösligare ämnena bensen, cyanid och PAH-L medan de tyngre/svårösligare föroreningarna PAH-M och PAH-H snarare är bundna till större jordpartiklar som inte sprids med grundvattnet.

Sammantaget har nu genomförda undersökningar visat att föroreningar i höga halter förekommer främst i fyllning ovan grundvattenytan (i omättad zon), främst vid f.d. anläggningar/byggnader med koppling till det f.d. gasverket. Vid de f.d. tjär-/ammoniakbrunnarna förekommer föroreningar även i underliggande sandjord, delvis under grundvattenytan (i mättad zon), bl.a. tjära i fri fas. Samtidigt har undersökningarna visat att föroreningsomfattningen och därmed volymen förorenad jord generellt minskar med djupet.

Lättare/lättlösligare föroreningar från den f.d. gasproduktionen förekommer sannolikt i höga halter i grundvattnet främst vid/i närheten av de f.d. tjärbrunnarna. Dessutom förekommer tjära i fri fas i/på grundvattnet i området mellan brunnarna. Tjäran bedöms dock sprida sig väldigt lite/långsamt med grundvattnet och i huvudsak begränsat till grovkornigare skikt i den naturliga sandjorden. Tjärföroreningen bedöms inte ha spridit sig utanför fastigheten.

Riskbedömning

Syfte och förutsättningar

Följande riskbedömning syftar till att översiktligt bedöma risker och åtgärdsbehov avseende den f.d. gasverksverksamheten inom kvarteret Grävlingen inför planerad byggnation av kommersiella lokaler, bostäder och underjordiskt garage. Riskbedömningen görs för två exploateringsalternativ; Alternativ 1 innebär urschaktning ner till 2,5 m.u.my. för underjordiskt garage i ett plan, Alternativ 2 innebär urschaktning ner till 5 m.u.my. för underjordiskt garage i två plan. Riskbedömningen ska ge svar på vilka risker som föroreningsituationen innebär vid planerad exploatering, hur mycket riskerna

behöver reduceras för att negativa effekter på miljö, hälsa och skyddsvärda naturresurser inte ska uppstå.

Konceptuell modell

Riskbedömningen grundar sig på platsspecifika riktvärden (PSRV), framtagna för att beakta lokala skyddsvärden samt undersökningsområdets specifika planerade markanvändning. Beräknade platsspecifika riktvärden gäller främst för jord > 2,5 m.u.my. inom kvarteret Grävlingen samt för jord under kringliggande gång- och cykelvägar.

Inför riskbedömningen och framtagandet av platsspecifika riktvärden har de frigörelse- och spridningsmekanismer som är eller kan bli aktuella inom aktuellt område studerats. Utifrån den framtida planerade markanvändningen har även exponeringsvägar inom undersökningsområdet samt skyddsobjekt studerats. Riskbedömningen grundar sig dessutom på vilka dokumenterade föroreningskällor som finns.

Den föroreningskälla samt de spridnings-/exponerings-/skyddsaspekter som bedömts vara relevanta för riskbedömningen i detta specifika fall sammanfattas i en Konceptuell modell i **tabell 5** nedan samt i efterföljande textavsnitt. Se även principer för beräkning av platsspecifika riktvärden i avsnittet ”Bedömningsgrunder för jord m.m.” ovan.

Tabell 5 Konceptuell modell över relevanta aspekter för kvarteret Grävlingen

Föroreningskälla	Frigörelse/ spridning	Exponerings- vägar	Skyddsobjekt		
			Människor	Miljö	Naturresurser
Fyllnadsmassor, bl.a. avfallsrester.	Spridning till grund- och ytvatten	Inandning av ånga	Framtida boende och anställda	Munksjön, Vättern	Vättern (dricks-vattentäkt)
Tjära i botten på f.d. tjärbrunnar	Spridning från anläggningar	Vid tillfälliga schaktarbeten g/c-banor även:	Vid tillfälliga schaktarbeten g/c-banor även:		
Tjärförorenad jord intill/under? f.d. tjärbrunn	Spridning av fri fas	- intag av jord	- förbi-passerande		
Tjära i/på grundvatten mellan f.d. tjärbrunnar	Spridning till porluft (ånga)	- hudkontakt med jord/damm	- gräv-/anläggnings arbetare		
Föroreningar härstammar från f.d. gasverk		- inandning av damm			
Föroreningar med mkt hög farlighet					

Föroreningskälla och volym förorenade massor

Föroreningskällan bedöms vara jorden, främst fyllning med diverse avfallsrester, samt tjära i fri fas, i huvudsak beläget inom kvarteret Grävlingen/befintlig parkeringsyta och i huvudsak med koppling till det f.d. gasverket. Det förorenade områdets yta har grovt beräknats till knappt 5 000 m², vilket sannolikt är något överskattat.

Utifrån SEV-klassificeringen kan den totala volymen jord med medelhalter > KM grovt beräknas/uppskattas till ca 24 000 m³, vilket är att betrakta som en stor volym förorenade massor ⁴⁴. Jordvolymen med halter > PSRV A uppgår totalt till ca 7 000 m³, vilket bedöms som en måttligt stor volym ⁴⁵. Kvarvarande volym förorenade massor med halter > PSRV A vid exploateringsalternativ 1 (> 2,5 m.u.my.) uppgår till ca 3 500 m³, vilket också bedöms som en måttligt stor volym ⁴⁵. Kvarvarande volym förorenade massor med halter > PSRV A vid exploateringsalternativ 2 (> 5 m.u.my.) uppgår till ca 1 000 m³, vilket bedöms som en liten – måttligt stor volym ⁴⁵.

Föroreningsmängd och föroreningarnas egenskaper

Av de ämnen som påvisats i halter över PSRV räknas PAH, bensen och bly som ämnen med mycket hög farlighet. Även cyanid, som påvisats i både jord och grundvatten i förhöjda halter har hög mycket hög farlighet. Farligheten för övriga aromatiska kolväten (aromater) är generellt att betrakta som hög. ⁴⁵

Mängden föroreningar med mycket hög farlighet har utifrån SEV-medelhalter totalt beräknats till några ton, vilket är att betrakta som en mycket stor mängd ⁴⁵. Även för exploateringsalternativ 1 bedöms kvarvarande föroreningsmängd (> 2,5 m.u.my.) som mycket stor. För exploateringsalternativ 2 bedöms kvarvarande föroreningsmängd (> 5 m.u.my.) som stor.

PAH, polycykliska aromatiska kolväten, är generellt sett lågflyktiga, hydrofoba ämnen som skyr vatten och föredrar att binda till partiklar och organiskt material i miljön. Egenskaperna varierar dock kraftigt mellan enskilda PAH:er. Förenklat kan man säga att flyktighet och vattenlöslighet minskar med molekylen öökande storlek och vikt. Tyngre PAH:er (PAH-M, PAH-H) har en högre fördelning till jord och i sediment medan lättare PAH:er (PAH-L) återfinns främst i luft och vatten. Detta innebär att landlevande organismer kan ta upp PAH:er via jord, födoointag, genom hudkontakt och från luften via inandning medan vattenlevande organismer främst exponeras via vattenfasen, sediment och födoointag. PAH:er är normalt relativt fettlösliga, men då de kan omvandlas effektivt i t.ex. däggdjur sker ingen nämnvärd bioackumulation. Viss nedbrytning kan ske genom mikrobiella processer. Tunga PAH:er är svårast att bryta ner. Flertalet PAH:er har både hälsofarliga och miljöfarliga egenskaper och kan antingen vara

⁴⁴ Bedömning enligt metodik i NV rapport 4918, 1999

⁴⁵ Källa: NV:s rapport 4918, 1999

akut toxiska, genotoxiska, cancerogena eller kombination därav. Både PAH-H och PAH-M består av cancerogena PAH:er.⁴⁶

Bensen är ett mycket flyktigt, brandfarligt och giftigt lösningsmedel som uppträder som en färglös till ljusgul vätska. Liksom andra kolväten flyter bensen på vatten. Bensen kan lätt tas upp i kroppen, vid såväl hudkontakt som inandning. Ämnet är cancerfrankallande samt irriterande för andningsvägar, ögon och hud.^{47, 48}

Bly, som är mest förekommande tungmetallen i förhöjda halter inom området, är giftig och kan ge skador på nervsystemet hos både människor och djur. Bly skadar de röda blodkropparna och kan leda till blodbrist.⁴⁹

Fri cyanid har mycket hög akuttoxicitet för människor och djur, medan bunden cyanid har betydligt lägre toxicitet. I marken sker en långsam omvandling av bunden cyanid till fri cyanid men cyanid kan snabbt frigöras vid extremt låga eller höga pH-värden. Cyanid har hög vattenlöslighet och kan därmed transporteras i grundvattnet. Fri cyanid bryts dock lätt ner i både mark och vatten.⁵⁰

Spridning

Den planerade exploateringen med urgrävning ner till minst 2,5 m.u.my. innebär att djupet till kvarvarande förorenad jord från markytan kommer att bli stort. Vidare förutsätts att i princip hela ytan kommer att bebyggas eller hårdgöras. Detta innebär att de framtida förutsättningarna för föroreningsspridning via damning och erosion bedöms som obefintliga. De spridningsmekanismer som är relevanta i detta fall är främst spridning från gamla anläggningar (främst f.d. tjär-/ammoniakbrunnar), spridning till grund- och ytvatten samt spridning till porluft och framtida byggnader.

Påvisad förekomst av föroreningar i höga halter i jorden under grundvattenytan vid/kring de f.d. tjär- och ammoniakbrunnarna gör att risken för föroreningsspridning till grundvattnet härifrån är stor. Att tjära påträffats i fri fas i/på grundvattnet mellan brunnarna samt att föroreningar påvisats i höga halter i grundvattnet vid/nedströms tjärbrunnarna styrker denna bedömning.

Utförda undersökningar har dock indikerat att föroreningsförekomsten i stort främst finns i fyllnadsmassor ovanför grundvattenytan. Den stora andelen hårdgjorda ytor vid planerad exploatering innebär att grundvattenbildningen inom området kommer att bli

⁴⁶ Källa: NV Rapport 5736, 2007

⁴⁷ Källa: <http://www.facket.org/home/da/arbmiljo.nsf/pages/92>

⁴⁸ Källa: <https://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Amnen/Ovriga-organiska-amnen/Bensen/>

⁴⁹ Källa: <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Bly-Pb/>

⁵⁰ Källa: NV rapport 4100 (Gasverkstomter i Sverige: en inventering av efterbehandlingsbehovet vid landets gasverkstomter)

liten, vilket innebär liten framtida risk för utlakning och spridning till grundvattnet av föroreningar i den omättade zonen.

Utförda nivåmätningar visar att grundvattenytan inom kvarteret Grävlingen är mycket flack, ca 0,08 %. Grundvattnets strömningsriktning bedöms vara riktad mot Munksjön. Lutningen tillsammans med en genomsnittlig hydraulisk konduktivitet i den naturliga sanden under grundvattenytan på $6,5 \cdot 10^{-5}$ m/s ger en strömningshastighet på ca 5 m/år, vilket innebär att spridningsförutsättningarna i mark och grundvatten generellt bedöms som stora⁵¹. Utifrån strömningshastigheten och avståndet till Munksjön bedöms vidare spridningsförutsättningarna via grundvatten till ytvatten teoretiskt vara stora⁴⁶. Eftersom de förorenade massorna har legat på platsen lång tid är teoretiskt sannolikheten stor att föroreningsspridning till ytvatten från kvarteret Grävlingen redan har skett.

Samtidigt kan noteras att de mest påvisade föroreningarna i jorden; PAH-H och PAH-M, har liten-måttlig vattenlöslighet. Även den förkommande tjäran bedöms ha liten benägenhet till spridning med grundvattnet några längre sträckor. Risker för spridning med grundvattnet till Munksjön bedöms därför i praktiken vara relativt liten för de gasverksrelaterade föroreningarna utom för mer vattenlösliga/lättrörliga ämnen såsom exempelvis bensen, PAH-L och cyanid.

Det är svårt att dra några säkra slutsatser avseende både föroreningsnivån och spridningen i grundvattnet, dels eftersom provtagning av grundvatten inom kvarteret Grävlingen nu bara utförts vid två tillfällen, med delvis divergerande resultat, och dels eftersom ingen provtagning av grundvattnet nu gjorts nedströms kvarteret Grävlingen. Tidigare grundvattenundersökningar som gjorts i nedströmsområdet mellan kvarteret Grävlingen och Munksjön har dock i huvudsak visat på låga föroreningshalter avseende aktuella gasverksrelaterade ämnen (cyanid har ej undersökts), se avsnittet ”Tidigare undersökningar” ovan. Detta tyder på att spridningen från kv. Grävlingen i vart fall inte är så stor att den ger upphov till negativ påverkan på grundvattnet ca 150-200 m nedströms. Följaktligen bedöms även risken för negativ påverkan på ytvatten i Munksjön samt på dricksvattentäkten Vättern vara liten. Denna bedömning styrks av att beräknade PSRV för skydd av ytvatten inte överskrider i något jordprov eller i någon SEV.

Skyddsobjekt

Relevanta skyddsobjekt från hälsosynpunkt är för det framtida exploateringsfallet främst de människor (vuxna och barn) som kommer bo eller arbeta inom kvarteret Grävlingen. För de tillfällen schaktarbeten för ledningar etc. kan komma att ske i kringliggande gång-/cykelbanor utgör även förbipasserande samt gräv-/anläggningsarbetare skyddsobjekt.

⁵¹ Bedömning enligt metodik i NV:s rapport 4918, 1999

Relevant skyddsobjekt från miljö- och naturresurssynpunkt är dels ytvattensystemet Munksjön-Vättern och dels dricksvattentäkten Vättern (se avsnittet ”Hydrologi” ovan).

Skydd för markmiljön bedöms inte vara av vikt, dels p.g.a. planerad urgrävning för underjordiskt garage inom kvarteret Grävlingen och dels p.g.a. den stora andelen hårdgjorda ytor både inom runt omkring fastigheten. Både stora djup och större hårdgjorda ytor med underliggande fyllnadsmaterial innebär dåliga förutsättningar för marklevande organismer (se även ”Bedömningsgrunder för jord m.m.” ovan).

Inte heller grundvattnet med grundvattenförekomsten Hovslätt-Huskvarna anses vara beaktansvärt då det inte bedöms vara/bli aktuellt att använda grundvattnet som dricksvattenresurs (se även ”Bedömningsgrunder för jord m.m.” ovan).

Exponering

Den huvudsakliga exponeringsvägen för den framtida exploateringen och den enda exponeringsväg som beaktats vid beräkning av platsspecifika riktvärden PSRV A är inandning av ånga. Då de mer eller mindre flyktiga föroreningarna bensen, PAH-L och/eller PAH-M i stor omfattning påvisats/beräknats i höga halter/medelhalter > PSRV A i området vid de f.d. tjärbrunnarna bedöms teoretiskt risken för exponering via inandning av ånga i framtida byggnader vara stor, särskilt då inandning av ånga är den styrande parametern för både PSRV A och PSRV B för dessa ämnen. Se även avsnittet ”Bedömningsgrunder för jord m.m.” ovan).

I praktiken bedöms exponeringsrisken via inandning av ånga begränsas av utspädnings-effekten i det planerade underjordiska garaget, samt för de boende även utspädnings-effekten på markplan. Denna utspädnings-effekt beaktas inte i riktvärdesmodellen. Utspädnings-effekten och därmed riskreduceringen torde följaktligen bli större för exploateringsalternativ 2 än för alternativ 1, både för att avståndet till jorden/föroreningen ökar och för utspädning sker i två garageplan istället för i ett. Dessutom kan antas att mekanisk ventilation kommer att installeras i såväl garage som ovanför-liggande våningsplan, vilket ytterligare reducerar potentiella ångor i inomhusluften. Sammanfattningsvis bedöms framräknade PSRV avseende ånginträngning vara väl tilltagna och överskatta riskerna med ånginträngning för de aktuella exploaterings-alternativen, och särskilt för alternativ 2. Enligt försiktighetsprincipen bör ändå framräknade PSRV gälla för bedömning av åtgärdsbehov då förekomsten av flyktiga ämnen i marken ställvis är stor och risken för ånginträngning i kommersiella lokaler och bostäder inte med säkerhet kan bortses ifrån.

Då kommunal dricksvattenförsörjning förutsätts är inte intag via dricksvatten en relevant exponeringsväg för kvarteret Grävlingen. Stort djup till föroreningar och/eller hårdgjorda ytor innebär att inte heller exponeringsvägarna intag av jord, hudkontakt med jord/damm, inandning av damm eller intag av växter är relevanta för normalfallet.

Dessa exponeringsvägar har därför uteslutits vid beräkning av PSRV A, som gäller för jord > 2,5 m.u.my.

Vid särskilda tillfällen, t.ex. vid gräv- eller andra markarbeten finns dock teoretiskt risk för korttidsexponering i form av enstaka intag av jord, hudkontakt med jord/ damm och inandning av damm. Exponeringsrisken är generellt störst för ytligare jordlager då djupare grävarbeten sannolikt är mindre förekommande. Bortsett från grävarbeten under själva byggnationen inom kvarteret Grävlingen bedöms denna teoretiska exponeringsrisk endast gälla eventuella grävarbeten i kringliggande gång-/cykelbanor utanför exploateringsområdet. Därför har PSRV B tagits fram för jord 0-2,5 m.u.my. under gång-/cykelbanorna, baserade på schaktarbeten 14 dagar/år vilket sannolikt är överskattat. I praktiken har inga halter > PSRV B uppmätts i g/c-banorna eller beräknats för SEV G1-G5. Såväl uppmätta som beräknade halter ligger även långt under förekommande riktvärden för korttidsexponering eller akuttoxicitet. Hälsoriskerna vid korttidsexponering till följd av tillfälliga framtida schaktarbeten i gång-/cykelbanorna bedöms därför vara små.

Sammanfattande riskbedömning

Den kvarvarande volymen förorenade massor, efter urgrävning för grundläggning, bedöms vara måttligt stor för exploateringsalternativ 1 (urgrävning 0-2,5 m.u.my.) respektive liten – måttligt stor för exploateringsalternativ 2 (urgrävning 0-5 m.u.my.). För båda alternativen bedöms dock den kvarvarande föroreningsmängden som mycket stor p.g.a. mycket ställvis mycket höga halter.

Nu och tidigare undersökningar har visat att spridning till mark/grundvatten har skett/sker från kvarvarande anläggningsdelar under markytan, närmare bestämt utläckage av tjära i fri fas från f.d. tjär-/ammoniakbrunnar. Exploateringsalternativ 2 innebär att fortsatt spridning från betongkassunerna elimineras genom att samtliga kvarvarande anläggningsdelar i marken inklusive tjära på brunnsbotten tas bort i och med urgrävning för grundläggning av byggnad. Detta gäller dock ej för exploateringsalternativ 1 p.g.a. mindre grundläggningsdjup.

Risken för oacceptabel spridning med grundvattnet samt negativ påverkan på ytvattenrecipienten Munksjön och dricksvattentäkten Vättern bedöms dock vara liten för båda exploateringsalternativen, även om risken teoretiskt är större för alternativ 1 p.g.a. större mängd kvarvarande förorening.

Resultaten från utförd undersökning jämfört med platsspecifika riktvärden visar att de största riskerna med föroreningssituationen inom kvarteret Grävlingen är hälsorisker för framtida boende och arbetande inom kvarteret Grävlingen kopplat till inandning av ångor som riskerar att tränga in i planerade byggnader. Risk för oacceptabel exponering via inandning av ångor finns vid båda exploateringsalternativen, men är större för alternativ 1 p.g.a. av större kvarvarande förorening och mindre avstånd från

föroreningen till bostäder respektive arbetsplats. Däremot bedöms hälsoriskerna både med nuvarande markanvändning och vid eventuella framtida schaktarbeten i kringliggande gång-/cykelbanor vara små.

Sammantaget visar riskbedömningen att föroreningssituationen inom kvarteret Grävlingen innebär att efterbehandlingsåtgärder behöver vidtas för att minska risker med förorening i fri fas (tjära) samt ånginträngning i framtida byggnader. Efterbehandlingsbehov föreligger vid båda exploateringsalternativen men är större för alternativ 1.

Eftersom förorening föreligger i fri fas bör åtgärderna i första hand inriktas mot att ta bort/reducera föroreningskällan. Den planerade exploateringen med urschaktning ner till 2,5 m.u.my. alternativt 5 m.u.my. för grundläggning av byggnad med underjordiskt garage innebär i sig självt en schaktsanering ner till åtminstone det grundläggningsdjup som blir aktuellt.

De miljö- och hälsorisker som översiktligt främst bedöms föreligga vid en schaktsanering inom kvarteret Grävlingen är hälsorisker till följd av exponering via hudkontakt med jord/damm, inandning av damm/ånga och intag av jord. De människor som i första hand kommer exponeras är de som arbetar med själva saneringsarbetet och/eller hantering av schaktmassor, och den viktigaste exponeringsvägen avseende hälsorisker bedöms vara hudkontakt med jord/damm. Även förbipasserande riskerar att exponeras via hudkontakt med/inandning av damm/ånga, men för denna grupp bedöms hälsoriskerna i praktiken vara begränsade då exponeringstiden sannolikt blir liten.

Förslag till åtgärder

Allmänt

Syftet är att utifrån föroreningssituation och riskbedömning hitta lämpliga åtgärder så att riskerna kan minskas till en acceptabel nivå. Åtgärder kan normalt sett avse reduktion av föroreningskällan eller begränsning av spridning och exponering av föroreningen.

De föreslagna åtgärderna nedan avser primärt den framtida markanvändningen i samband med exploateringsprojekt. Utifrån föroreningssituation och riskbedömning anses åtgärder preliminärt ej behöva vidtas inom delområde G, gång- och cykelbanan mot Kyrkogatan och Gjuterigatan. Åtgärder bedöms preliminärt inte heller behöva vidtas inom den nordligaste delen av delområde A1-D1, d.v.s. inom den smala gångbanan mot Oxtorgsgatan/Verkstadsgatan. Platsspecifika riktvärden underskrids i samtliga provpunkter/SEV inom dessa ytor. Samtliga gång- och cykelbanor ligger dessutom utanför det planerade exploateringsområdet, och markanvändningen inom dessa stråk planeras ej att förändras. Emellertid finns det stor anledning att misstänka att schakt för anslutande servisledning för VA och el m.m. behöver utföras inom delområde G och/eller inom gångbanan i norr. Omfattning och lokalisering är dock ej

ännu bestämd och ingår således inte i nedanstående bedömning av mängder och kostnader. Å andra sidan inryms större delen av befintlig gångbana utmed Oxtorgsgatan/Verkstadsgatan inom rad 1. Mängdmässigt och sannolikt även kostnadsmässigt bedöms detta mycket ungefärligt motsvara det schaktarbete som är nödvändigt för att ansluta fastigheten mot omgivande ledningar.

För resterande del av undersökningsområdet, d.v.s. för nuvarande parkeringsyta inom delområde A-D, är den huvudsakliga åtgärden redan väl formulerad i uppdragsbeskrivningen. Här anges att samtliga massor inom hela tomtytan skall schaktas ur ner till ett förutbestämt djup samt att massorna skall transporteras bort. Vidare skall två alternativa schaktdjup förutsättas:

Alternativ 1 innebär att ett underjordiskt garage skall byggas i ett plan och alla massor schaktas bort ner till cirka 2,5 meter under markytan.

Alternativ 2 innebär att ett underjordiskt garage skall byggas i två plan och alla massor ska schaktas bort ner till cirka 5 meter under markytan.

Innebörden av ovanstående är att samtliga massor ner till grundläggningsnivå oavsett föroreningsgrad skall schaktas ur och transporteras bort. Innebörden blir också en förenkling av verkligheten eftersom markytan inom området inte är helt plan, i motsats till grundläggningsnivån.

I enlighet med uppdragsbeskrivning har hela undersökningsområdet delats in i likformiga selektiva enhetsvolymmer (SEV). Storleken i plan på varje SEV inom tomtytan/kvarteret Grävlingen är 15,3 meter x 14 meter. Vid projektering av rutnätsystemet har hänsyn inte tagits till placering av de tidigare anläggningsdelarna på gasverkstomten utan syftet har varit att täcka in hela undersökningsområdet i lika delar. Varje SEV har klassificerats utifrån föroreningsgrad i syfte att utgöra underlag till en indelning av icke förorenade massor samt förorenade massor i olika avfallsslag. Se även avsnittet ”Klassificering av selektiva enhetsvolymmer för jord-/fyllning” ovan.

Urgrävning och borttransport

Allmänt

På ett teoretiskt plan, och sannolikt till övervägande del även praktiskt, föreslås schakten utföras skiktvis i ovan angivna enhetsvolymmer, d.v.s. med 50 cm mäktighet, och i två etapper, där ”etapp 1” motsvarar urgrävning ner till planerad grundläggningsnivå och ”etapp 2” motsvarar sanering under planerad grundläggningsnivå.

Etapp 1

Uppschaktning av massor samt lastning av massorna på lastbil och borttransport från saneringsområdet föreslås utföras i en följd då utrymme för upplag inte bedöms finnas inom eller i närheten av det aktuella området. P.g.a. praktiska svårigheter bedöms det dock behövas extra maskinkapacitet för att lasta den uppschaktade jorden.

De uppschaktade massorna sorteras på förhand i SEV-systemet i olika avfallsklasser och kan utifrån detta transporteras till olika avlämningsplatser eller återanvändas inom arbetsområdet. Baserat på resultaten från genomförd miljöteknisk undersökning och riskbedömning samt arbetsområdets begränsningar bedöms dock att samtliga schaktmassor som uppkommer inom projektet i praktiken transporteras till avfallsanläggningen Miljön. Vid Miljön kan de deponeras som farligt avfall (FA), deponeras som icke farligt avfall (IFA) eller utnyttjas som konstruktionsmaterial.

Rena schaktmassor (med halter $< KM$) kan hypotetiskt avyttras inom anläggningsprojekt på närmare avstånd eller återanvändas i projektet. Behovet av återanvändning av massor inom aktuellt projekt bedöms dock som relativt litet, åtminstone för exploateringsalternativ 2. Vidare bedöms det saknas utrymme för mellanlagring inom eller i anslutning till det aktuella området. För enkelhetens skull antas därmed att även rena schaktmassor transporteras till avfallsanläggningen Miljön för att användas som konstruktionsmaterial.

Inom området kan förväntas utfyllnadsmassor blandat med lösa rivningsrester som relativt fasta grundelement samt även en del fasta biprodukter. Vissa enhetsvolymmer behöver därför sannolikt grovsiktas och avskiljas på inert material i form av fasta biprodukter såsom tjärklumpar, sten, betong etc. Utrymme för mer storskalig sortering bedöms inte finnas inom eller i närheten av det aktuella arbetsområdet varför viss sortering behöver utföras på avfallsanläggningen Miljön.

Ettapp 2

Ettapp 2 utgörs av åtgärder för förorenade djupa jordlager vilka återfinns under grundläggningsnivån för båda exploateringsalternativen. Urgrävning och borttransport föreslås utföras principiellt på samma vis som för ettapp 1. Urschaktning för ettapp 2 utförs dock enbart av de enhetsvolymmer som överstiger PSRV, samt av överlagrande enhetsvolymmer med halter $< PSRV$. Sanering av dessa djupare jordlager skulle rent teoretiskt sett kunna utföras på annat vis än genom schaktsanering, framförallt för alternativ 2 då känd förorening i fri fas avlägsnats i ettapp 1. Det finns emellertid risk för ytterligare hot spots, rivningsmaterial och fasta biprodukter på djupare nivåer. Skall riktvärden uppfyllas med tillfredsställande säkerhet måste all jord ner till givet djup schaktas upp och kontrolleras på ett systematiskt sätt. Sammantaget föreslås därmed att även kvarvarande åtgärder, under grundläggningsnivå för nya byggnader, baseras på schaktsanering.

De mest förorenade jordmassorna, med högt innehåll av tjära, kan eventuellt transporteras bort för en termisk behandling istället för deponering. Tillgång till sådana behandlingsanläggningar är dock svår. Sammantaget antas därmed att samtliga massor transporteras till extern behandlingsanläggning för deponering (Miljön).

Utbredningen av förorenade djupare jordlager har varit svårt att kartlägga men huvuddelen av mängden antas ligga i anslutning till de f.d. tjärbrunnarna. I djupled bedöms de

främst återfinnas i anslutning till eller strax under brunnarnas botten. Med höjdanivelser på äldre ritningsmaterial översatt till dagens nivå innebär detta mellan cirka 3,5 och drygt 4 meter under markytan.

Djup schakt runt 1816

Skikt med högt föroreningsinnehåll har även påträffats på nivå 7 – 7,7 meter under markytan i enstaka borrhål 1816. Skiktet har delvis kunnat avgränsas och utgörelsen en begränsad volym, men den exakta omfattningen är på förhand svårutredd. Det djupt liggande förorenade skiktet avgränsas lämpligast därmed i samband med schaktarbetet då de mest svårforcerade grundelementen har tagits bort och avståndet till föroreningarna är mindre. En preliminär avgränsning i fält bör i huvudsak kunna göras okulärt samt genom doftintryck men bör åtföljas av kompletterande provtagning av schaktväggar och schaktbotten.

Eventuellt kvarlämnade föroreningar skall dokumenteras.

Rivning

Rester i form av mer eller mindre flytande tjära i de underjordiska betongkassunerna/brunnarna och fördelningsrännan behöver eventuellt tas bort i slutet system med schakt och lastning direkt i täta containrar. Om möjligt eventuellt med pumpning av rester. Väggar och botten av betong föreslås rivas för att minska risken för okontrollerade ras och för att komma åt underliggande föroreningar. Huvuddel av betongresterna i tjärbrunnarnas nederdel och botten förutsätts hanteras som farligt avfall (FA) på avfallsanläggningen Miljön. Huvuddel av betongrester tillhörande översta delen av brunnarna och rännan förutsätts kunna hanteras som rena betongrester. Tjärbrunnarna och fördelningsrännan föreslås rivas i sin helhet för att undvika att skapa spridningsvägar eller kvarlämnade föroreningar undertill.

Även övriga mer ytligt påträffade fasta grundkonstruktioner, gasklocka etc., rivs i samband med schaktarbetet. Rivningsrester förutsätts kunna hanteras som ren betong.

Rivning utförs även av ytskikt av asfalt. I föreliggande utredning har det antagits att det inte finns någon yttlig tjärasfalt inom området.

Spontning

En temporär stödkonstruktion bedöms vara nödvändig då schaktdjupet, oavsett alternativ, mot intilliggande gång-/cykelbanor och ledningar är stort. Stödkonstruktionen är nödvändig för att skapa tillfredställande arbetsmiljö vid urschaktning för grundläggning av byggnaden. Även risk för bottenuppträckning måste beaktas vid djupare schakter. Ur visst hänseende utgör den därmed en geoteknisk åtgärd, men eftersom flertalet SEV med hög föroreningsgrad återfinns längs randzonen kan konstruktionen även sägas utgöra en miljöteknisk åtgärd.

Ur ett geohydrologiskt perspektiv, för att gräva bort massor under grundvattenytan, anses preliminärt dock inte spontning nödvändigt. Anledning är att den uppmätta grundvattennivån är relativt lågt belägen i förhållande till befintlig mark och även lägre i jämförelse med maximal grundläggningsnivå för ny byggnad. Områden med djupare schakt p.g.a. föroreningsproblematik finns enbart inom undersökningsområdets centrala delar. Urschaktning av djupt liggande förorenad jord kommer där att kräva grundvattensänkning. Utbredning av denna volym är dock begränsad och urschaktning bedöms preliminärt endast behöva utföras till maximalt någon meter under grundvattenytan, undantaget den djupare schakten runt 1816. Den extra kostnaden för spontning mot grundvatteninträngning står därmed ej i proportion till miljönyttan.

Spontning bör dock föregås av en djupare utredning då en föreslagen spontlinje mycket väl kan sammanfalla med kvarlämnade grunder, väggar etc. som avsevärt skulle fördyra spontningen.

Vattenrening

För urschaktning av förorenad jord under och invid tjärcesternen ner 6 meters djup bedöms det finnas ett behov av eller åtminstone beredskap för tillfällig lokal grundvattensänkning. Grundvattensänkning bedöms kunna utföras med grunda utplacerade pumpgropar/-filterbrunnar. För den djupare schakten runt provpunkt 1816 kommer dock sannolikt att krävas en mer effektiv metod att länshålla schakten. Sannolikt krävs att sugbrunnar (wellpoints) installeras runt det aktuella området och sammankopplas med en sugpump. Avsänkning av grundvattennivån m.h.a. sådant s.k. wellpoint-system bedöms behöva utföras 3-4 meter.

Uppumpat grundvatten leds under saneringsarbetet till en reningsanläggning. Länsvatten kommer som regel inte vara ett problem för arbetena då grundvattenytan ligger djupt. Behandlingsanläggning för rening av förorenat länshållningsvatten måste dock finnas i beredskap och kommer högst sannolikt behöva användas. Plats för lagringskapacitet/utjämningsvolym saknas, varför vattenreningsanläggningen föreslås dimensioneras utifrån extrem nederbörd snarare än bedömd grundvatteninträngning. Hydrogeologisk bedömning har utförts utifrån genomförda tester inom ramen för denna undersökning. Information från provpumpning inför byggnation av Jönköpings tingsrätt⁵² har även inhämtats. I samtliga fall pekar beräkningarna på att vattenreningsanläggningen bör dimensioneras för cirka 5 l/s.

För den djupare schakten runt 1816 bör det dimensionerande flödet dubblas då grundvattenavsänkningen är betydligt större.

⁵² Domstolarna Västra kajen, Kompletterande miljötekniska och geotekniska undersökningar inom kvarteret Götaland, Jönköping, Sweco Viak, 2008-02-11

Utifrån analysresultat på grundvatten föreslås preliminärt en fyr stegs rening med följande utrustning:

- Oljeavskiljare (1 st.)
- Lamellseparator (1 st.)
- Dynasandfilter för sand (1 st.)
- Dynasandfilter för kol (1 st.)

Beredskap för dubbel kapacitet bör finnas vid djupschakt runt 1816.

Före projektering och dimensionering av vattenbehandlingsanläggningen är det av stor vikt att fällningsförsök och noggrannare analys av partikelhalt utförs.

Det renade vattnet föreslås preliminärt släppas till närbelägen dagvattenledning med tillräcklig kapacitet. Utsläppskrav för det renade länsvattnet har antagits utifrån riktlinjer från miljökontoret, Jönköpings kommun.⁵³ Där utsläppskrav saknats (t.ex. för cyanid) har kanadensiska ytvattenkriterier använts.

Återfyllning

På schaktbotten läggs geotextil. Återfyllning utförs med rena tillförda krossmassor upp till grundläggningsnivå. Återanvändning av rena schaktmassor bedöms inte vara realistiskt i någon större utsträckning p.g.a. fyllnadsmassornas karaktär (utblandat med diverse rivningsrester) och p.g.a. brist på lagringsutrymme.

Kostnadskalkyl

Kalkylförutsättningar

Med genomförda undersökningar som grund har en bedömning av kostnaderna för ovan angivna saneringsåtgärder genomförts. En bedömning av kostnaderna har genomförts för alternativ 1 och alternativ 2 enligt ovan. Kostnaderna omfattar förberedelser för saneringsåtgärd, saneringsåtgärd och miljökontroll.

Schaktmängder

Baserat på uppmätta föroreningshalter har en uppskattning gjorts av fördelningen av massor i respektive avfallsklass för exploateringsalternativ 1 och exploateringsalternativ 2, se **tabell 6** och **tabell 7**. Bedömningen har använts för beräkning av kostnad för schakt, transport och behandlingsavgifter.

⁵³ Riktlinjer för utsläpp av förorenat vatten vid efterbehandling av förorenade områden och andra tillfälliga verksamheter (Miljö – och hälsoskyddskontoret, Jönköpings kommun, 2018-05-02)

Det totala schaktdjupet för alternativ 1 motsvarar 2,5 meter i den norra delen av undersökningsområdet och 3,5 meter i den södra delen. För rutorna B3, B4 C3 och C4 centralt placerade vid betongkassuner och gasklocka blir schaktdjupet 6 meter och ytterligare mitt i området bedöms schaktdjupet till 7,7 meter baserat på provtagningsresultatet i provpunkt 1816, se illustration på **plansch 6**.

Schaktdjupet för rutorna B3, B4, C3 och C4 i alternativ 2 är identiskt med alternativ 1 (6-7,7 m). Schaktbotten för de omkringliggande ytorna hamnar dock djupare än för alternativ 1 (5 m.u.my.) p.g.a. grundläggningsnivå för den framtida byggnaden.

Schaktvolymen är omvandlade från m³ till ton med en densitetsfaktor på 1,8. Vid omräkning till ton har även en korrektionsfaktor på 1,1 för svällning antagits, motsvarande 10 % svällning.

Tabell 6 Beräknade antal SEV och schaktmängder i olika avfallsklasser, alternativ 1.

Alternativ 1, etapp 1		
0-2,5 mummy	Antal SEV	Mängd ca (ton)
<KM:	7	1 478
>MKM:	9	1 901
> PSRV:	21	4 435
< Ö tätskikt	43	9 080
< U tätskikt	15	3 168
> FA	6	1 267
Summa	101	21 328

Alternativ 1, etapp 2		
>2,5 mummy	Antal SEV	Mängd ca (ton)
<KM:	0	0
>MKM:	11	2 323
> PSRV:	28	5 913
< Ö tätskikt	0	0
< U tätskikt	2	422
> FA	0	0
Summa	41	8 658

Alternativ 1, schaktvolymen totalt		
	Antal SEV	Mängd ca (ton)
<KM:	7	1 478
>MKM:	20	4 223
> PSRV:	49	10 347
< Ö tätskikt	43	9 080
< U tätskikt	17	3 590
> FA	6	1 267
Summa	142	29 986

Tabell 7 Beräknade antal SEV och schaktmängder i olika avfallsklasser, alternativ 2.

Alternativ 2, etapp 1		
0-5 mummy	Antal SEV	Mängd ca (ton)
<KM:	32	6 757
>MKM:	23	4 857
> PSRV:	38	8 024
< Ö tätskikt	70	14 782
< U tätskikt	28	5 913
> FA	6	1 267
Summa	197	41 600

Alternativ 2, etapp 2		
>5 mummy	Antal SEV	Mängd ca (ton)
<KM:	0	0
>MKM:	4	845
> PSRV:	4	845
< Ö tätskikt		0
< U tätskikt		0
> FA		0
Summa	8	1 689

Alternativ 2, schaktvolymer totalt		
	Antal SEV	Mängd ca (ton)
<KM:	32	6 757
>MKM:	27	5 702
> PSRV:	42	8 869
< Ö tätskikt	70	14 782
< U tätskikt	28	5 913
> FA	6	1 267
Summa	205	43 289

Kostnad för jordschakt, lastning och transport av jordmassor

Kostnad för jordschakt baseras på skiktvis schakt med djup 0,5 meter och med schaktbarhetsklass 4 p.g.a. försvårande förhållanden i.o.m. att fyllnadsmassor förväntas vara blandade med lösa rivningsrester, relativt fasta grundelement samt även en del fasta biprodukter. Baserat på KP-faktas à-pris för jordschakt, basår 2017, med 16 tons grävmaskin erhålls därmed ett à-pris om cirka 56 kr/ton. Lastning från schaktgropen utan mellanlagring sänker framdriften ytterligare och kräver sannolikt ytterligare maskinkapacitet. För att uppväga kostnad för extra maskinkapacitet för lastning tillkommer med cirka 47 kr/ton. Sammantaget erhålls en kostnad för schaktning och lastning på 103 kr/ton, vilket stämmer relativt väl med erfarenhetsvärden från liknande projekt.

Sannolikt ökar kostnaden för jordschakten endast marginellt med djupet eftersom schakten bedrivs på samma sätt oavsett djup (skiktvis 0,5 meter djup). För större schaktdjup under grundvattenytan tillkommer dock kostnad för länsvattenhållning (se nedan).

Transportkostnad till mottagningsanläggning baseras på att alla schaktmassor transporteras till avfallsanläggningen Miljön, avstånd knappt 2 mil enkel resa. Utslaget per mängdenhet blir kostnaden 60 kr/ton.

Beräkningen avser samtliga massor som skall grävas bort. Fyllnadsmassor ovan grundläggningsnivå uppvisar i en del fall relativt låg föroreningsgrad (exempelvis SEV inom

rad 1 och rad 2), men likväl innehåller dessa nästintill undantagslöst rivningsrester och fasta biprodukter vilka är att kategorisera som avfall.

Beräknade kostnader för jordschakt, lastning och transport av jordmassor för respektive exploateringsalternativ redovisas i **tabell 8** och **tabell 9**.

Tabell 8 Kostnad för jordschakt och transport, alternativ 1.

Alternativ 1 kostnad schakt och transport, totalt			
	Mängd ca (ton)	A-pris (kr/ton)	Kostnad
Schaktarbete, lastning	29 986	103	3 085 197 kr
Transport schaktmassor	29 986	60	1 799 143 kr
Summa			4 884 340 kr

Tabell 9 Kostnad för jordschakt och transport, alternativ 2.

Alternativ 2 kostnad schakt och transport, totalt			
	Mängd ca (ton)	A-pris (kr/ton)	Kostnad
Schaktarbete, lastning	43 289	103	4 453 981 kr
Transport schaktmassor	43 289	60	2 597 354 kr
Summa			7 051 335 kr

Med hänsyn till det komplicerade schakt- och lastningsförfarandet bedöms schaktarbetet vara dimensionerande för tidsåtgången. Schakt- och lastkapaciteten för arbetet bedöms vara 10 m³/h (KP Fakta 2017) vilket skulle motsvara drygt 200 arbetsdagar för alternativ 1 och drygt 300 arbetsdagar för alternativ 2.

Kostnader för mottagning av massor

Projektspecifika prisuppgifter på mottagningsavgiften för avlämnande av schakt- och rivningsmassor har hämtats in från avfallsanläggningen Miljön och anges i **tabell 10** nedan.

Tabell 10 Mottagningsavgifter vid avfallsanläggningen Miljön. Pris avser kr/ton.

Föreningensgrad:	Grundpris	Tillägg 1
KM-MKM (rena massor)	60	95
MKM<Halt<2MKM (under tätskikt)	195	95
IFA, 2MKM<Halt<IFA (IFA-deponi)	495	95
FA* (FA-deponi)	575	95
Asfalt**	200	
Betong ren över 100 cm**	270	
Deponi sorterat**	1250	

Grundpris = Torra massor utan krav på vidare behandling där TOC<5% samt för FA TOC<6%

Tillägg 1 = Utsortering av ovidkommande material ex. sten/betong över 8 cm, sopor mm. eller organiskt material där TOC>5% alt. TOC>6%.

*För FA-massor till deponi krävs att laktest utförts.

**Från riktpislista

IFA-avfallet skall också skall klara NFS 2004:10 §§ 28-30, eller motsvarande myndighetskrav

TOC-halten bedöms understiga 5% för samtliga schaktmassor baserat på utförda analyser. Vidare förutsätts att förekommande ytasfalt är fri från stenkolsjära, vilket också resultatet från utförd provtagning anger.

För verifiering av mottagningsavgifterna enligt tabell 10 krävs att laktest utförs på schaktmassorna.

Baserat på ovan framräknade mängder har en beräkning av mottagningsavgiften utförts för respektive exploateringsalternativ, se **tabell 11** och **tabell 12**. Observera att beräkningen avser samtliga massor som skall grävas bort.

Tabell 11 Beräknade mottagningsavgifter samtliga schaktmassor, alternativ 1.

Alternativ 1, mottagningsavgifter schaktmassor totalt			
	Mängd ca (ton)	Avgift (kr/ton)	Kostnad
<KM, över tätskikt ("rena massor")	10 558	60	2 229 575 kr
< U tätskikt	3 590	195	758 056 kr
IFA deponi	14 571	495	3 076 814 kr
> FA	1 267	575	267 549 kr
Tillägg sortering fyllnadsmassor	21 169	95	4 470 298 kr
Summa			10 802 291 kr

Tabell 12 Beräknade mottagningsavgifter samtliga schaktmassor, alternativ 2.

Alternativ 2, mottagningsavgifter schaktmassor totalt			
	Mängd ca (ton)	Avgift (kr/ton)	Kostnad
<KM, över tätskikt ("rena massor")	21 539	60	4 548 333 kr
< U tätskikt	5 913	195	1 248 562 kr
IFA deponi	14 571	495	3 076 814 kr
> FA	1 267	575	267 549 kr
Tillägg sortering	21 169	95	4 470 298 kr
Summa			13 611 556 kr

För beräkningen har antagits att samtliga fyllnadsmassor under nivån 0,5 m.u.my. behöver sorteras på Miljön. Antagandet bygger på iakttagelser i fält där fyllningen i nästintill samtliga fall innehåller betong, tegelrester och dylikt. Fyllningens utbredning i djupled har bedömts för respektive SEV utifrån upprättade jordartsprotokoll, se **bilaga 1**. Den totala andelen fyllnadsmaterial för alternativ 1 och alternativ 2 beräknas utgöra cirka 85% respektive cirka 59 % av schaktvolymer. Samtidigt bedöms att cirka 83 % av den totala mängden fyllnadsmaterial behöver sorteras.

Kostnader för rivning

Rivning utförs av grundkonstruktioner till gasklocka, tjärbrunnar och fördelningsrännor. Beräknade volymer betong utgår från vad som finns angivet på äldre underlag och ritningsmaterial då faktiska inmätningar av konstruktionerna saknas (undantaget är väggjockleken på fördelningsrännan som påträffats i provgrop). Volym av asfalt och betong är omvandlade från m³ till ton med en densitetsfaktor på 2,4.

Mycket tyder på att inför rivning av betongkassunerna och fördelningsrännan behöver dessa tömmas på mer eller mindre flytande tjära. Såväl äldre som nyare undersökningar pekar på att det finns ett kvarvarande skikt längst ner i botten på kassunerna. Mäktigheten uppskattas till 0,25 m i västra betongkassunen och fördelningsrännan 0,1 m i östra betongkassunen. Kalkylen baseras på att denna volym kan tas upp med slamsugning även om det är mycket osäkert. Det mer eller mindre flytande avfallet transporteras till godkänd behandlingsanläggning för destruktion.

Botten av betong på kassunerna och fördelningsrännan antas sorteras ut som icke farligt avfall (IFA) p.g.a. föroreningsinnehåll, i övrigt antas betong kunna klassificeras som "ren".

Tabell 13 Bedömd kostnad för rivning.

Rivning kostnad totalt			
	Mängd ca (ton)	A-pris (kr/ton)	Kostnad
Rivning asfalt			59 416 kr
Slamsugning botten av kassuner och ränna			40 800 kr
Destruktion avgift emulsion tjära			47 125 kr
Rivning betong			496 412 kr
Transport rivningsmassor asfalt	255	60	15 278 kr
Transport rivningsmassor betong	985	60	59 115 kr
Mottagningsavgift asfalt	255	200	50 928 kr
Mottagningsavgift ren betong	569	270	153 701 kr
Mottagningsavgift utsorterat deponi IFA	416	1250	519 994 kr
Summa			1 442 769 kr

Kostnaden skiljer sig inte mellan alternativ 1 och alternativ 2, då samtliga anläggningar ligger inom de SEV-rutor som kräver saneringsåtgärder.

Den totala tidsåtgången för arbete förknippat med rivning bedöms motsvara cirka 50 arbetsdagar, sannolikt kan dock rivningsarbetet inte utföras i en följd.

Kostnader för återfyllning

Återfyllning utförs upp till grundläggningsnivå för båda exploateringsalternativen.

Återfyllning bedöms behöva utföras med tillförda krossmassor med à-pris 152 kr/ton (KP-fakta 2017). Geotextil läggs på schaktbotten före återfyllning (à-pris från KP-fakta 2017).

Tabell 14 Bedömd kostnad för återfyllning, alternativ 1.

Återfyllning upp till grundläggningsnivå, alternativ 1			
	Mängd (m ³)	A-pris (kr/m ³)	Kostnad
Tillförda massor	4 810	152	731 107 kr
Geotextil kl 2			106 600 kr
Summa			837 707 kr

Tabell 15 Bedömd kostnad för återfyllning, alternativ 2.

Återfyllning upp till grundläggningsnivå, alternativ 2			
	Mängd (m ³)	A-pris (kr/m ³)	Kostnad
Tillförda massor	939	152	142 655 kr
Geotextil kl 2			106 600 kr
Summa			249 255 kr

Kostnader för återfyllning efter urgrävning av djupt liggande förorening runt provpunkt 1816 redovisas separat i **tabell 19** nedan.

Kostnader för spontning

Kostnad för spontning är mycket svår att bedöma utan ytterligare utredning. I sämsta fall är markförhållandena sådana att spont blir mycket besvärlig att installera.

Kostnads kalkylen baseras på en spontlinje utmed områdets ytterkant i tomtgräns mot omgivande g/c-bana, samt anslutande mot befintlig garagedfart inom kv. Götaland i öster. Den totala längden på sponten beräknas bli ca 200 m, avräknat yta för nedfart.

Nedslagningsdjupet är avhängigt av grundläggningsnivån. Mycket grovt antas djupet till dubbla grundläggningsnivån, d.v.s. 5 meter för alternativ 1 och 10 meter för alternativ 2. Sponten förutsätts vara temporär och utföras av stål, bakåtförankrad var 5:e meter.

Tabell 16 Bedömd kostnad för spontning, alternativ 1.

Alternativ 1 kostnad temporär spont			
	Mängd (krönmeter)	A-pris (kr/m ²)	Kostnad
Temporär spont, djup 5 meter	200	6 000 kr	1 200 000 kr
Bakåtförankring			1 000 000 kr
Summa			2 200 000 kr

Tabell 17 Bedömd kostnad för spontning, alternativ 2.

Alternativ 2 kostnad temporär spont			
	Mängd (krönmeter)	A-pris (kr/m ²)	Kostnad
Temporär spont, djup 10 meter, extra hammaband	200	10 000 kr	2 000 000 kr
Bakåtförankring			1 000 000 kr
Summa			3 000 000 kr

Kostnader för länsvattenhållning

Kostnadsuppskattning för behandlingsanläggning av länsvatten och pumpanläggning baseras på att anläggningen står på platsen cirka tre månader, vilket sannolikt är över-skattat m.h.t. tidsåtgång för själva jordschakten under grundvattenytan (undantaget extra djup jordschakt runt provpunkt 1816 se nedan). Dock kommer det att krävas tid för igångkörning och underhåll. Vidare anses det krävas beredskap vid den djupare schakten för oväntade nederbördsituationer eller ändrat grundvattenstånd.

Tabell 18 Bedömd kostnad för länsvattenhållning.

Länsvattenhållning (schaktdjup max 6 m.u.my.) kostnad totalt			
	Tid (månader)	A-pris (kr/månad)	Kostnad
Sandfilter, kolfilter, lamellseparator, oljeavskiljare	3	30000	90 000 kr
Kemikalier, kol, geotub, etablering, pumpar m m			141 760 kr
Summa			231 760 kr

Kostnaden skiljer sig inte mellan alternativ 1 och alternativ 2 då grundläggningsnivå för båda alternativen ligger över den uppmätta grundvattennivån. Observera att länsvattenhållning för extra djup schakt runt provpunkt 1816 redovisas separat nedan.

Tillkommande kostnad för djup urgrävning runt provpunkt 1816

Det anses nödvändigt att gräva ur det djupt liggande förorenade skiktet vid punkt 1816. Föroreningen är någorlunda avgränsad men den mer exakta omfattningen är svårbedömd. Det kan dock antas att utbredningen maximalt motsvarar två SEV (15 x 15 x 2 meter). Urgrävning förutsätts kunna utföras från schaktbotten 6 meter under markytan (alternativ 2) samt från temporär hylla på plan nedanför. Skiktet är cirka 0,5 meter mäktigt och återfinns ytterligare knappt 2 meter ner (cirka 7,7 meter under befintlig markyta). Eftersom skiktet överlagras av renare naturliga jordmassor och eftersom schakten p.g.a. sin natur (liten yta och svårbedömd utbredning) förutsätts utföras med schaktslänt behöver en proportionellt större mängd rena massor (ca 75 %) även schaktas bort.

Vidare kommer en avsänkning av grundvattennivån med cirka 3 meter behövas, vilket förutsätts utföras med WellPoint-system och extra (dubbel) kapacitet för behandling av förorenat vatten.

Arbetet bedöms ta ca 1-2 månader då omfattande kontrollarbete krävs.

Tabell 19 Bedömd kostnad för extra urgrävning runt provpunkt 1816.

Kostnad extra urgrävning 1816			
	Mängd ca (ton)	A-pris (kr/ton)	Kostnad
Schakt och lastning	3 564	103	366 696 kr
Transport	3 564	60	213 840 kr
Mottagningsavgifter FA plus rena massor			514 998 kr
Återfyllning			273 600 kr
Tillkommande kontrollarbete			165 200 kr
Wellpointsystem			248 000 kr
Tillkommande vattenbehandlingssystem			244 500 kr
Summa			2 026 834 kr

Kostnader för förberedelser för saneringsåtgärd

Avgränsning av påträffad djupt liggande förorening är delvis redan utfört. Resterande del utförs förslagsvis lämpligare i samband med schaktarbetet då den djupa nivån är mer lättåtkomlig. Redan utfört arbete räknas in som post i tabell 20 nedan emedan kostnader för återstående arbete med avgränsning av förorening runt 1816 tas upp i **tabell 19** ovan.

Kompletterande grundvattenprovtagning för att säkerställa den upprättade spridningsbilden inför, under och efter schaktarbetet bör utföras nedströms området i 1–2 grundvattenrör. Förslagsvis görs inledningsvis en inventering för att om möjligt utnyttja eventuella befintliga grundvattenrör. Kostnaden baseras dock på installation av nya rör.

I syfte att få bättre kännedom om exakt var äldre anläggningar inom gasverkstomten varit placerade, höjder för kvarvarande grunder samt omfattning av betong och

rivningsrester i marken föreslås preliminärt att en georadarundersökning utförs inom hela undersökningsområdet. Undersökningen kan även användas för att utvärdera det upprättade rutnätsystemet (se nedan).

Förslag till och kostnader för förberedelser för saneringsåtgärd redovisas i **tabell 20** nedan.

Tabell 20 Kostnader och förslag till förberedelser för saneringsåtgärd

Förberedelse till saneringsåtgärd	Kostnad
Avgränsning djupt liggande förorening, borrhning (redan utfört)	85 000 kr
Kompletterande grundvattenrör nedströms (ev bef?) samt kompl gw-provtagning	100 000 kr
Kompletterande grundundersökning för att utreda förekomst av betonggrunder	100 000 kr
Laktest förorenad jord	10 000 kr
Fällningsförsök länsvatten	10 000 kr
Summa	305 000 kr

Kostnader för miljökontroll m.m.

I ovan uppräknade kostnader ingår inte arvode för tillkommande miljökontroll, ej heller kostnader för upprättande av schaktplaner, klassningsplaner och kontrollprogram m.m. Klassificering av jordmassor antas kunna utföras i förväg baserat på nu utförda undersökningar. Arbete med provtagning under schakt- och rivningsarbetet bör därför kunna begränsas till tidigare ej helt åtkomliga delar i form av fasta betongdelar (betongkassuner, fördelningsränna och gasklocka), biprodukter m.m. som återfinns i schakten samt schaktbotten under desamma.

I kalkylen har det bedömts nödvändigt med närvaro, heltid, av miljökontrollant inkl. måtarbete (rutnätsystem), för de jordmassor som är att kategorisera som fyllnadsmaterial för att okulärt på plats kunna bedöma avfallsinnehållet, samt för att utföra tillkommande provtagning av schaktmassor, rivningsdelar och uppumpat länsvatten.

Uppskattade kostnader för miljökontroll m.m. redovisas i **tabell 21** nedan. (Kostnader för kontrollarbete i samband med avgränsning av djupt liggande förorening runt 1816 är dock separat redovisade i tabell 19 ovan.)

Tabell 21 Kostnader för miljökontroll m.m.

Kostnad miljökontroll m m	Kostnad
Upprättande anmälan efterbehandling, kontrollprogram och klassningsplaner	150 000 kr
Miljökontroll, måtarbete, inkl labanalyser	1 081 213 kr
Slutrapportering	75 000 kr
Summa	1 306 213 kr

Sammantagna kostnader, jämförelse mellan exploateringsalternativ

Den totala kostnaden för saneringsåtgärder uppgår till i storleksordningen **22,7 miljoner kronor för alternativ 1** och **27,9 miljoner kronor för alternativ 2**, inklusive den något säkra bedömningen av urgrävning runt provpunkt 1816, se kostnadssammanställning i tabell 22.

Tabell 22 Sammanställning av kostnader och mängder för respektive exploateringsalternativ.

Sammansatt, jämförelse kostnader	Alternativ 1		Alternativ 2	
	Mängder (ton)	Kostnader	Mängder (ton)	Kostnader
schaktarbete, transport	33 550	4 884 340 kr	46 853	7 051 335 kr
mottagningsavgifter	33 550	10 802 291 kr	46 853	13 611 556 kr
rivning	985	1 442 769 kr	985	1 442 769 kr
återfyllning	12 222	1 111 307 kr	5 253	522 855 kr
vattenrening		476 260 kr		476 260 kr
spontning		2 200 000 kr		3 000 000 kr
miljökontroll m m		1 471 413 kr		1 471 413 kr
förberedelser saneringsåtgärd m m		305 000 kr		305 000 kr
Summa		22 693 381 kr		27 881 189 kr

Schakten bedöms totalt ge upphov till cirka 34 000 ton massor för alternativ 1 och cirka 47 000 ton för alternativ 2. Av dessa är drygt 13 000 ton, att kategorisera som massor med låg föroreningsgrad eller rena massor (med halter < KM) för alternativ 1. För alternativ 2 utgör knappt hälften massor med låg föroreningsgrad, drygt 24 000 ton. De rena massorna utgör inte något motiv för saneringen men måste grävas ur för att komma åt de förorenade massorna undertill.

Borträknat uppgrävda massor med låg eller obefintlig förorening uppgår den faktiska kostnaden per ton åtgärdade massor mellan ca 1 100 – 1 250 kr/ton för båda alternativen.

Jämförbara statligt finansierade schaktsaneringsprojekt ligger i det ungefärliga intervallet 300 – 3 000 kr/ton med en median på ca 1580 kr/ton och ett medelvärde på ca 1250 kr/ton⁵⁴, vilket på förhand gör detta projekt något billigare än snittet men klart inom ramarna för vad som är troligt.

⁵⁴ SGI publ. 3 2013 Erfarenhetsåterföring från statliga projekt

Osäkerheter, slutsatser och rekommendationer

Omfattande provtagning har lett till en god uppfattning om markens föroreningsinnehåll. Detaljeringsgraden i det nu utförda undersökningsarbetet bör på det stora hela vara fullt tillräcklig. Ett flertal osäkerheter ligger dock inbundna i riskbedömningen samt i de föreslagna åtgärderna och medföljande kostnadsuppskattning.

Kostnadsbedömningen bygger på att de föreslagna platsspecifika riktvärdena godkänns och ett arbetsupplägg enligt ovan accepteras i kommande saneringsanmälan.

Det finns en icke dokumenterad föroreningssituation under grunder (under gasklocka, tjärbrunnar och fördelningsränna) som skall rivas och som ej kunnat penetreras med de normala grundundersökningsmetoder som hittills använts inom området. En stark rekommendation är att tydligare information om föroreningssituationen inhämtas antingen före schaktarbetet påbörjas eller i samband med schaktarbetet då bottenplattorna har rivits.

Djupt, ca 7–7,7 m.u.my., liggande skikt med hög föroreningsgrad vid provpunkt 1816 har ej kunnat avgränsas åt norr, väster/sydväst p.g.a. kvarvarande grundkonstruktioner i marken. Med ledning av tidigare undersökningsresultat och de kompletterande borrhningarna har en trolig men osäker tolkning utförts av utbredningen.

Omfattning och utbredning av ytterligare kvarvarande grundkonstruktioner och rivningsavfall som kommer kunna vara ett hinder i schaktarbete och för spontning är oklart. Det rekommenderas därför att en georadarundersökning utförs inom hela området.

Det finns för få och delvis divergerande analysresultat från grundvattenprovtagning för att tydligt klargöra föroreningsnivån i grundvattnet omfattningen av förorenings-spridning från undersökningsområdet. Med ledning av tidigare mätresultat och även inhämtade analysresultat längre nedströms kan sägas att det troligen inte föreligger någon nämnvärd spridning. Detta är dock osäkert, varför ytterligare grundvattenprover rekommenderas innan saneringsarbetet påbörjas. Proverna tas lämpligen i befintliga rör inom och utanför området, om sådana finnes. Alternativt kan nya rör installeras nedströms.

Provpunktsplaceringen vid tjärbrunnarna kan ha givit en något missvisande bild av den uppvisade föroreningssituationen i och runt tjärbrunnarna. Detta gäller åtminstone för djupare provpunkter/SEV. En sanering i rutnät kan vara olämpligt just kring de f.d. tjärbrunnarna p.g.a. den rådande föroreningssituationen och saneringens komplexitet. Istället bör man eventuellt kunna utgå ifrån de olika anläggningsdelarnas placering.

Laktest på schaktmassor till FA-deponi har ej utförts vilket dels är ett myndighetskrav och dels nödvändigt för att bestämma avgiftsnivå. Likaså saknas fällningsförsök på

grundvatten vilket kan påverka utformningen av behandlingsanläggning för uppumpat grundvatten vid länshållning.

En geoteknisk bedömning och riskanalys m.a.p. närbelägna ledningar, gator och byggnader etc. saknas och är nödvändig för att dimensionera och kostnadsberäkna (den eventuella) spanten på ett tillfredsställande sätt.

Jönköping den 21 november 2018

VATTEN OCH SAMHÄLLSTEKNIK AB



Maria Sandström



Peter Sandström