KARLSKRONA KOMMUN

MILJÖTEKNISK MARKUNDERSÖKNING SAMT RISKBEDÖMNING GRÄSVIK

GRENADJÄREN 62 M.FL., KARLSKRONA, KARLSKRONA KOMMUN

2023-05-13

MILJÖTEKNISK MARKUNDERSÖKNING SAMT RISKBEDÖMNING GRÄSVIK

Grenadjären 62 m.fl., Karlskrona, Karlskrona kommun

KUND

Karlskrona Kommun

Eva Karlströmer, projektledare miljö

0455-32 16 44, eva.ulfsdotterkarlstromer@karlskrona.se

Anna Olausson, planarkitekt

0455-30 33 47, anna.olausson@karlskrona.se

KONSULT

WSP
Högabergsgatan 3
371 34 Karlskrona
Besök: Högabergsgatan 3
Tel: +46 10-722 50 00
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
wsp.com

KONTAKTPERSONER

WSP Sverige AB
Anna Nilsson, uppdragsansvarig

010-722 56 17, anna.nilsson@wsp.com

WSP Sverige AB
Frida Lindquist, utredare

010-722 94 63, frida.lindquist@wsp.com

UPPDRAGSNAMN
Gräsvik ÖMMU inför DP

UPPDRAGSNUMMER
10297694

FÖRFATTARE
Frida Lindquist/Anna Nilsson

DATUM
2022-10-06

ÄNDRINGSDATUM
2023-05-13

GRANSKAD AV
Ann Helén Österås

GODKÄND AV
Anna Nilsson

INNEHÅLL

1 INLEDNING 5

1.1 UPPDRAG OCH SYFTE 5

1.2 ORGANISATION 5

1.3 OMFATTNING 5

1.4 BEGRÄNSNINGAR 6

2 FÖRSLAG TILL ÖVERGRIPANDE ÅTGÄRDSMÅL 6

3 OMRÅDESBESKRIVNING 6

3.1 LOKALISERING 6

3.2 GEOLOGISKA OCH HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN 8

3.3 RECIPIENTER OCH SKYDDSOMRÅDEN 9

4 HISTORIK 10

5 PLANERAD MARKANVÄNDNING 10

6 TIDIGARE UTREDNINGAR OCH UNDERSÖKNINGAR 11

6.1 GRENADJÄREN 62 11

6.2 GRENADJÄREN 57 11

6.3 GRENADJÄREN 64, GRENADJÄREN 63, DEL AV GRENADJÄREN 62, DEL AV GRENADJÄREN 1, DEL AV KARLSKRONA 5:7 12

7 GENOMFÖRANDE AV UNDERSÖKNINGEN 12

7.1 PROVTAGNING AV JORD 13

7.2 PROVTAGNING AV GRUNDVATTEN 14

7.3 ÄNDRINGAR JÄMFÖRT MED PROVTAGNINGPLANEN 15

8 JÄMFÖRVÄRDEN 16

8.1 JORD 16

8.2 GRUNDVATTEN 16

9 RESULTAT 17

9.1 FÄLTOBSERVATIONER OCH FÄLTANALYSER 17

9.2 LABORATORIEANALYSER 18

10 SAMMANVÄGD FÖRORENINGSSITUATION OCH FÄLTOBSERVATIONER 21

10.1 FÖRORENINGSSITUATION 21

10.2 FÄLTOBSERVATIONER 29

11 RISKBEDÖMNING 29

11.1 PROBLEMBESKRIVNING OCH KONCEPTUELL MODELL 29

11.2 EXPONERINGSANALYS 34

11.3 EFFEKTANALYS 38

11.4 RISKKARAKTERISERING 41
11.5 SAMMANVÄGD RISKBEDÖMNING 46
11.6 OSÄKERHETER 47

12 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER 49

13 REFERENSER 50

BILAGOR

Bilaga 1a	Fältprotokoll 2022, borrbandvagn
Bilaga 1b	Fältprotokoll 2022, provgropsgrävning
Bilaga 2	Analysresultat tillsammans med jämförvärden – jord. 2020 och 2022
Bilaga 3	Analysresultat tillsammans med jämförvärden – grundvatten
Bilaga 4	Originalprotokoll från laboratoriet
Bilaga 5	Uttagsrapport från beräkningsverktyg
Bilaga 6	Riktvärdesflik från beräkningsverktyg
Bilaga 7a	Revideringar i enlighet med tillsynsmyndighetens uppgifter
Bilaga 7b	Uttagsrapport från beräkningsverktyg, bly
Bilaga 7c	Analysresultat tillsammans med jämförvärden – grundvatten, PAH

RITNINGAR

Ritning 1	Identifierade historiska verksamheter
Ritning 2	Provtagningspunkter 2022
Ritning 3	Provtagningspunkter 2020 och 2022

1 INLEDNING

1.1 UPPDRAG OCH SYFTE

WSP Sverige AB har på uppdrag av Karlskrona kommun utfört en miljöteknisk markundersökning med efterföljande riskbedömning på Gräsvik i Karlskrona kommun, se avsnitt 2 för mer information om vilka fastigheter som har ingått. Karlskrona kommun arbetar för närvarande med att ta fram nya detaljplaner för området, och utredningen ska utgöra underlag i detaljplanearbetet. I uppdraget har ingått att utföra provtagningar av jord och grundvatten på delar av området, samt att utföra riskbedömning för hela området, inkluderande analysresultat från tidigare utförda undersökningar.

Syftet med den miljötekniska markundersökningen har varit att:

- Översiktligt utreda föroreningssituationen i jord och grundvatten som underlag till en riskbedömning av hela området
- Bedöma risker för människors hälsa och miljön inför kommande detaljplanearbete på området
- Bedöma behov av kompletterande utredningar eller riskminskande åtgärder

Riskbedömningen som presenteras i denna rapport har reviderats i enlighet med önskemål från tillsynsmyndigheten i Karlskrona kommun. Vissa revideringar redovisas i rapporten, vissa redovisas i tillhörande bilaga, se bilaga 7a-c.

1.2 ORGANISATION

I uppdraget har följande personer medverkat:

- Uppdragsansvarig: Anna Nilsson
- Handläggare: Vilhelm Bard (provtagningsplan)
- Handläggare: Frida Lindquist (rapport, riskbedömning)
- Fälttekniker: Ulf Hempel, Anne-Marie Armfelt Hempel (borrbandvagn)
- Fälttekniker: Fredrik Lindgren (provgropsgrävning)
- Kvalitetsgranskare: Ann Helén Österås

1.3 OMFATTNING

Arbetet har omfattat följande moment

- Inläsning av tidigare utförda undersökningar inklusive sammanställning av data från tidigare undersökningar
- Fältarbete med provtagning av jord inklusive fältanalys med PID (photo ionization detector)
- Fältarbete med provtagning av grundvatten
- Laboratorieanalyser
- Upprättande av rapport inklusive riskbedömning enligt Naturvårdsverkets metodik från rapport 5977

1.4 BEGRÄNSNINGAR

WSP har sammanställt denna rapport enbart för Karlskrona kommun.

Bedömningarna i rapporten baseras på det underlag som fanns tillgängligt under uppdragstiden. WSP tar inte på sig ansvar för konsekvenser om rapporten används för andra ändamål än den ursprungligen var avsedd för.

Provtagningsstrategi och urval av analysparametrar är grundade på erfarenhetsmässiga bedömningar och branschpraxis. Det kan inte uteslutas att det finns förorening i punkter eller områden som inte har undersökts eller att det förekommer ämnen och föreningar som inte har analyserats.

2 FÖRSLAG TILL ÖVERGRIPANDE ÅTGÄRDSMÅL

Undersökningsområdet nyttjas idag för ett flertal olika användningsområden. Även i framtiden kommer olika markanvändningar att vara aktuellt på området. Inom ramen för denna undersökning är dock utgångspunkten att hela området ska vara lämpligt för bostadsändamål, se även avsnitt 5.

Övergripande åtgärdsmål ska i första hand ange vilken användning ett område kommer att vara avsett för, samt vilken påverkan som kan accepteras inom området eller i omgivningen efter en eventuell avhjälpandeåtgärd (Naturvårdsverket, 2009b). Åtgärdsmålen bör även uppmuntra till hushållning genom återanvändning och återvinning.

Följande övergripande åtgärdsmål föreslås för området:

- Området ska kunna nyttjas för bostadsändamål med flerbostadshus.
- Föroreningar inom området ska inte ge upphov till oacceptabla hälsorisker för boende, besökande eller yrkesverksamma inom området.
- Föroreningsspridning från området ska inte ge upphov till oacceptabla hälsorisker för boende eller yrkesverksamma i omgivningen.
- Spridning av föroreningar via grundvattnet från området ska inte försämra eller försvåra att ytvattenrecipienten uppnår god kemisk eller ekologisk status.
- Markmiljön ska skyddas utifrån de förutsättningar som behövs för att uppfylla förväntade funktioner vid den planerade markanvändningen.
- Schakt och borttransport av massor ska begränsas om hälso- och miljörisker bedöms som acceptabla, för att gynna en hållbar utveckling avseende resurshushållning och utsläpp av växthusgaser.

3 OMRÅDESBESKRIVNING

3.1 LOKALISERING

Gräsvik är beläget norr om centrala Karlskrona i Karlskrona kommun, se Figur 1 för översikt.

Figur 1. Aktuellt område för denna utredning markeras översiktligt med röd ring. Källa karta: Lantmäteriet

Aktuellt område för denna utredning omfattar cirka 168 000 m^2 och utgörs av fastigheterna Grenadjären 1, 4, 54-58, 60-65, samt del av Karlskrona 5:7 och 5:5, se Figur 2. Idag finns Blekinge Tekniska Högskola (BTH) på en del av området. Det finns även bostäder (studentbostäder) och företagslokaler (kontor), asfalterade vägar och parkeringar, gruslagda parkeringsytor samt grönytor inom området. Ungefär hälften av området uppskattas vara bebyggt eller hårdgjort. Västerut avgränsas området av havet (Danmarksfjärden), i norr och öster finns framförallt villaområde och i söder går Valhallavägen och Grenadjärgatan.

Figur 2. Utredningsområdet markeras med gul streckad linje. Enskilda fastigheter markeras med blå linjer. Källa ortofoto: Lantmäteriet (2022)

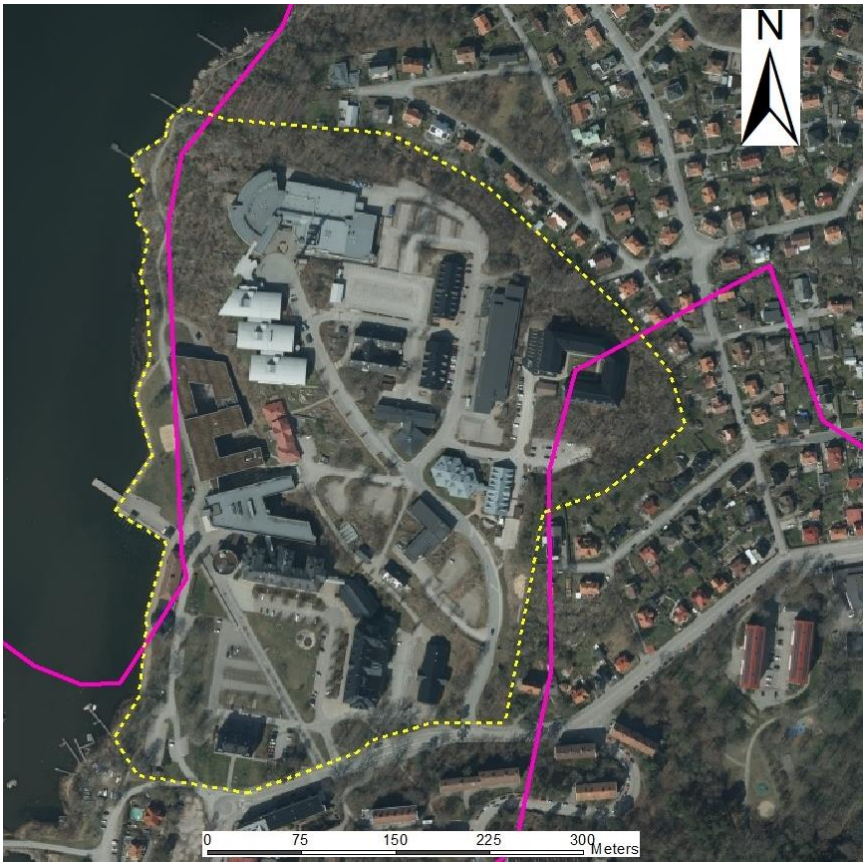
3.2 GEOLOGISKA OCH HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

WSP utförde under vinterhalvåret 2019–2020 miljötekniska markundersökningar med provtagning av jord och grundvatten på en del av undersökningsområdet, omfattande fastigheterna Grenadjären 63, 64, del av Grenadjären 62 och 1, samt del av Karlskrona 5:7. I denna undersökning noterades att det fanns fyllnadsmassor i alla provgropar som grävdes. Fyllnadsmassorna bestod i merparten av provgroparna av blockig, stenig, grusig sand, ibland med inslag av mull. I alla provgroparna noterades också tegel, och i flera av groparna observerades även andra byggrester och avfall, så som armeringsjärn, läder, glas. Fyllnadsdjupet varierade inom området mellan ca 0,4–2,1 m under markytan (m u my) (WSP, 2020a). Senare under 2020 utfördes även en översiktlig miljöteknisk undersökning på Grenadjären 57, där fyllnadsmassor observerades i samtliga provpunkter, och bestod av sand, grus, sten och mull, i djup om som mest 1,3 m u my (WSP, 2020b).

Enligt Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) består naturlig jord i området av sandig morän, i huvudsak i tunna jordlager. Berg i dagen förekommer på flera ställen inom området (SGU, 2022a; SGU, 2022b). I tidigare undersökningar har naturlig jord endast noterats i någon enstaka provpunkt, och bedömdes bestå av mullhaltig, siltig, grusig sand (WSP, 2020b). I övriga provpunkter underlagrades fyllnadsmassorna av berg (WSP, 2020a; WSP, 2020b). Berggrunden består i huvudsak av s.k. tvingsgranit med porfyrisk struktur i den östra delen av området, och gnejsig struktur i den västra delen av området (SGU, 2022c).

Området sluttar framförallt västerut och söderut, med stora höjdskillnader mellan områdets norra/östra del och den västra och södra delen. Inga utpekade grundvattenmagasin finns i närområdet, och inga dricksvattenbrunnar (SGU 2022d; SGU, 2022e). Merparten av området tillhör ett delavrinningsområde som rinner västerut, till Danmarksfjärden. En vattendelare går dock igenom den östra delen av området, ungefär vid Grenadjären 54 (se Figur 3), och detta avvattnas i Yttre Redden (VISS, 2022a).

Enligt dagvattenutredning utförd av Norconsult finns det befintliga dagvattenledningar i större delen av området, från Grenadjären 58 och söderut, som mynnar i Danmarksfjärden (Norconsult, 2022).



Figur 3. Utredningsområdet markeras med gul streckad linje. Delavrinningsområden markeras med rosa linjer (VISS, 2022a). Källa ortofoto: Lantmäteriet (2022)

3.3 RECIPIENTER OCH SKYDDSOMRÅDEN

Det finns inga särskilt utpekade känsliga områden på, eller i anslutning till, det aktuella området. Närmaste recipient är Danmarksfjärden rakt väster om

Gräsvik. Danmarksfjärden är en del av Östersjön (VISS, 2022b). En del av området tillhör dock ett delavrinningsområde som rinner ut i Yttre redden, även den en del av Östersjön (VISS, 2022c).

Cirka 400 m väst-nordväst om planområdet finns ett område som är utpekat som riksintresse för naturvård, Skärva-Danmarksfjärden-Nättrabyån. Fler skyddade områden i närheten utgörs av ett fågelskyddsområde ca 1,3 km västerut, Vämöparken som är skyddad enligt art- och habitatdirektivet ca 1 km österut, samt Skärva naturreservat ca 1,4 km åt nordväst (Naturvårdsverket, 2022).

Inga fornminnen finns registrerade inom eller i närheten av aktuellt område i Riksantikvarieämbetets fornminnesdatabas (Riksantikvarieämbetet, 2022).

4 HISTORIK

WSP har tidigare utfört en historisk inventering över Gräsviksområdet. Denna finns beskriven i den tidigare rapporten *Översiktlig miljöteknisk markundersökning, Grenadjären 64 m.fl., Gräsvik, Karlskrona kommun*, daterad 2020-05-15. I detta avsnitt beskrivs den historiska verksamheten kortfattat.

Från tidigt 1900-tal fram till ca 1981 bedrev Försvarsmakten militär verksamhet på området, med grenadjärregemente och kustartilleri. Flera delverksamheter identifierades i den historiska inventeringen, bl.a. skjutbana, sjukhus, verkstäder m.m. De identifierade verksamheterna redovisas på karta i ritning 1. Innan Försvarsmakten började använda området förvarades Karlskronas latriner på området. Efter att Försvarsmakten lämnade området fanns kommunens gymnasie- och vuxenutbildning på området tillfälligt, under ett par år, och Karlskrona kommun köpte området i sin helhet 1983. Området har därefter utvecklats till att omfatta högskola, bostäder och diverse affärsverksamheter, framförallt kontor (WSP, 2020).

Ytterligare information som under 2021 framkommit från tidigare undersökningar är att det funnits en bunker som använts för försvarets brandövningar (WSP, 2008a).

I länsstyrelsens register över potentiellt förorenade områden finns ett objekt markerat inom området, en f.d. grafisk industri med riskklass 4 (liten risk).

Utifrån den historiska inventeringen identifierades metaller, alifater, aromater, BTEX, PAH och PCB som potentiella föroreningar, samt PFAS från eventuella brandövningar.

5 PLANERAD MARKANVÄNDNING

Den planerade markanvändningen på området omfattar bl.a. skolverksamhet, kontor, centrum och bostäder. Nya detaljplaner har tagits fram eller håller på att tas fram för några av fastigheterna, t.ex. Grenadjären 57, medan planarbete för fler delar av området ligger i framtiden. Den markanvändning som förväntas vara mest känslig ur föroreningssynpunkt är bostäder. Den bostadsform som förväntas på området är flerbostadshus.

6 TIDIGARE UTREDNINGAR OCH UNDERSÖKNINGAR

WSP känner till följande tidigare miljötekniska markundersökningar och utredningar inom området.

6.1 GRENADJÄREN 62

På Grenadjären 62, där det tidigare bl.a. legat en skjutbana utfördes miljötekniska markundersökningar i samband med geotekniska utredningar under 2007 och 2008, i det område där BTH:s hus J idag finns. En sanering utfördes 2010, innan J-huset uppfördes.

- WSP, 2007. Rapport, Planområde Gräsvik, Översiktlig miljöteknisk markundersökning, daterad 2007-11-07
- WSP, 2008. Rapport, Planområde Gräsvik, Karlskrona, Översiktlig miljöteknisk markundersökning – provtagningsomgång 2, daterad 2008-01-16
- WSP, 2008. PM, Planområde Gräsvik, Karlskrona, Miljöteknisk markundersökning, daterad 2008-02-22
- WSP, 2010. Rapport, Planområde Gräsvik, Karlskrona, Saneringskontroll, daterad 2010-07-02

Provtagningar av jord utfördes i två omgångar inför uppförandet av BTH:s J-hus. Ett urval av proverna analyserades med avseende på metaller, PAH, alifater, aromater, klorbensener, PCB, BTEX, klorerade bekämpningsmedel, klorerade alifater, klorfenoler och TOC. I fyllnadsmassor inom det aktuella området påvisades det halter av arsenik, koppar, bly, zink och PAH över Naturvårdsverkets generella riktvärden för mindre känslig markanvändning (MKM) samt alifater, kadmium och nickel över riktvärdena för känslig markanvändning (KM) (WSP, 2007; WSP, 2008b). En sanering utfördes vid skjutvallen till skjutbanan. Vissa massor med höga föroreningshalter (över MKM, samt över Avfall Sveriges haltgränser för farligt avfall) fick dock lämnas kvar, då de bedömdes vara svårsanerade. De ska ha täckts över med rena massor (WSP, 2010).

6.2 GRENADJÄREN 57

På Grenadjären 57, där Försvarsmakten tidigare hade sin s.k. mekanikerskola med bl.a. verkstäder, har det tidigare utförts miljötekniska markundersökningar i två omgångar under 2009 och vid ett tillfälle 2020. Undersökningarna utfördes då den nuvarande fastighetsägaren haft för avsikt att riva befintlig bostadsbyggnad och uppföra en ny.

- WSP, 2009. Rapport översiktlig miljöteknisk markundersökning Grenadjären 57, Karlskrona, Kruthusen företagsfastigheter AB, daterad 2009-04-17
- WSP, 2009. PM Översiktlig miljöteknisk markundersökning Grenadjären 57, Karlskrona, Kruthusen företagsfastigheter AB, daterad 2009-04-17

- WSP, 2009. Kompletterande miljötekniska analyser av jord, Grenadjären 57, Karlskrona, Kruthusen företagsfastigheter AB, daterad 2009-09-02
- WSP, 2020. Översiktlig miljöteknisk markundersökning, Grenadjären 57, Gräsvik, Karlskrona kommun

I tidigare undersökningar på Grenadjären 57 har provtagning av jord utförts med avseende på metaller, alifater, aromater, BTEX, PAH och PCB samt av asfalt med avseende på PAH. Det påvisades halter av bly, zink och PAH över KM i jord, samt av PAH som indikerade innehåll av stenkolstjära i delar av asfalten (WSP, 2009a; WSP, 2009c; WSP, 2020b).

6.3 GRENADJÄREN 64, GRENADJÄREN 63, DEL AV GRENADJÄREN 62, DEL AV GRENADJÄREN 1, DEL AV KARLSKRONA 5:7

På fastigheterna Grenadjären 64, 63, del av Grenadjären 62 och 1 samt del av Karlskrona 5:7 utfördes miljötekniska markundersökningar samt en riskbedömning under 2020, inför arbete med en detaljplan:

- WSP, 2020. Översiktlig miljöteknisk markundersökning, Grenadjären 64 m.fl., Gräsvik, Karlskrona kommun
- WSP, 2020. Riskbedömning Gräsvik, Grenadjären 64 m.fl., Karlskrona kommun

Provtagning av jord med avseende på metaller, alifater, aromater, BTEX, PAH och PCB utfördes, samt av grundvatten med avseende på metaller, alifater, aromater, BTEX, PAH och klorerade alifater. I jorden påvisades en halt av PAH-H och en av koppar över MKM, samt halter av barium, bly, PAH-M, PAH-H, PCB och aromater >C10-C16 över KM. I grundvattnet påvisades förhöjda halter av metaller.

Riskbedömningen baserades på att en del av området skulle planläggas för bostadsändamål med flerbostadshus, och en del för kontor, centrum och parkeringshus. Platsspecifika riktvärden för respektive markanvändningsscenario togs fram, och representativa medelhalter beräknades. För bostadsändamål bedömdes det att det inte gick att utesluta oacceptabla risker för människors hälsa, medan det för kontor bedömdes att det inte fanns några oacceptabla risker för människors hälsa. Inga oacceptabla miljörisker bedömdes finnas (WSP, 2020a; WSP, 2020c).

7 GENOMFÖRANDE AV UNDERSÖKNINGEN

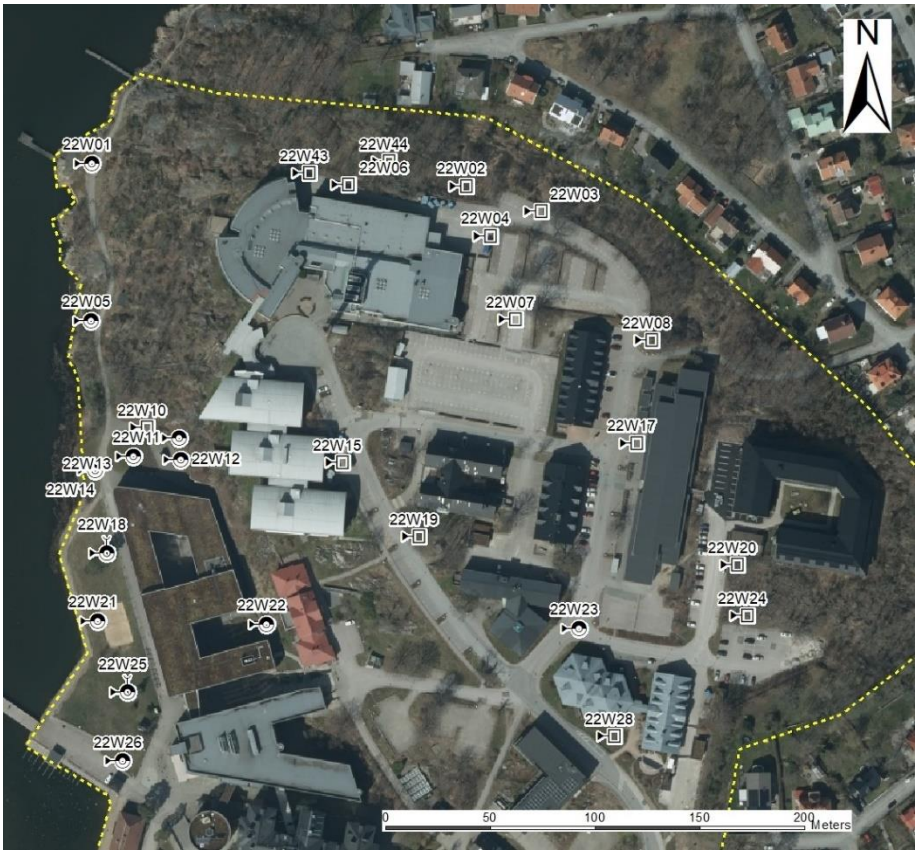
Nu utförda fält- och provtagningsarbeten utfördes i enlighet med rekommendationer och riktlinjer utarbetade av Svenska Geotekniska Föreningen (SGF, 2013), och huvudsakligen i enlighet med tidigare upprättad provtagningsplan. Provtagningsstrategin baserades delvis på en systematiskt slumpmässig provtagning, där provpunkterna har placerats för att täcka in så stor del av området som möjligt, men också delvis riktat mot delverksamheter, för att inte missa misstänkta föroreningar (WSP, 2021). Provtagningsplanen kommunicerades med tillsynsmyndigheten,

miljöavdelningen på Karlskrona kommun, innan provtagning utfördes. Justeringar i provtagningarna redovisas i avsnitt 7.3.

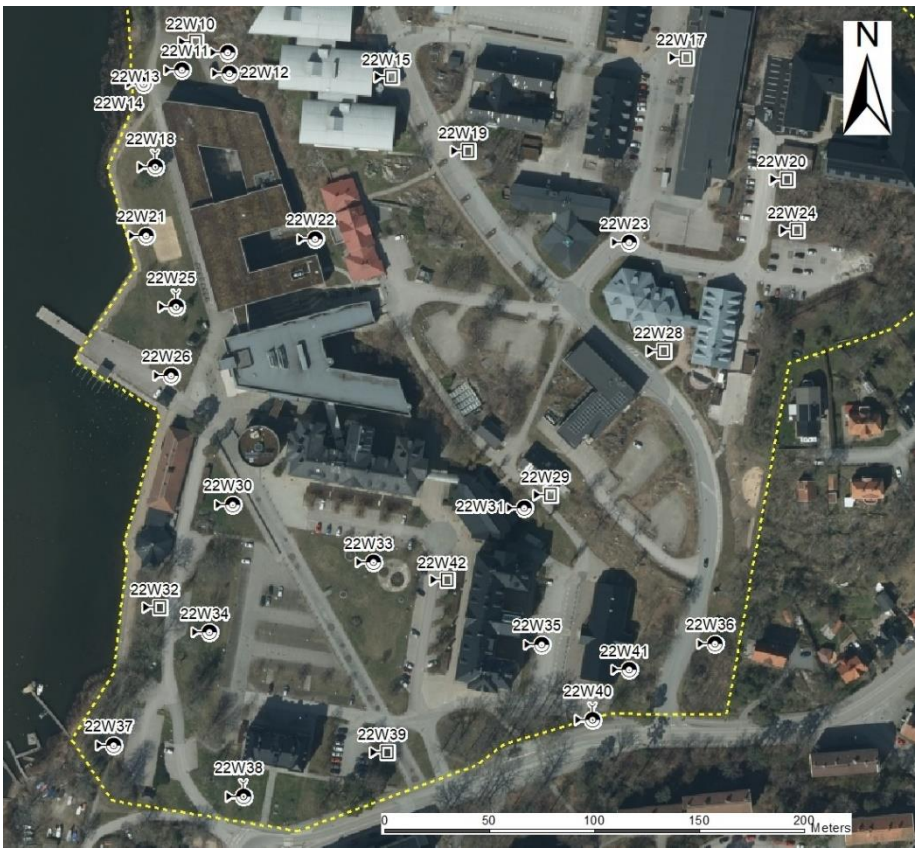
7.1 PROVTAGNING AV JORD

Provtagning av jord utfördes i totalt fyrtioen (41) provpunkter. Provtagningen utfördes genom provgropsgrävning med hjälp av grävmaskin i sjutton provpunkter, genom handgrävning i två provpunkter (22W15 och 22W44) och med hjälp av skruvprovtagare på borrbandvagn i tjugotvå provpunkter, se Figur 4, Figur 5 och ritning 2 för provpunkternas placering och provtagningsmetod. Provtagningen med borrbandvagn utfördes 2022-04-19 – 2022-04-20 av Ulf Hempel och Anne-Marie Armfelt Hempel, WSP, och provtagningen med grävmaskin utfördes 2022-05-03 – 2022-05-04 av Fredrik Lindgren, WSP.

Provtagningspunkterna mättes in med GPS, GNSS-GPS Emlid Reach RS2, i koordinatsystem Sweref 99 TM och höjdsystem RH2000.



Figur 4. Provpunkternas placering norra delen av området. Källa ortofoto: Lantmäteriet (2022)



Figur 5. Provpunkternas placering södra delen av området. Källa ortofoto: Lantmäteriet (2022)

Provtagningen utfördes generellt som samlingsprovtagning från varje halvmeter jord, men anpassades vid förändringar i jordart, färg, lukt och andra relevanta fältobservationer. Provtagningen utfördes till naturlig mark/berg, eller till skruvprovtagaren stött på stopp mot förmodat berg. Proverna analyserades i fält med PID (photo ionization detector) för detektion av flyktiga ämnen. Fältobservationer antecknades i fältprotokoll, se bilaga 1a och 1b.

Proverna placerades i diffusionstäta plastpåsar och förvarades mörkt och svalt i väntan på analys. Ett urval av proverna har analyserats hos externt, ackrediterat laboratorium (SGS Analytics Sweden) med avseende på metaller (arsenik, barium, bly, kadmium, kobolt, koppar, krom, kvicksilver, nickel, vanadin, zink), alifater, aromater, BTEX, PAH, PCB, dioxin och PFAS.

7.2 PROVTAGNING AV GRUNDVATTEN

Fyra grundvattenrör installerades i provpunkterna 22W18, 22W25, 22W38 och 22W40, se Figur 5 och ritning 2. Rören har placerats i provpunkter där också jordprov uttagits och analyserats, och installationen utfördes vid samma tillfälle som provtagning av jord. Grundvattenrören består av s.k. miljörör av polyeten. Rören har installerats med långa filter, från grundvattenytan ner till berg/lera, för att möjliggöra provtagning av klorerade lösningsmedel, som tillsynsmyndigheten efterfrågade. Runt filterdelarna har filtersand placerats för att hindra igensättning av filtret, och över filterdelarna har det tätats runt om rören med bentonit. Rören renspumpades efter installation.

Provtagning utfördes 2022-05-04 med peristaltisk pump, av Fredrik Lindgren, WSP. Innan provtagningen omsattes rören. Proverna skickades samma dag till ackrediterat laboratorium (SGS Analytics Sweden) för analys. Analys utfördes med avseende på metaller (arsenik, barium, bly, kadmium, kobolt, koppar, krom, kvicksilver, nickel, vanadin, zink), alifater, aromater, BTEX och PAH i alla rören, samt med avseende på PFAS i tre rör (22W18, 22W25, 22W38) och klorerade alifater i ett rör (22W25). Grundvattenproverna för metaller filtrerades på laboratoriet innan analys.

Lodning av grundvattenytan utfördes med hjälp av piplod innan omsättning och provtagning.

Grundvattenrören mättes in med GPS vid provtagningen. Efter lodning konstaterades att det var mycket stor skillnad mellan inmätt grundvattennivå och inmätt markyta i rören 22W18 och 22W25 (>2 m respektive >1,5 m), trots att dessa ligger mycket nära varandra och på ungefär samma avstånd från havet. Synintryck från platsen indikerar ej någon stark lutning i markytan. En ny inmätning utfördes 2022-08-18, för att kontrollera om den första inmätningen kunde ha blivit felaktig. I den första inmätningen mättes markytan vid rör 22W18 in på +3,71 m (RH2000), och vid den andra inmätningen mättes markytan in på +1,59 m. Vid rör 22W25 mättes markytan in på +2,08 m respektive +2,06 m. Även övriga rör kontrollmättes, och gav resultat inom rimlig felmarginal med +/- ett par centimeter. Slutsatsen blev att den första inmätningen sannolikt var felaktig för rör 22W18.

7.3 ÄNDRINGAR JÄMFÖRT MED PROVTAGNINGPLANEN

Efter synpunkter från tillsynsmyndigheten gjordes följande justeringar på provtagningsplanen:

- Analys av dioxin lades till i några jordprover
- Analys av PFAS lades till i grundvatten
- Analys av klorerade lösningsmedel lades till i grundvatten
- Placering på grundvattenrör flyttades från 22W34 till 22W38
- Försök gjordes att installera grundvattenrör i 22W23, men inget grundvatten påträffades här.

Analys av PFAS i jord lades till i några provpunkter, på WSPs initiativ, efter att PFAS påvisats i grundvattenprov.

På grund av ledningar och andra hinder i fält har provpunkterna 22W09, 22W16 och 22W27 utgått. Provpunkten 22W15 fick grävas för hand p.g.a. hinder i fält, och har endast kunnat utföras ytligt. Några provpunkter har även fått flyttas p.g.a. ledningar och andra hinder i fält.

Planerat grundvattenrör i 22W13 fick sättas i 22W18 istället, p.g.a. förmodad bergyta förhållandevis ytligt (0,7 m u my).

På förfrågan från beställaren tillkom två provpunkter, 22W41 och 22W42. Provpunkterna 22W43 och 22W44 (handgrävd) lades till av WSP i fält.

8 JÄMFÖRVÄRDEN

I detta kapitel anges de generella jämförvärden som används för att beskriva påvisade halter i avsnitt 9. I avsnitt 11 presenteras platsspecifika riktvärden för jord, som ligger till grund för den slutliga bedömningen av risker för människors hälsa och miljön.

8.1 JORD

Inledningsvis jämförs resultaten från laboratorieanalyserna med Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark (Naturvårdsverket, 2009a; Naturvårdsverket, 2016). De generella riktvärdena är uppdelade i två typer av markanvändning.

Känslig markanvändning, KM, innebär att markkvaliteten inte begränsar val av markanvändning och att grundvattnet skyddas. Marken ska t.ex. kunna användas till bostäder, odling etc. Grundvattnet inom området kan användas till dricksvatten. De exponerade grupperna antas vara barn, vuxna och äldre som lever inom området under en livstid. De flesta typer av markekosystem skyddas. Ekosystem i närbelägna ytvatten skyddas.

Mindre känslig markanvändning, MKM, innebär att markkvalitet begränsar val av markanvändning och att grundvattnet skyddas. Marken kan t.ex. användas till kontor, industri eller vägar. Grundvattnet skyddas som en naturresurs. De exponerade grupperna antas vara personer som vistas inom området under sin yrkesverksamma tid samt barn och äldre som vistas inom området tillfälligt. Vissa typer av markekosystem skyddas. Ekosystem i närbelägna ytvatten skyddas.

För PFAS jämförs resultaten med SGI:s nya föreslagna riktvärden för PFAS4 (summan av fyra PFAS-ämnen, vilka är PFOS, PFOA, PFHxS och PFNA). De nya riktvärdena för PFAS4 är ännu ej beslutade, utan kom i remissversion i maj 2022. Resultaten jämförs även med SGI:s preliminära riktvärden för PFOS från 2015. Riktvärdena för PFOS och PFAS4 är uppdelade i KM och MKM på samma sätt som Naturvårdsverkets generella riktvärden (SGI, 2022; SGI, 2015).

För att ge en indikation om behov av särskilda riktlinjer vid masshantering i samband med exploatering jämförs även resultaten med Avfall Sveriges haltgränser för farligt avfall (Avfall Sverige, 2019).

8.2 GRUNDVATTEN

Uppmätta halter i grundvattnet jämförs med olika jämförvärden beroende på parameter; Holländska riktvärden för grundvatten (RIVM, 2009), SGU:s bedömningsgrunder för grundvatten (SGU, 2013), Svenska Petroleum Institutets riktvärden för bensinstationer (SPI, 2011), nya föreslagna riktvärden för PFAS4 (SGI, 2022). Resultaten jämförs även med SGI:s preliminära riktvärde för PFOS från 2015 (SGI, 2015).

9 RESULTAT

I detta avsnitt redovisas resultat från den nu utförda miljötekniska markundersökningen.

9.1 FÄLTOBSERVATIONER OCH FÄLTANALYSER

Fältprotokoll redovisas i bilaga 1a och 1b.

Fyllnadsmassor påträffades i samtliga provpunkter. Mäktigheten på fyllnadsmassorna varierade mellan 0,25 m i provpunkten 22W32 och 3,2 m i punkten 22W37. Provtagning utfördes till berg/naturlig mark, eller till förmodat stopp mot berg vid skruvprovtagning. Bergytan låg som ytligast i punkten 22W32, på 0,25 m u my. Störst djup till berget bedöms det vara på fastigheten Grenadjären 62, längs med havet ungefär från provpunkten 22W18 och söderut.

Fyllnadsmassorna bestod av bl.a. sten, grus, sand, mull m.m. I flera provpunkter noterades sprängsten, samt i flera även tegel, skrot och plast. I punkten 22W18 noterades aska, glas och slagg på flera nivåer, och materialet var brunt till svart. Även i närliggande punkten 22W14 noterades aska och svart material. Naturlig mark under fyllnadsmassor bestod av berg, lera, lerig morän och liknande.

I punkten 22W18 gav PID utslag på nivåerna 0–2,0 m u my. På nivån 2,4–2,9 m u my noterades tydlig doft av svavelväte i naturlig gyttja.

Grundvattnet noterades 2022-05-04 mellan 2,18 m u my i punkten 22W25, närmast havet, till 1,5 m u my i punkten 22W40, längre in mot land, se Tabell 1. Observera att GV1 är ett äldre rör från undersökningen 2020.

Tabell 1. Lodad grundvattennivå i maj och augusti 2022 samt data för marknivå och grundvattenrör.

Punkt	**Rörlängd ovan mark (m)**	**Grundvattennivå (m under röröverkant)**		**Grundvattennivå (m u my)**		**Grundvattennivå (RH2000)**		**Inmätt markyta (RH2000)**
		2022-05-04	2022-08-18	2022-05-04	2022-08-18	2022-05-04	2022-08-18	
22W18	0,58	2,18	2,01	1,60	1,43	+0,16	+0,16	+1,586
22W25	0,52	2,70	2,44	2,18	1,92	-0,10	+0,16	+2,084
22W38	0,43	1,97	2,70	1,54	2,27	+7,64	+6,91	+9,184
22W40	0,55	2,05	2,78	1,50	2,23	+8,72	+7,99	+10,215
GV1	0,24	-	3,01	-	2,77	-	+22,36	+25,126

9.2 LABORATORIEANALYSER

9.2.1 Jord

Analysresultat med jämförvärden för jord redovisas i bilaga 2 (observera att bilagan också redovisar analysresultat från tidigare undersökningar 2020). Originalprotokoll från laboratoriet redovisas i bilaga 4.

Totalt har 43 jordprov analyserats med avseende på metaller, PAH, alifater, aromater och BTEX, 10 har analyserats med avseende på PCB, 3 med avseende på dioxin och 4 med avseende på PFAS.

Metaller

I 15 av 41 provpunkter (totalt 17 av 43 jordprov) har halter av metaller över eller i nivå med tillämpade jämförvärden (KM, MKM) påvisats. De metaller som påvisats i halter över eller i nivå med MKM i något prov är barium, bly, koppar, krom och zink. Metaller som påvisats över eller i nivå med KM i något prov är arsenik, kadmium, kobolt, nickel och kvicksilver. Bly har påvisats över jämförvärden i flest prov, totalt 16 av 43 prov. De övriga metallerna har endast påvisats över jämförvärden i något eller några enstaka prov (1-4 st).

Alifater, aromater och BTEX

Alifater och/eller aromater har påvisats över tillämpade jämförvärden i 3 av 41 provpunkter (totalt 4 av 43 jordprov). De fraktioner som påvisats över MKM är aromater i fraktionen >C10-C16. Alifater och aromater i fraktionerna >C16-C35 har även påvisats över KM.

Inga halter av bensen, toluen, etylbensen eller xylener påvisades över laboratoriets rapporteringsgräns.

PAH

PAH påvisades över tillämpade jämförvärden i 14 av 41 provpunkter (totalt 15 av 43 jordprov). PAH-H påvisades i samtliga av dessa, medan PAH-M påvisades i 3 av dem. PAH-H påvisades över MKM i 1 prov, och över KM i övriga prov. PAH-M påvisades endast över KM.

PCB och dioxin

I 2 av 10 prov påvisades halter av PCB över KM.

Inga halter av dioxin över tillämpade jämförvärden påvisades.

PFAS

Sammanställda analysresultat för PFAS redovisas i Tabell 2. PFAS påvisades över SGI:s föreslagna nya riktvärden för KM för PFAS4 i 1 prov, närmast där den s.k. brandövningsbunkern låg. I övriga provpunkter var påvisade halter under de nya föreslagna riktvärdena. I 1 prov var halterna av

PFAS11 och PFAS12 över det nya föreslagna riktvärdet för PFAS4 (halten PFAS4 var dock lägre).

Tabell 2. Sammanställda analysresultat för PFAS med jämförvärden (µg/kg TS).

Provpunkt	**22W18**	**22W25**	**22W30**	**22W38**	**SGI:s nya riktvärden (remissversion)***		**SGI:s Preliminära riktvärden****	
Nivå (m u my)	0,5-1,0	0-0,3	0,5-0,9	1,0-1,5	KM	MKM	KM	MKM
Parameter								
PFAS11	0,29	0,16	0,26	0,04				
PFAS12	0,29	0,16	0,26	0,04				
PFOS	0,18	0,09	0,03	<0,03			3	20
PFOA	0,11	0,07	0,08	<0,03				
PFAS4***	0,31	0,18	0,13	0,06	0,25	1,2		

*SGI, 2022, **SGI, 2015, ***PFOA, PFNA, PFHxS och PFOS

9.2.2 Grundvatten

Analysresultat med jämförvärden för grundvatten (metaller) redovisas i bilaga 3. Observera att bilagan också redovisar analysresultat från tidigare undersökning 2020. Originalprotokoll från laboratoriet redovisas i bilaga 4. Fyra grundvattenprov har analyserats med avseende på metaller, alifater, aromater, BTEX och PAH, 3 prov har analyserats med avseende på PFAS och 1 prov med avseende på klorerade alifater.

Metaller

Arsenik påvisades i en halt som tyder på stark påverkan i 1 provpunkt (22W25, nära havet på Grenadjären 62). I övriga provpunkter var halterna mycket låga till låga.

Nickel påvisades i halter som tyder på påtaglig till stark påverkan i 3 provpunkter. I den fjärde provpunkten (22W18, närmast brandövningsbunkern) var halten låg.

Zink påvisades i halter som tyder på påtaglig påverkan i 2 provpunkter (22W18, närmast brandövningsbunkern, och 22W38, i den sydvästra delen av Grenadjären 62). I övriga provpunkter var halterna låga.

Halterna av bly, kadmium, koppar, krom och kvicksilver[1] var mycket låga till låga i samtliga provpunkter. Kvicksilver påvisades ej över rapporteringsgränsen.

För barium, kobolt och vanadin saknas jämförvärden från SGU, varför dessa istället jämförs med holländska target values (målsättningsvärde) och intervention values (indikation för ett kraftigt förorenat grundvatten).

Barium påvisades i halter över target value i samtliga provpunkter, men halterna var under intervention value.

[1] Rapporteringsgränsen för kvicksilver är högre än SGU:s klass 3, måttlig halt.

Vanadin påvisades i halter över target value, men under intervention value, i 1 provpunkt (22W25, nära havet på Grenadjären 62). I de övriga 3 punkterna var halterna under target value.

Halterna av kobolt var under target value i samtliga provpunkter.

Alifater, aromater och BTEX

Inga halter av alifater, aromater eller BTEX påvisades över laboratoriets rapporteringsgräns i något grundvattenprov. Ingen jämförelse görs således mot jämförvärden[2].

PAH

Inga halter av PAH påvisades över laboratoriets rapporteringsgräns i något grundvattenprov. I Bilaga 3b visas laboratoriets rapporteringsgränser från år 2020 och år 2022 för PAH tillsammans med föreslagna riktvärden (SGU, 2013; RIVM).

För samtliga ingående PAH:er överskrider rapporteringsgränsen för proverna tagna 2022 Target Values enligt Holländska listan. För Benso(a)pyren, Benso(k)fluoranten, Benso(ghi)perylen samt Indeno(1,2,3-cd)pyren överskrider rapporteringsgränserna för proverna tagna 2022 även Intervention value. För provet taget 2020 överskrider samtliga ingående PAH:er Target Values enligt Holländska listan. Inga rapporteringsgränser överskrider värdena för Intervention value. Rapporteringsgränsen för Benso(a)pyren motsvarar gränsen mellan hög halt, starkt påverkat och mycket hög halt, stark påverkat enligt SGU.

Klorerade alifater

Inga halter av klorerade alifater påvisades över laboratoriets rapporteringsgräns i uttaget grundvattenprov. Ingen jämförelse görs således mot jämförvärden[3].

PFAS

Analysresultat för PFAS4 samt PFOS (ng/l) redovisas tillsammans med föreslagna riktvärden (SGI, 2015; SGI, 2022) i Tabell 3. Halter av PFAS4 påvisades över det nya föreslagna riktvärdet i provpunkt 22W18 och 22W25, närmast havet på Grenadjären 62. Halterna av PFAS11 var över det nya föreslagna riktvärdet för PFAS4 i samtliga tre prov.

[2] Rapporteringsgränsen för xylener är högre än target value från RIVM.
[3] Rapporteringsgränserna för några klorerade alifater (t.ex. vinylklorid) är högre än target value från RIVM.

Tabell 3. Sammanställda analysresultat för PFAS med jämförvärden (ng/l)

Provpunkt	22W18	22W25	22W38	SGI:s nya riktvärde (remissversion)*	SGI:s preliminära riktvärden**
PFAS4***	23,3	5,79	1,65	2	
PFOS	5,2	1,9	0,49		45
PFAS11	35	12	7,1		

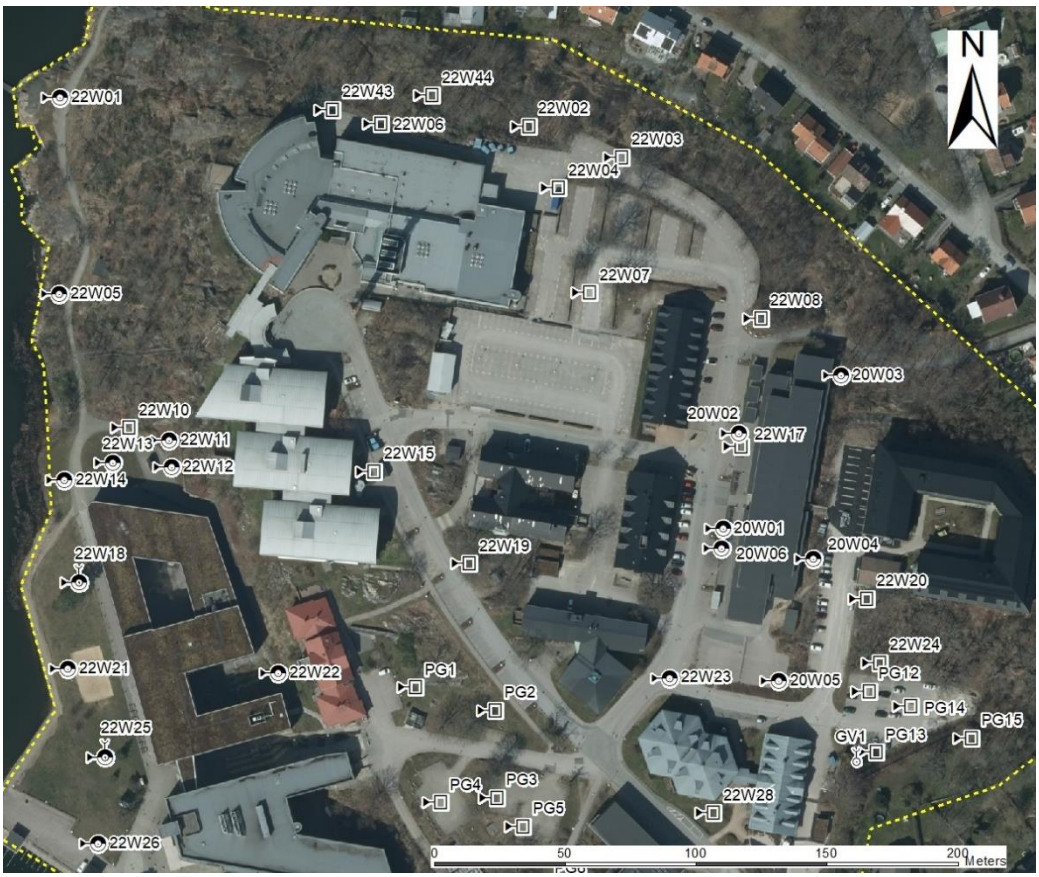
*SGI, 2022, **SGI, 2015, ***PFOA, PFNA, PFHxS och PFOS

10 SAMMANVÄGD FÖRORENINGSSITUATION OCH FÄLTOBSERVATIONER

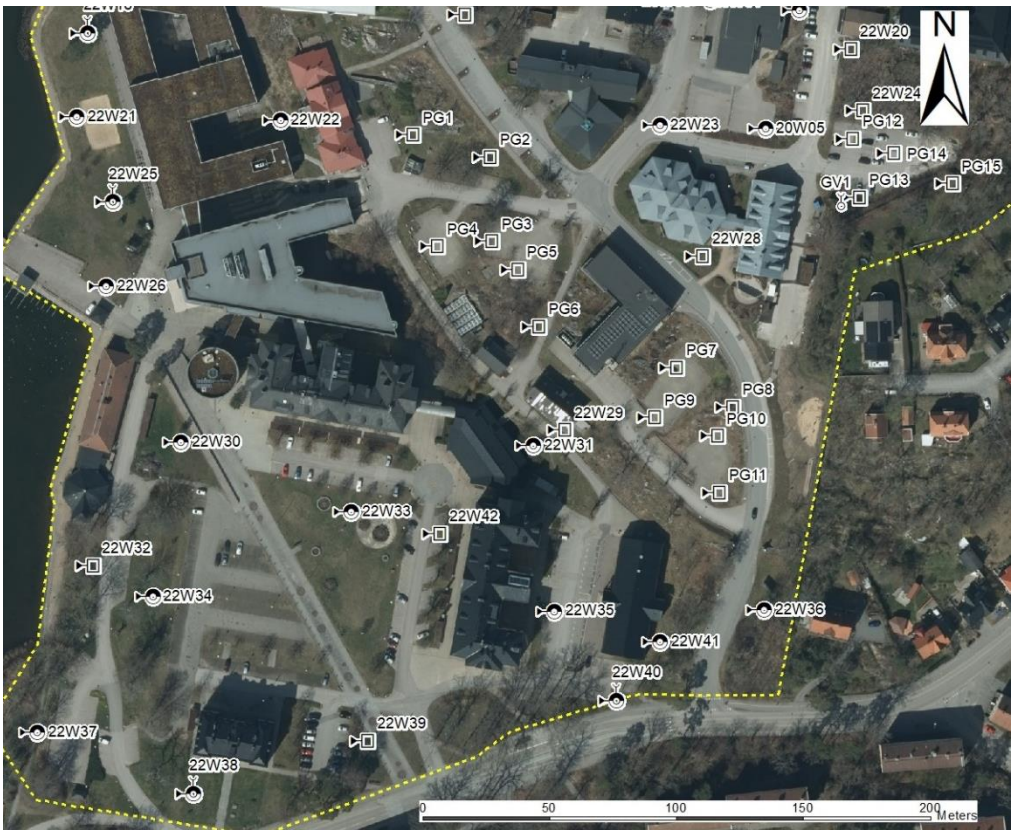
10.1 FÖRORENINGSSITUATION

I detta avsnitt vägs resultaten från nu utförd undersökning ihop med resultaten från tidigare undersökningar (WSP, 2020a; WSP, 2020b) för att så långt möjligt tolka föroreningssituationen i området.

Totalt har 62 provpunkter borrats eller grävts på Gräsvik för uttag av jordprover, se Figur 6, Figur 7, och ritning 3. Totalt har 71 jordprov analyserats med avseende på metaller (arsenik, barium, bly, kadmium, kobolt, koppar, krom, kvicksilver, nickel, vanadin, zink), alifater, aromater, BTEX och PAH. 23 jordprov har analyserats med avseende på PCB, och 21 med avseende på antimon och molybden. 4 jordprov har analyserats med avseende på PFAS och 3 med avseende på dioxin.



Figur 6. Samtliga provpunkter norra delen av området. Källa ortofoto: Lantmäteriet (2022)



Figur 7. Samtliga provpunkter södra delen av området. Källa ortofoto: Lantmäteriet (2022)

5 grundvattenrör har satts, och 5 grundvattenprov har analyserats med avseende på metaller (11 st), alifater, aromater, BTEX och PAH. Ett grundvattenprov har analyserats med avseende på antimon och molybden, 3 med avseende på PFAS och 2 med avseende på klorerade alifater, se tabell 4 för översikt.

Tabell 4. Översikt över hur många prov som har analyserats med avseende på respektive parameter.

Parameter	**Antal analyser**	
	Jord	**GV**
Metaller (11 st)	71	5
Antimon, molybden	21	1
Alifater, aromater	71	5
BTEX	71	5
PAH	71	5
PCB	23	0
PFAS	4	3
Dioxin	3	0
Klorerade alifater	0	2

10.1.1 Jord

I Tabell 5 redovisas grundläggande statistik för de föroreningar av metaller, PCB, alifater, aromater och PAH som påvisats i fyllning inom hela utredningsområdet tillsammans med jämförvärden. I tabellen visas även grundläggande statistik för PFAS4, som påvisats både i naturlig jord och i fyllnadsmassor.

Av resultaten framgår att enstaka medelvärden överskrider KM (bly, PAH-H) samt MKM (aromater >C16-C35). Inga medianvärden överskrider jämförvärdena. I tabellen jämförs även maxhalter mot jämförvärdena, vilket är mycket konservativt. Det framgår också att variationskoefficienten (CV)[4] är stor till mycket stor för några ämnen, t.ex. barium, bly, kadmium, koppar, zink, aromater >C10-C16 och >C16-C35, samt PAH-M, och relativt stor för flera övriga. Det innebär att variationen i halter för de flesta ämnena är stor, och föroreningssituationen således heterogen. Det innebär också att det kan vara relevant att dela in området i mindre delområden där så är möjligt (Naturvårdsverket, 2009c).

[4] Kallas även relativ standardavvikelse, och är ett mått på variabilitet, d.v.s. på hur en egenskap varierar. I SGI:s rapport *Klassning av förorenade jordmassor in situ* (2018) föreslås en skala där CV på <0,5 tolkas som mycket liten variabilitet, 0,5-1 som liten variabilitet, 1,0-1,5 måttlig variabilitet, 1,5-2,0 relativt stor variabilitet, 2-3 stor variabilitet och >3 som mycket stor variabilitet.

Tabell 5. Grundläggande statistik för de ämnen som påvisats över KM i fyllning inom hela utredningsområdet (mg/kg TS). PFAS4 har även påvisats i naturligt material (µg/kg TS).

Ämne	Antal (antal >rapp.gr)	Median (50-perc)	Medel*	Max	CV	KM	MKM
Arsenik	71 (22)	<2,5	2,4	22	1,3	10	25
Barium	71 (71)	58	93	1600	2,0	200	300
Bly	71 (71)	31	126	1300	2,1	50	180
Kadmium	71 (22)	<0,2	0,31	7,9	3,2	0,8	12
Kobolt	71 (71)	4,4	5	19	0,58	15	35
Koppar	71 (71)	18	49	610	2,3	80	200
Krom	71 (71)	9,1	12	150	1,5	80	150
Nickel	71 (71)	5,7	9	110	1,6	40	120
Zink	71 (71)	71	220	7100	3,9	250	500
Kvicksilver	71 (63)	0,062	0,09	0,9	1,3	0,25	2,5
PCB7	23 (6)	<0,007	0,008	0,1	1,5	0,008	0,2
Alifater >C16-C35	71 (45)	19	35	330	1,6	100	1000
Aromater >C10-C16	71 (3)	<1	0,81	19	2,8	3	15
Aromater >C16-C35	71 (9)	<1	32	20	2,7	10	30
PAH-M	71 (53)	0,31	1,2	15	2,1	3,5	20
PAH-H	71 (54)	0,53	1,4	14	1,7	1	10
PFAS4	4 (4)	0,16	0,17	0,31	0,62	0,25**	1,2**

*Värden under rapporteringsgränsen har satts till halva rapporteringsgränsen.

**SGI, 2022

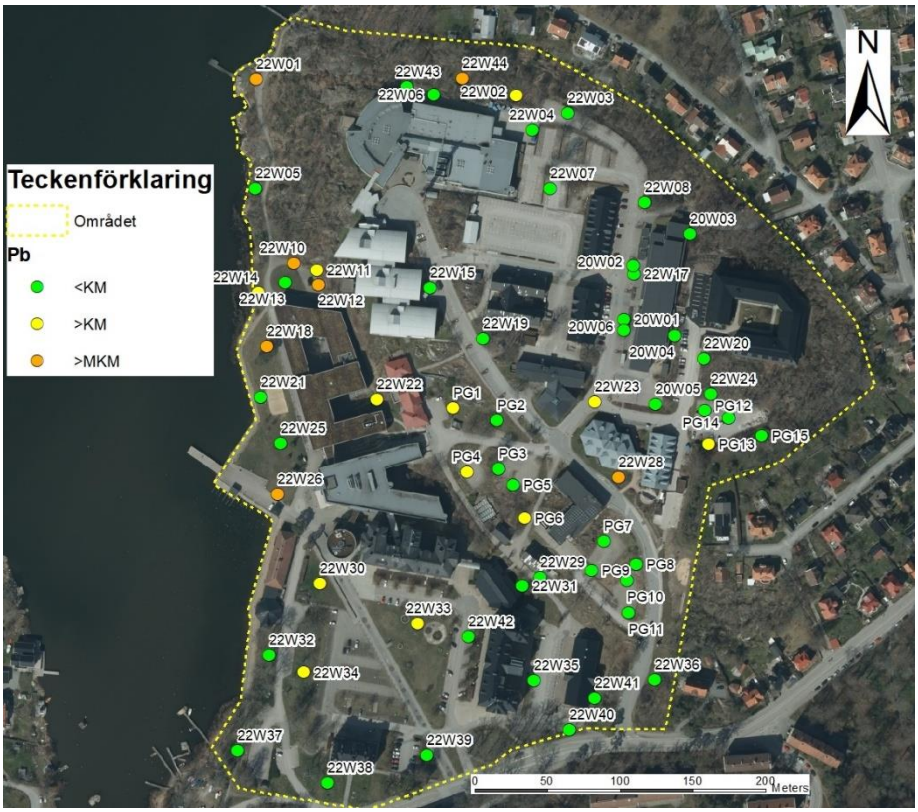
Flera av metallerna har påvisats över tillämpade jämförvärden i enstaka prov, så som arsenik, kadmium, kobolt m.fl. Flera av metallerna har framförallt påvisats i området kring den f.d. skjutbanan och i provpunkten 22W18, som sticker ut med förhöjda halter av flertalet föroreningar, så som metaller, PCB, alifater, aromater och PAH. I 22W18, i den västra delen av Grenadjären 62, noterades avvikande fyllnadsmassor med slagg, aska m.m. Det bedöms att fyllnadsmassorna och föroreningsinnehållet potentiellt skulle kunna vara kopplade till tidigare brandövningar, då punkten ligger nära platsen där det tidigare ska ha funnits en brandövningsbunker.

Påvisade föroreningar vid den tidigare skjutbanan är sannolikt kopplade till skjutövningar. Området ska tidigare delvis sanerats, i den gamla skjutvallen i öster, men förorenade massor lämnades kvar eftersom det bedömdes vara svårsanerat. Enligt saneringsrapport från tillfället skulle kvarlämnade föroreningar täckas över med nya rena massor. Förorening av bly över KM

har t.ex. påvisats i punkten 22W11 på nivån 0-0,5 m u my, och över MKM i punkten 22W10, samt i 22W12 på nivån 0,4-1,0 m u my. Det framgår ej i tidigare saneringsrapport hur mycket nya massor som skulle användas för att täcka över de förorenade massorna (WSP, 2010).

Även provpunkten 22W01, som ligger i nordvästra delen av området, sticker ut något, där bly över MKM samt koppar, kvicksilver och PAH över KM påvisats. I denna provpunkt har inga avvikande fyllnadsmassor noterats, men historiska ortofoton visar att det tidigare funnits en byggnad i området, som ska ha tjänat som omklädningsrum vid hopptornet som tidigare låg på platsen.

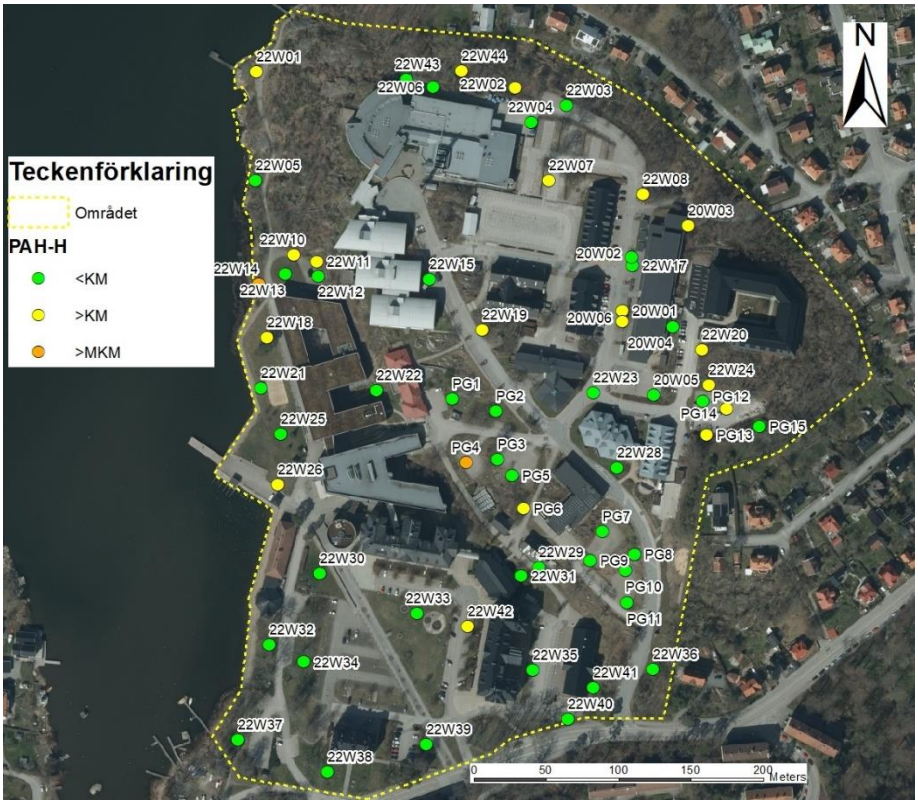
Den av metallerna som verkar vara utspridd i flera delar av Gräsviksområdet är bly, som hittats i halter över KM och MKM på flera olika delar av området, både i ytliga och djupare prov, se Figur 8. Föroreningen bedöms således framförallt vara kopplad till förorenade fyllnadsmassor, utom vid skjutbanan.



Figur 8. Provpunkter där bly analyserats, samt högsta påvisade haltklass i respektive provpunkt. Källa ortofoto: Lantmäteriet (2022)

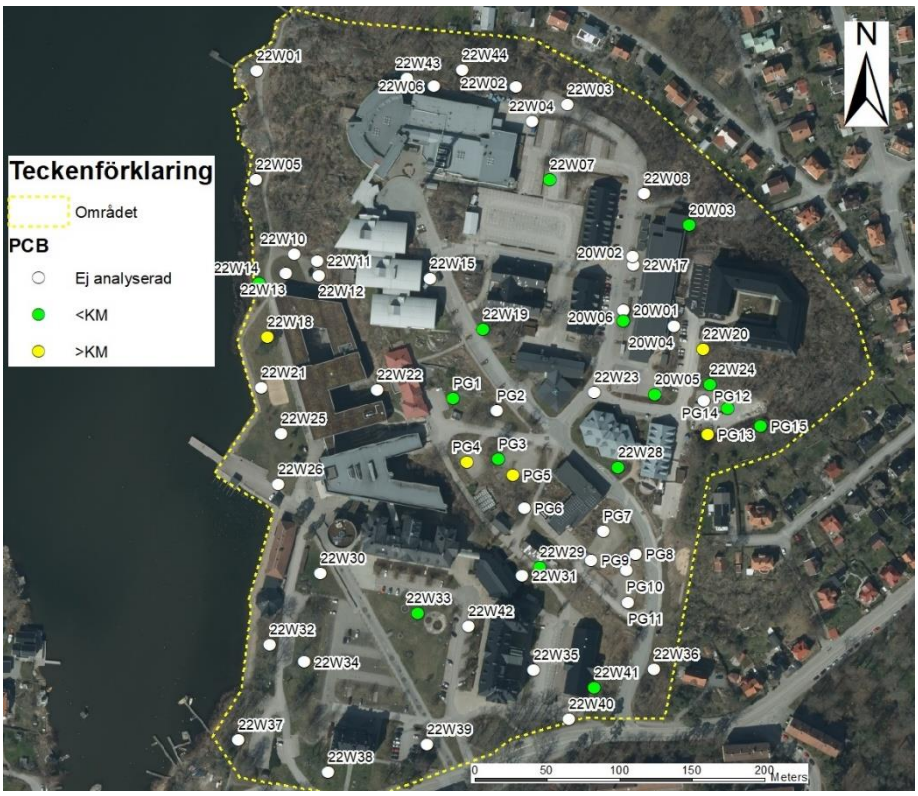
Alifater och aromater har påvisats i enstaka prov, framförallt i provpunkten 22W18 vid brandövningsbunkern, men även i PG4, på Grenadjären 63. I PG4 har skrot m.m. noterats. Detta tyder på att det framförallt rör sig om enstaka punktföroreningar/spill. I två andra prov, där det påvisats alifater >C16-C35, från 22W24 (Grenadjären 54) och 22W44 (strax norr om Grenadjären 4) har inga avvikande egenskaper noterats. Båda provpunkterna är dock belägna i skogsområden och det rör sig om ytliga prov. Massorna bedömdes bestå av bl.a. mulljord, så det är möjligt att halterna beror på naturligt organiskt material, som ibland kan ge utslag som alifater i den aktuella fraktionen vid laboratorieanalys (IVL, 2018).

PAH (framförallt PAH-H) har liksom bly påvisats utspritt över förhållandevis många delar av Gräsviksområdet, både i provpunkter med avvikande massor med inslag av skrot etc. och i massor som till synes består av mest grus, sand etc, se Figur 9 för översikt. Det har påvisats mestadels i ytligare prov, men även i djupare prov. De djupare prov där det påvisats över jämförvärden gäller provpunkten 22W18, med avvikande fyllnadsmassor, PG4 (Grenadjären 63), där även aromater påvisats, och PG13 nära den befintliga parkeringen mellan Grenadjären 61 och 54. Det kan tyda på att de föroreningar av PAH-H som påvisats i djupare prov är kopplade till någon typ av punktförorening, och att de ytligare påvisade halterna är kopplade till atmosfärisk deposition.



Figur 9. Provpunkter där PAH-H analyserats, samt högsta påvisade haltklass i respektive provpunkt. Källa ortofoto: Lantmäteriet (2022)

PCB har även hittats på olika delar av området, både i ytliga och djupare prov, vilket sannolikt gör att de kan kopplas till fyllnadsmassor, se Figur 10 för översikt. PCB har påvisats i provpunkter där skrot och avvikande fyllnadsmassor noterats.



Figur 10. Provpunkter där PCB har analyserats, samt högsta påvisades haltklass i respektive provpunkt. Källa ortofoto: Lantmäteriet (2022)

PFAS har endast analyserats i fyra provpunkter (22W18, 22W25, 22W30 och 22W38), och påvisats över KM i ett av dessa. Provet kommer från 22W18, där avvikande fyllnadsmassor med slagg m.m. noterats, och ligger förhållandevis nära platsen där det ska ha legat en brandövningsbunker.

De flesta föroreningar har påvisats över grundvattenytan, men det är oklart om detta i första hand beror på att det saknas grundvatten i större delen av området. Få prov under grundvattenytan har analyserats, och det bedöms att det inte går att utesluta att föroreningar finns både över och under grundvattenytan.

Förutom de ämnen som nämns ovan har även antimon, molybden, vanadin, BTEX och dioxin analyserats i ett antal prov, men ej påvisats över tillämpade jämförvärden.

Sammanfattningsvis bedöms det finnas två områden där föroreningshalterna skiljer sig tydligt från i området i stort, t.ex. p.g.a. att många föroreningar bara påvisats där, se Figur 11. Detta gäller området vid den gamla skjutbanan, brandövningsbunkern och provpunkt 22W18. Sannolikt beror föroreningarna i området delvis på skjutbanan, delvis på brandövningar och delvis på förorenade fyllnadsmassor. Exakt avgränsning mellan de olika potentiella föroreningskällorna har inte kunnat göras utifrån utförda provtagningar, men området som helhet sticker tydligt ut från resten av Gräsvik. Likaså bedöms området vid det gamla hopptornet, provpunkt 22W01, sticka ut, då flera

föroreningar påvisats där i förhöjda halter. Området är ej avgränsat då endast en provpunkt tagits i området.

Figur 11. Identifierade delområden med tydligt avvikande föroreningshalter. Källa ortofoto: Lantmäteriet (2022)

10.1.2 Grundvatten

I grundvatten är det enbart metaller och PFAS som påvisats i förhöjda halter. De metaller där en påverkan jämfört med SGU:s bedömningsgrunder över klass 3 har påvisats är arsenik i en provpunkt (22W25, på den västra delen av Grenadjären 62), bly i en provpunkt (GV1, nära den befintliga parkeringen öster om Grenadjären 61), nickel i fyra provpunkter, zink i två provpunkter och kvicksilver i en provpunkt (GV1). För zink har en av halterna påvisats i 22W18, där avvikande fyllnadsmassor noterats, och förhöjda halter zink påvisats även i jorden. I den andra provpunkten, 22W38, i den södra delen av Grenadjären 62 har inga halter över jämförvärden påvisats i jorden.

Zink i 22W18 är den enda metallen där det går att urskilja ett tydligt samband mellan halter i jord och grundvatten. För övriga metaller kan inget tydligt samband noteras, inte heller med några av de tidigare verksamheterna.

Barium och vanadin påvisades över holländska jämförvärden för target values i fyra respektive två provpunkter, men halterna var tydligt under intervention values.

PFAS4 har påvisats över SGI:s nya föreslagna riktvärde i två provpunkter, 22W18 och 22W25. Båda provpunkterna ligger i västra delen av Grenadjären 62, förhållandevis nära den tidigare brandövningsbunkern. Det bedöms sannolikt att halterna i grundvattnet hänger ihop med eventuella tidigare brandövningar. Längre bort från brandövningsbunkern, i den södra delen av fastigheten, i punkten 22W38, är halterna lägre, under riktvärdet.

10.2 FÄLTOBSERVATIONER

Fyllnadsmassor har observerats på hela området. Området har förhållandevis stora höjdskillnader, där den norra och östra delen av området ligger på en höjd, medan den södra och västra delen ligger lägre. Området sluttar alltså mot syd till väst. Grundvatten har påträffats i den södra och västra delen av området, samt till mindre del även uppe på höjden, vid GV1 i öster. Det bedöms att grundvattnets strömningsriktning är mot havet. Röret GV1 bedöms dock ej tillhöra samma grundvattenmagasin som de övriga rören, då grundvattennivån ligger så pass mycket högre där. Det antas att den vattendelare som VISS noterat sannolikt går något väster om GV1.

11 RISKBEDÖMNING

Riskbedömningen utförs i enlighet med metodik beskriven i Naturvårdsverkets rapport *Riskbedömning av förorenade områden* (Naturvårdsverket, 2009b).

11.1 PROBLEMBESKRIVNING OCH KONCEPTUELL MODELL

Baserat på platsspecifika förutsättningar och föroreningssituationen har en problembeskrivning och konceptuell modell upprättats, för att beskriva hur föroreningar kan spridas och påverka olika skyddsobjekt. I problembeskrivningen beskrivs kortfattat föroreningskällan, skyddsobjekt och potentiella spridnings- och exponeringsvägar. Detta sammanfattas i en konceptuell modell i sista avsnittet. Problembeskrivningen utgår från den markanvändning som Karlskrona kommuns planavdelning tänker sig på området, d.v.s. bostäder m.m. I riskbedömningen utgör bostäder utgångspunkten för markanvändning på hela området, eftersom detta är den mest känsliga markanvändningen ur föroreningssynpunkt. I det fall något delområde i slutändan planeras för någon annan markanvändning, bör en separat riskbedömning upprättas för det området.

11.1.1 Föroreningskällor och aktuella föroreningars egenskaper

De föroreningar som påvisats över KM i jord någonstans på Gräsvik är PFAS, arsenik, barium, bly, kadmium, kobolt, koppar, krom, kvicksilver, nickel, zink, PAH-M och PAH-H, PCB samt alifater och aromater.

PFAS har påträffats både i jord och grundvatten, och bedöms sannolikt härröra från eventuella tidigare brandövningar vid den brandövningsbunker som funnits i den västra delen av Grenadjären 62. Föroreningens utbredning är inte utredd, då endast ett fåtal prov tagits.

Bly har påvisats på flertalet ställen på Gräsvik, både i ytliga prover och djupare prover. Föroreningen bedöms delvis vara kopplad till förorenade fyllnadsmassor, men också till skjutbanan på Grenadjären 62.

Barium, kadmium, kobolt, krom, nickel och zink har endast påvisats över tillämpade jämförvärden i området runt skjutbanan och brandövningsbunkern (barium har dock påvisats i nivå med KM i ytterligare tre provpunkter). Det rekommenderas således att detta område riskbedöms för sig.

Arsenik, koppar och kvicksilver har påvisats i enstaka provpunkter.

För samtliga ämnen utom PFAS gäller att förorening endast påvisats i fyllnadsmassor. Merparten av föroreningarna har framförallt påvisats över grundvattenytan, men då förhållandevis få prov analyserats under grundvattenytan bedöms att det inte går att utesluta att förorening förekommer även under grundvattenytan.

PFAS (per- och polyfluorerade alkylsubstanser) är en stor grupp kemikalier som har ett brett användningsområde, bl.a. p.g.a. sina fett-, smuts- och vattenavvisande egenskaper. En vanlig källa till PFAS i mark och grundvatten är brandskum. Olika PFAS-ämnen har olika egenskaper, en del är vattenlösliga, en del binder hårt till organiskt material, och en del är t.ex. flyktiga. PFAS med långa kolkedjor fastläggs generellt lättare i jord än de med korta kolkedjor. Många PFAS-ämnen är mycket persistenta (Förorenade områden, 2022a).

Arsenik förekommer naturligt i mark och vatten. PH-värde och syrehalt påverkar hur lösligt och spridningsbenäget ämnet är. Lösligheten är generellt högre vid högre pH och vid låg syrehalt, men ämnet sprids generellt ganska lätt i grundvatten och i vattendrag. Arsenik har akuttoxiska egenskaper vid höga halter (Förorenade områden, 2022b).

Barium förekommer naturligt i mark i olika föreningar, t.ex. baryt. Olika bariumföreningar har olika egenskaper och toxicitet. De tas generellt lätt upp av växter, särskilt om marken har lågt pH. Generellt binds barium hårt till t.ex. lermineral, och har låg rörlighet i mark (Förorenade områden, 2022c).

Bly förekommer naturligt i mark och vatten. Det binds i regel hårt till mark, t.ex. till organiskt material, och är generellt svårlösligt i vatten. Spridning sker framför allt bundet till partiklar, t.ex. genom damning eller som suspenderat material i vatten. Lösligheten i vatten ökar vid lågt pH (Förorenade områden, 2022d).

Kadmium finns naturligt i jordskorpan, men är mindre vanlig i naturen. Det binds lätt till organiskt material och lerpartiklar. Lösligheten är högre vid lågt pH, och binds hårt till jorden vid högre pH. Huruvida förhållandena i marken är syrerika eller syrefattiga påverkar också. Det tas lätt upp av växter (Förorenade områden, 2022e).

Kobolt förekommer naturligt i olika mineral. Det binds lätt till organiskt material, vissa oxider och lermineral, och är generellt mindre rörligt i naturen. Ämnet räknas som ett essentiellt näringsämne för vissa organismer, men framförallt växter och ryggradslösa djur kan vara känsliga för kobolt (Förorenade områden, 2021a).

Koppar förekommer naturligt i mark och grundvatten. Det binds starkt till bl.a. organiskt material i jord, och eventuell spridning i vatten sker ofta med

lösta humusämnen. Ämnet är essentiellt för många organismer, t.ex. människor, men är toxiskt för marklevande mikroorganismer, och kan även vara toxiskt för vattenlevande växter och bakterier. Även människor kan påverkas av höga halter koppar (Förorenade områden, 2021b).

Krom finns naturligt i miljön och kan förekomma som trevärt krom (krom 3+) och sexvärt krom (krom 6+). Trevärt krom binder hårt till marken, medan sexvärt krom är mer lättlösligt (Förorenade områden, 2021c).

Kvicksilver förekommer naturligt i miljön, och finns t.ex. i vulkaniska bergarter. Det är ett flyktigt ämne som kan spridas i ångfas. Det binder också lätt till humusämnen i t.ex. vattendrag (Förorenade områden, 2021d).

Nickel förekommer naturligt i miljön. Det binds generellt hårt till organiskt material, men blir mer lättlösligt och rörligt vid lägre pH-värden (Förorenade områden, 2021e).

Zink förekommer naturligt i miljön. Det binds generellt hårt till organiskt material, men blir mer lättlösligt och rörligt vid lägre pH-värden. Ämnet är essentiellt för bl.a. människor, men det kan i höga halter vara toxiskt för vattenlevande organismer (Förorenade områden, 2021f).

PAH, polycykliska aromatiska kolväten (hydrocarbons) är organiska ämnen som bildas t.ex. vid förbränning. Det är en grupp som består av hundratals olika ämnen. Vid undersökning av förorenade områden i Sverige delas de oftast in i tre grupper baserade på molekylvikt, PAH-L med låg molekylvikt, PAH-M med medelhög molekylvikt och PAH-H med hög molekylvikt. PAH:er har generellt låg löslighet och binder lättare till organiskt material och jord. PAH-L är generellt mer lättlösliga och flyktiga. PAH:er kan förekomma i fri fas i t.ex. kreosot. De kan även spridas längre sträckor i luft (Förorenade områden, 2021g).

PCB, polyklorerade bifenyler är en större kemikaliegrupp med omkring 200 ämnen med ett brett användningsområde, i t.ex. byggnader. De har låg löslighet i vatten, är lipofila och kan adsorbera till jord. De har förhållandevis låg flyktighet. De är mycket persistenta och förekommer fortfarande i miljön trots att användningen varit förbjuden i Sverige i många år. De är exempel på ämnen som är bioackumulerande, d.v.s. det lagras i fettvävnaden hos levande organismer och djur högre upp i näringskedjan har högre halter i kroppen (Förorenade områden, 2021h).

Alifater och aromater är en sorts kolväten som förekommer i petroleumprodukter och i organiskt material. De brukar delas in i olika fraktioner beroende på hur lång kolkedja de har, där alifater >C16-C35 och aromater >C16-C35 har längst kolkedja, och således räknas som de tyngsta alifaterna och aromaterna. Föroreningarna kan spridas via t.ex. grundvatten, där de ofta lägger sig på vattenytan. De kan även spridas som fri fas. De lättare fraktionerna av alifater har större spridningsbenägenhet, medan de tyngre fraktionerna i högre grad fastläggs i jord. Aromater är generellt mer lättlösliga i vatten än alifater. Ämnena kan även förångas och sprida sig från jord till porluft och vidare till omgivande luft, t.ex. inomhusluft. Alifater har generellt högre flyktighet än aromater. De lättare aromaterna har högre flyktighet än de tyngre (Förorenade områden, 2021i, Förorenade områden, 2021j).

11.1.2 Spridnings- och transportvägar

De primära spridningsvägarna från och inom området bedöms vara genom infiltration av regnvatten, och spridning via grundvatten, då förhållandevis stora delar av Gräsvik består av öppna ytor så som gräs och grus. Området har förhållandevis stora höjdskillnader, där den norra och östra delen av området ligger på en höjd, medan den södra och västra delen ligger lägre. Grundvattnet bedöms röra sig mot väst-sydväst. Befintliga dagvattenledningar mynnar i Danmarksfjärden. Spridning bedöms också kunna ske genom damning/vinderosion och med ytavrinning, eftersom delar av området är skog- och gräsbevuxna samt grusade. Vissa föroreningar förekommer ytligt. Upptag i växter bedöms vara ytterligare en möjlig spridningsväg. Flyktiga föroreningar kan vidare spridas genom förångning. Detta gäller t.ex. vissa PAH:er inom gruppen PAH-M, och kan även gälla kvicksilver. Förekomstformen av kvicksilver är dock inte känd. Förorening av PFAS och PCB kan vidare biomagnifieras.

Påvisad förorening i grundvatten av metaller och PFAS tyder på en påverkan från förorening i jord. Jordföroreningens platsspecifika löslighet och därmed potential för spridning med vatten och ånga är inte känd.

Framtida klimateffekter förväntas ge upphov till en höjd havsyta och ändrade väderförhållanden, som medför risk för längre perioder av torka, ökad frekvens av skyfall med tillfälligt stora mängder ytavrinning, fler stormar m.m. För Gräsvik förväntas detta främst påverka spridning av föroreningar genom ökad utlakning av förorening från jord som idag ligger ytligt och över grundvattenytan, p.g.a. en höjd grundvattenyta som sannolikt kan fluktuera mer än den gör idag.

11.1.3 Exponeringsvägar (hälsa)

Människor som vistas inom området kan nu och i framtiden exponeras för föroreningar genom inandning av ånga, intag av jord, inandning av damm, hudkontakt och intag av växter. Exponering via inandning av ånga bedöms framförallt kunna ske lokalt där flyktig förorening påvisats. Intag av växter bedöms framförallt vara aktuellt i det fall bostäder byggs, och även då i förhållandevis liten grad, eftersom det i så fall är flerbostadshus som förväntas och odling i regel endast bedrivs i liten skala vid flerbostadshus, och oftast i nytillförd jord eftersom fyllnadsmassor oftast är olämplig för odling av andra skäl. Intag av dricksvatten från området bedöms inte vara aktuellt eftersom området ligger i en tätort och är mycket havsnära. Närheten till havet bedöms kunna ge risk för inträngande havsvatten. Inga nuvarande dricksvattenbrunnar har identifierats i SGU:s brunnsarkiv, och kommunalt vatten finns på platsen.

11.1.4 Skyddsobjekt

Idag används området för ett flertal olika verksamheter, bl.a. bostäder, högskola, kontor och parkeringsytor. Planerad markanvändning omfattar bl.a. bostäder, skola, kontor m.m.

Skyddsobjekt inom området förväntas vara:

- Barn och vuxna som bor inom området
- Människor som arbetar på eller tillfälligt besöker området
- Barn och ungdomar som går i skola på området

- Markekosystemet
- Ytvattenrecipienten (havet)

Recipienter är kustvattnet Danmarksfjärden samt Yttre Redden, som båda är en del av Östersjön. Enligt VISS uppnår vattenförekomsterna ej god kemisk status, på grund av kvicksilver och polybromerade difenyletrar (PBDE), något som gäller för alla Sveriges ytvatten. Den ekologiska statusen är måttlig (VISS, 2022b; VISS, 2022c).

Inga dricksvattenbrunnar eller grundvattenförekomster finns utpekade i närområdet (SGU, 2022d; SGU, 2022e). Grundvattnet i området bedöms inte vara möjligt att använda som dricksvatten p.g.a. trolig havsvattenpåverkan. Därför bedöms grundvattnet vara indirekt skyddsvärt, i egenskap av spridningsmedium.

11.1.5 Konceptuell modell

I Tabell 6 presenteras en konceptuell modell för området. För mer detaljerad beskrivning hänvisas till problembeskrivningen i avsnitt 11.1.

Tabell 6. Översiktlig konceptuell modell Gräsvik

Föroreningskällor →	**Transportvägar** →		**Skyddsobjekt**		
	Spridning	Exponering	Människa	Miljö	Naturresurser
Förorenade fyllnadsmassor (okänt ursprung)	Utlakning till infiltrerat regnvatten	Intag av jord	Boende inom området	Markekosystemet	Ytvatten
Förorening framförallt ovan grundvattenytan					
	Grundvatten	Inandning av ånga	Vuxna som arbetar på området	Ytvattenekosystemet	
	Damning, vinderosion	Inandning av damm	Barn och vuxna som tillfälligt besöker området		
	Ytavrinning	Hudkontakt	Barn och ungdomar som går i skola på området		
	Upptag i växter	Intag av växter			
	Förångning				
	Ledningsgravar				
	Biomagnifiering				

11.2 EXPONERINGSANALYS

I problembeskrivningen (se avsnitt 11.1) har skyddsobjekt samt spridnings- och exponeringsvägar identifierats. I detta kapitel utvärderas representativa halter av föroreningar som skyddsobjekten kan exponeras för. För bedömning av spridningsrisker utvärderas halter i både jord och grundvatten.

11.2.1 Representativa halter jord

Inom undersökningsområdet har olika egenskapsområden avseende förorening i jord identifierats baserat på föroreningssituationen. Förorening förekommer både som en generell heterogen förorening i fyllningen samt i enskilda områden med högre halter av framförallt metaller och PFAS, se avsnitt 10.

Representativa föroreningshalter är de halter som bäst representerar föroreningssituationen utan att risken underskattas. Enligt Naturvårdsverkets vägledning (Naturvårdsverket, 2009b) bör representativa halter för området användas vid jämförelse med riktvärden. För akuttoxiska ämnen används ofta maxhalten som representativ halt. För ämnen som medför risk för negativa hälsoeffekter på lång sikt eller vid bedömning av risken för spridning till recipienten är medelhalten mer representativ. För att inte medelhalten ska underskattas har medelvärdets övre konfidensintervall vid 95:e percentilen (UCLM 95) beräknats. Beräkningen har gjorts med programvaran Pro UCL version 5.1. UCLM 95-värde har valts efter programmets förslag baserat på dataunderlagets fördelning.

Beräkning av UCLM 95 har gjorts för de ämnen som påvisats utanför de identifierade höghaltsområdena (vid skjutbanan/brandövningsbunkern samt vid det gamla hopptornet) i maxhalt överskridande generella riktvärden för KM. De aktuella ämnena är arsenik, bly, koppar, kvicksilver, alifater >C16-C35, aromater >C10-C26, PAH-M, PAH-H och PCB.

Beräkningen av UCLM 95 baserar sig på samtliga prov inom området, dock exklusive de identifierade höghaltsområdena, med prov från provpunkterna 22W01, 22W10, 22W11, 22W12, 22W13, 22W14 och 22W18.

Beräknade UCLM 95 redovisas i Tabell 7.

Tabell 7. Beräknade UCLM 95 (mg/kg TS). Värden under rapporteringsgränsen har satts till halva rapporteringsgränsen.

Ämne	UCLM 95
Arsenik	2,8*
Bly	205*
Koppar	71*
Kvicksilver	0,11**
PCB7	0,02*
Alifater >C16-C35	51*
Aromater >C10-C16	0,64***
PAH-M	2,0*
PAH-H	2,3*

*95 % Chebychev (Mean Sd) UCL

**95 % Approximate Gamma UCL

***95 % Student's T UCL

I de två områden där högre halter noterats, vid brandövningsbunkern och det gamla hopptornet, används UCLM 95 ej som representativ halt, eftersom det bedöms finnas för få mätvärden i dessa områden. I dessa områden används istället maxhalter som representativ halt för att med ett begränsat underlag inte underskatta risker, se Tabell 8.

Tabell 8. Representativa halter (maxhalter, mg/kg TS) för höghaltsområdena vid hopptornet och skjutbanan/brandövningsbunkern.

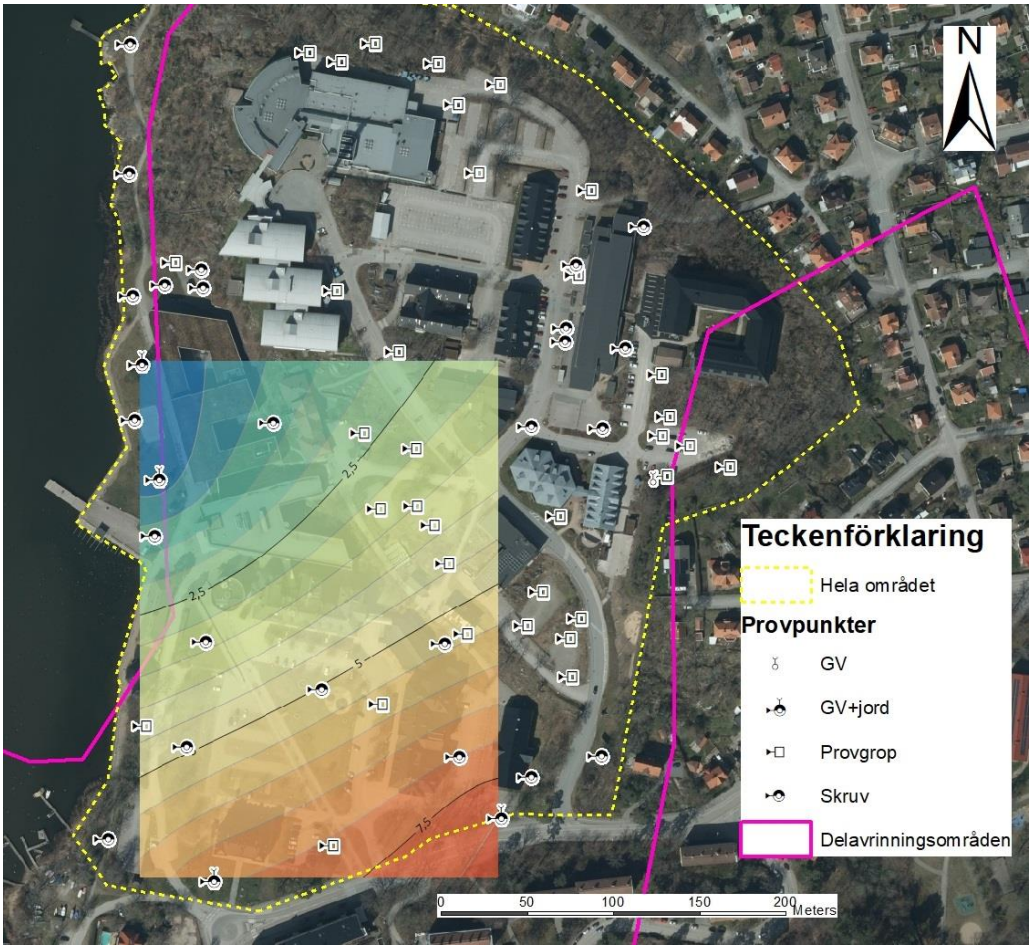
Ämne	Representativ halt, hopptornet	Representativ halt, skjutbana/brandövningsbunker
Arsenik	4,9	22
Barium	49	1 600
Bly	820	1 100
Kadmium	0,38	7,9
Kobolt	3,1	19
Koppar	130	550
Krom	11	150
Nickel	10	110
Zink	150	7 100
Kvicksilver	0,38	0,27
PCB7	-	0,026
Alifater >C16-C35	73	330
Aromater >C10-C16	1,3	19
Aromater >C16-C35	2,4	20
PAH-M	9	9,2
PAH-H	7,5	11

11.2.2 Spridning/belastning på ytvatten

Belastning på recipienten har beräknats dels baserat på påvisade halter i jord, dels baserat på påvisade halter i grundvatten. För jord har beräkning gjorts för de ämnen som påvisats i medelhalter över Naturvårdsverkets generella riktvärden för känslig markanvändning: bly, aromater >C16-C35 och PAH-H. För beräkningen baserat på påvisade halter i grundvatten har beräkning gjorts enbart för bly, eftersom de övriga ämnena ej har påvisats i grundvatten över laboratoriets rapporteringsgräns.

För jord har belastning på recipienten beräknats i Naturvårdsverkets beräkningsverktyg (version 2.0.1). Beräkningen har gjorts utifrån beräknade medelvärden av halter i jord för hela utredningsområdet, för att få en genomsnittlig belastning på recipienten. Värden under rapporteringsgränsen har satts till halva rapporteringsgränsen.

Platsspecifika förutsättningar har justerats i modellen. Områdets storlek har uppskattats till ca 400 x 500 m. För grundvattenbildning används det generella värdet om 100 mm/år, eftersom platsspecifika värden saknas. Detta värde antar att en del av området är hårdgjort. För hydraulisk konduktivitet bedöms det generella värdet om 10^{-5} m/s stämma förhållandevis väl, baserat på fyllnadsmassornas bedömda sammansättning i området, och underlag från *Naturvårdsverkets metodik för inventering av förorenade områden* (Naturvårdsverket, 1999). Grundvattnets hydrauliska gradient har uppskattats baserat på en interpolering av grundvattennivån i rören 22W18, 22W25, 22W38 och 22W40, se Figur 12. Röret GV1 bedöms ej tillhöra samma grundvattenmagasin. Om GV1 inkluderas i interpoleringen blir den beräknade gradienten orimligt hög, och det är således rimligt att anta att den vattendelare som VISS noterat sannolikt går något väster om GV1. Akvifärens mäktighet bedöms variera förhållandevis mycket i olika delar av området, från 0,8 m till >6 m. Den har således uppskattats till omkring 5 m.



Figur 12. Interpolering av grundvattenyta (medelstånd baserat på lodning vid två tillfällen). Vattendelare i närheten av röret GV1 markeras med rosa linje. Källa ortofoto: Lantmäteriet

Ingångsvärden redovisas i Tabell 9.

Tabell 9. Ingångsvärden till transportmodell för grundvatten.

Parameter	Platsspecifikt	Generellt scenario
Områdets längd (m)	400	50
Områdets bredd (m)	500	50
Grundvattenbildning (mm/år)	100	100
Hydraulisk konduktivitet (m/s)	10^{-5}	10^{-5}
Hydraulisk gradient (m/m)	0,025	0,03
Akvifärens mäktighet (m)	5	10

För grundvatten har belastning på recipienten beräknats med hjälp av Darcys lag, med samma ingångsvärden som i Tabell 9 (områdets bredd, hydraulisk konduktivitet, hydraulisk gradient och akvifärens mäktighet), och baserat på beräknade medelhalter i grundvattnet, från rören 22W18, 22W25, 22W38 och 22W40, se Tabell 10.

Tabell 10. Beräknade medelhalter (µg/l) i grundvatten

Ämne	Medelvärde* (µg/l)
Bly	0,12
PFAS4	0,010
PFAS11	0,018

*Värden under rapporteringsgränsen har satts till halva rapporteringsgränsen

I Tabell 11 redovisas beräknad spridning i kg/år baserat på halter i jord och halter i grundvatten. För PFAS redovisas endast beräknad spridning baserat på halter i grundvatten, eftersom det bedöms finnas för få analyserade prov i jord.

Tabell 11. Beräknad spridning av bly, alifater och PAH baserat på halter i jord och halter i grundvatten, samt för PFAS baserat på halter i grundvatten.

Ämne	Spridning, kg/år baserat på medelhalter i jord	Spridning, kg/år baserat på medelhalter i grundvatten
Bly	1,4	0,0024
Alifater >C16-C35	0,025	Ej påvisat
PAH-H	0,0039	Ej påvisat
PFAS4	-	0,0002
PFAS11	-	0,00036

Jämförelse mellan beräknad spridning utifrån halter i jord och halter i grundvatten för bly visar att beräknad spridning är högre i beräkningen baserat på halter i jord, än baserat på halter i grundvatten.

Skillnaden kan t.ex. bero på att fastläggning av bly i marken är större på den aktuella platsen än vad som uppskattas i Naturvårdsverkets beräkningsmodell. Generellt bedöms halter i grundvatten ge en mer korrekt indikation på föroreningsspridningen. Det bör dock noteras att halter i grundvatten kan variera mycket beroende på plats, nederbörd, temperatur etc., att antalet prov är relativt begränsat och kanske inte är representativt för hela utredningsområdet.

Jämförelse av beräknad belastning mot akvatiska fotavtryck och arealförlust görs i avsnitt 11.4.

11.3 EFFEKTANALYS

För att bedöma miljö- och hälsorisker för de ämnen som påträffats i förhöjda halter i jord inom Gräsvik har platsspecifika riktvärden (PRV) tagits fram för omättad jord (ovan grundvattenytan) för den planerade markanvändningen. I detta kapitel redovisas PRV för jord för de ämnen som har påvisats i halter över Naturvårdsverkets generella riktvärden för Känslig markanvändning. Ämnena som berörs är arsenik, barium, bly, kadmium, kobolt, koppar, krom, nickel, zink, kvicksilver, PCB7, alifater >C16-C35, aromater >C10-C16, aromater >C16-C35, PAH-M och PAH-H. För PFAS har inget platsspecifikt riktvärde tagits fram, eftersom endast ett fåtal analyser för PFAS gjorts, och generella riktvärden ännu ej är beslutade.

Platsspecifika riktvärden för jord har beräknats utifrån Naturvårdsverkets rapport 5976 (2009b) samt tillhörande beräkningsverktyg (version 2.0.1). Riktvärden för jord består generellt av fyra olika delar; riktvärden för människors hälsa, riktvärden för att skydda markekosystemet, riktvärden för att skydda grundvatten som dricksvattenresurs samt riktvärden för att skydda ytvatten som naturresurs. När de generella riktvärdena för KM och MKM redovisas görs det som sammanslagna riktvärden, vilka utgörs av det lägsta av de fyra ingående riktvärdena. I denna rapport redovisas riktvärdena för vardera skyddsobjekt, för att tydliggöra vilka skyddsobjekt som är styrande för de olika riktvärdena.

De platsspecifika riktvärdena utgår från markanvändningen bostäder, med flerbostadshus, och utgår från de övergripande åtgärdsmålen som redovisats i avsnitt 2.

11.3.1 Antaganden riktvärden

Förhållandena avseende spridningsrisker till mark, grundvatten och ytvattenrecipienten bedöms vara likartade inom hela området. Områdets längd och bredd är annorlunda än de generella ingångsvärdena på 50 x 50 m. Även grundvattenbildning, recipientens storlek och omsättning bedöms vara annorlunda än i de generella ingångsvärdena. Eftersom recipienterna, Yttre redden och Danmarksfjärden, är en del av Östersjön är det dock svårt att göra en naturlig avgränsning av recipienten, och således av recipientens volym och omsättning. Enligt VISS är Danmarksfjärdens yta 15 km^2 och Yttre reddens yta 26 km^2 (VISS, 2022b; VISS, 2022c). Om dessa ytor skulle användas i riktvärdesmodellen skulle det kunna ge orimligt höga riktvärden för skydd av ytvatten. För att inte underskatta risken bedömer WSP att det är lämpligast att använda de generella ingångsvärdena avseende områdets storlek, recipientens storlek, grundvattenbildning och omsättning. Dessa

ingångsvärden ger en utspädning från porvatten till ytvatten på 4 000 gånger, vilket bedöms vara mycket konservativt. Den verkliga utspädningen är sannolikt betydligt större än så.

Tillsynsmyndigheten anser att parametrarna i riktvärdesmodellen under ”jord och grundvattenparametrar” ska ändras till genomsläppliga parametrar så att porositeten blir 0,35. Detta redovisas i bilaga 7a.

Vid framtagande av PRV kan man utgå från modellparametrarna för antingen KM eller MKM. Dessa har t.ex. olika ingångsvärden för exponerad hudyta, genomsnittligt intag av jord m.m. WSP bedömer att förhållandena på området vid bostadsändamål i stort sett följer de ingångsvärden som används för de generella riktvärdena för KM, och att utgångspunkten i PRV bör utgå från modellparametrarna för KM.

WSP bedömer vidare att en rimlig antagen exponeringstid för både barn och vuxna motsvarar de exponeringstider som används i de generella riktvärdena för KM. I de generella riktvärdena för KM antas dock att 10 % av de grönsaker som intas kommer från det förorenade området. Eftersom det endast planeras flerbostadshus på området bedömer WSP att odling sannolikt bara kommer att ske i begränsad omfattning. Det bedöms dock att en viss odling kan komma att bedrivas, och för att inte underskatta risken antas andelen till 5 %. Detta är vad som bedöms motsvaras av intaget från enstaka fruktträd, bärbuskar och grönsaker (Stockholms stad, 2019).

WSP bedömer att inget intag av dricksvatten från området är aktuellt, eftersom det finns kommunalt vatten på platsen. Det bedöms även osannolikt att det kommer bli aktuellt med dricksvattenuttag från platsen i framtiden, eftersom området ligger mitt i en tätort, samt är havsnära.

Skyddsvärdet för grundvattnet bedöms vara begränsat. Det bedöms ej troligt att grundvattnet inom området kommer att användas för dricksvattenuttag nu eller i framtiden, delvis p.g.a. att det är beläget i en tätort, men också p.g.a. det är mycket nära till havet, med risk för havsvatteninträngning. Grundvattnet bedöms således framför allt vara indirekt skyddsvärt, i egenskap av spridningsmedium. Därför beaktas ej skyddsvärde för grundvattnet i de platsspecifika riktvärdena.

Skyddet av markmiljön syftar till att ekosystemet ska kunna upprätthålla de funktioner som förväntas baserat på den planerade markanvändningen i ett område, samt till att skydda hotade eller skyddsvärda arter. I de generella riktvärdena för KM baseras riktvärdet för skydd av markmiljön på att minst 75 % av marklevande arter skyddas, och i de generella riktvärdena för MKM baseras riktvärdet på att 50 % av arterna skyddas. Markmiljön inom planområdet bedöms ha ett begränsat skyddsvärde, eftersom det består av fyllnadsmassor med inblandning av byggrester. Detta bedöms i sig påverka förutsättningarna för ett naturligt fungerande ekosystem. Baserat på att planerad markanvändning är flerbostadshus bedöms ett skydd av markmiljön motsvarande MKM upprätthålla de ekosystemfunktioner som krävs för markanvändningen.

Ingångsvärden som ändrats i jämförelse med de generella riktvärdena för KM redovisas i Tabell 12.

Tabell 12. Ingångsvärden för platsspecifika riktvärden

Scenario	PRV	KM
Intag av växter	5 %	10 %
Intag av dricksvatten	Nej	Ja
Skydd av grundvatten	Nej	Ja
Skydd av markmiljö	Ja 50 %	Ja 75 %

11.3.2 Föreslagna PRV

Föreslagna PRV redovisas i Tabell 13. I bilaga 5 och bilaga 6 redovisas uttagsrapport samt riktvärdesflik från beräkningsverktyget.

Tabell 13. Föreslagna platsspecifika riktvärden (mg/kg TS)

Ämne	Hälsoriskbaserat riktvärde	Skydd mot fri fas	Skydd av markmiljö	Skydd av ytvatten	Avrundat riktvärde
Arsenik	2,4		40	360	10*
Barium	700		300	48 000	300
Bly	73		400	3 600	50[5]
Kadmium	2,1		12	16	2,0
Kobolt	35		35	240	35
Koppar	4 000		200	2 400	200
Krom	74 000		150	1 800	150
Nickel	270		120	1 200	120
Zink	5 000		500	9 600	500
Kvicksilver	0,33		10	2,4	0,35
PCB7	0,014	10	0,6	1,5	0,015
Alifater >C16-C35	52 000	2 500	1 000	Ej begr.	1 000
Aromater >C10-C16	270	500	15	530	15
Aromater >C16-C35	290	250	40	67	40
PAH-M	3,6	250	40	110	3,5
PAH-H	1,7	50	10	150	1,8

11.3.3 Riktvärden för korttidsrisker och akuta hälsorisker

Utöver riktvärden för bedömning av långtidsrisker finns för vissa hälsofarliga ämnen som kan förekomma inom förorenade områden i halter som kan utgöra en risk vid ett enstaka intag av jord även generella riktvärden för bedömning av acceptabel engångsdos vid intag av förorenad jord. Detta

[5] Enligt önskemål från tillsynsmyndigheten

förekommer för några av påträffade ämnen inom Gräsvik såsom arsenik, bly, kadmium, PAH-H och PCB och redovisas sammanställt i Tabell 14.

Acceptabla akuttoxiska nivån för arsenik (100 mg/kg TS) är framtagen för att skydda ett litet barn (10 kg) vid ett större intag av jord (5 g) mot övergående akuttoxiska effekter såsom illamående och kräkningar. Korttidsriktvärdena för bly, kadmium, PAH-H och PCB är framtagna för att skydda mot enstaka intag av jord, som kan ge risker på sikt på grund av exponering för en enstaka hög dos. Dessa korttidsriktvärden baseras, såsom akuttoxisk nivå för arsenik, på att ett litet barn (10 kg) vid ett tillfälle får i sig 5 g jord samt att denna dos inte ska överskrida det tolerabla intaget över ett år vid en genomsnittlig exponering (Kemakta, 2016). I årsdosen beaktas ämnets uppehållstid i kroppen.

11.4 RISKKARAKTERISERING

I detta avsnitt jämförs representativa halter för jord med föreslagna PRV, maxhalter med riktvärden för akuta hälsorisker och korttidsexponering, samt beräknad belastning på recipienten med akvatiska fotavtryck och arealförlust.

11.4.1 Akuta hälsorisker och korttidsexponering

Med akuttoxiska effekter avses de första symptom som uppkommer vid exponering av höga halter av ett ämne under ett tillfälle eller en kort tid. Av den förorening som påvisats inom Gräsvik finns för arsenik en acceptabel akuttoxisk nivå. Inga halter av arsenik över eller i nivå med akuttoxisk nivå har påvisats. Baserat på tillgängligt underlag bedöms det sannolikt inte finnas några akuta hälsorisker på området.

Utöver akuttoxiska risker finns även riktvärden för korttidsexponering. Detta värde beskriver risken för att en exponering av föroreningar vid ett enda tillfälle ska kunna orsaka en dos i en individ (barn) som motsvarar hela det tolererbara intaget för en längre period. I Naturvårdsverkets uppdaterade riktvärdesmodell (version 2.0.1) har ett nytt riktvärde för korttidsexponering tagits fram för vissa ämnen. Dessa finns bl.a. för bly, kadmium, PAH-H och dioxin och är till för att ge ett skydd för att en enstaka exponering av mycket höga halter inte ska innebära oacceptabla risker på sikt.

Av påvisad förorening inom Gräsvik finns korttidsriktvärden för bly, kadmium, PAH-H och PCB. För kadmium, PAH-H och PCB har inga halter påvisats över nivån för korttidsriktvärdet. För bly har halter över korttidsriktvärdet påvisats i totalt 3 av 71 prov.[6]

I Tabell 14 redovisas riktvärden för korttidsexponering och akuttoxicitet tillsammans med maxhalter.

[6] Uttagsrapport för nya riktvärden för bly visas i bilaga 7b.

Tabell 14. Generella riktvärden för bedömning av akuttoxicitet och korttidsexponering tillsammans med maxhalter (mg/kg TS).

Ämne	Korttidsexponering	Acceptabel akuttoxisk nivå	Maxhalt
Arsenik	-	100	22
Bly	1 000	-	1 300
Kadmium	250	-	7,9
PAH-H	300	-	14
PCB	3	-	0,1

För bly är riktvärdet för korttidsexponering 1 000 mg/kg TS. Den högsta blyhalten som uppmätts i den nu genomförda undersökningen är 1 300 mg/kg TS, alltså högre än riktvärdet vilket gör att det inte går att utesluta risker för att små barn exponeras för blyförorenad jord med halter över korttidsriktvärdet. Sett till hela området är sannolikheten för detta emellertid väldigt liten eftersom de flesta halter är betydligt lägre. En beräkning med programvaran Crystal Ball®, som anpassar uppmätta halter till en fördelning, visar att sannolikheten för att påträffa blyhalter över 1 000 mg/kg TS på hela området, för samtliga djup, är ca 0,3%. Sett till blyhalterna i den ytligaste jorden (0-0,5 meter under markytan) är sannolikheten endast 0,11%.

I höghaltsområdena har ingen sannolikhet beräknats, eftersom det bedöms vara för få prov tagna i de områdena. Sammantaget bedöms dock att det är större risk att påträffa blyhalter över korttidsriktvärdet i området runt skjutbanan, eftersom skjutbanor ofta utgör punktkällor till bly, samt att tidigare undersökningar har visat på detta. Vid hopptornet är det svårt att göra någon ytterligare bedömning eftersom endast ett prov analyserats där.

11.4.2 Långsiktiga miljö- och hälsorisker

Jord

I Tabell 15 görs en jämförelse mellan representativa medelhalter och föreslagna PRV för utredningsområdet exklusive identifierade höghaltsområden (hopptornet, skjutbanan/brandövningsbunkern).

Tabell 15. Jämförelse mellan representativa medelhalter (UCLM95) och delriktvärden för olika skyddsobjekt samt sammanvägda platsspecifika riktvärden (mg/kg TS) för utredningsområdet exklusive identifierade höghaltsområden. Representativa medelhalter som överskrids markeras med fet stil. Delriktvärden redovisas för att förtydliga styrande skyddsobjekt för de sammanvägda riktvärdena. Styrande riktvärde markeras med understruken text.

Ämne	Platsspecifika riktvärden (PRV)					Representativ medelhalt (UCLM95)
	Hälsorisk-baserat riktvärde	Skydd mot fri fas	Skydd av markmiljö	Skydd av ytvatten	Föreslaget sammanvägt PRV	
Arsenik	2,4	-	40	360	10*	2,8
Bly	<u>18</u>	-	400	3 600	50	**205**

Koppar	4 000	-	200	2 400	200	71
Kvicksilver	0,33	-	10	2,4	0,35	0,11
PCB7	0,014	10	0,6	1,5	0,015	**0,02**
Alifater >C16-C35	52 000	2 500	1 000	Ej begr.	1 000	51
Aromater >C10-C16	270	500	15	530	15	0,64
PAH-M	3,6	250	40	110	3,5	2,0
PAH-H	1,7	50	10	150	1,8	**2,3**

*Baseras på bakgrundshalt

De representativa medelhalterna för bly, PCB och PAH-H överskrider de föreslagna platsspecifika riktvärdena. För bly styrs riktvärdet av det hälsoriskbaserade riktvärdet, med intag av jord som styrande exponeringsväg. För PCB och PAH-H styrs riktvärdena också av de hälsoriskbaserade riktvärdena, men med intag av växter som styrande exponeringsväg. Inga representativa halter överskrider riktvärdena för skydd av markmiljön, spridning till ytvatten eller skydd mot fri fas.

För övriga ämnen underskrider de representativa halterna föreslagna platsspecifika riktvärden.

I Tabell 16 görs en jämförelse mellan representativa halter (maxhalter) och platsspecifika riktvärden (PRV) för de identifierade höghaltsområdena, hopptornet och skjutbanan/brandövningsbunkern.

Tabell 16. Jämförelse mellan representativa halter och platsspecifika riktvärden (mg/kg TS) för identifierade höghaltsområden: hopptornet och skjutbanan/brandövningsbunkern. Representativa halter som överskrider PRV markeras med fet stil. Delriktvärden redovisas för att förtydliga styrande skyddsobjekt för de sammanvägda riktvärdena. Styrande riktvärde markeras med understruken text.

Ämne	Platsspecifika riktvärden (PRV)					Representativa halter (maxhalter)	
	Hälsorisk-baserat riktvärde	Skydd mot fri fas	Skydd av markmiljö	Skydd av ytvatten	Föreslaget PRV	Representativ halt, hopptornet	Representativ halt, skjutbana/ brandövningsbunker
Arsenik	2,4	-	40	360	10*	4,9	**22**
Barium	700	-	300	48 000	300	49	**1 600**
Bly	18	-	400	3 600	50	**820**	**1 100**
Kadmium	2,1	-	12	16	2,0	0,38	**7,9**
Kobolt	35	-	35	240	35	3,1	19
Koppar	4 000	-	200	2 400	200	130	**550**
Krom	74 000	-	150	1 800	150	11	150
Nickel	270	-	120	1 200	120	10	110
Zink	5 000	-	500	9 600	500	150	**7 100**
Kvicksilver	0,33	-	10	2,4	0,35	**0,38**	0,27
PCB7	0,014	10	0,6	1,5	0,015	-	**0,026**

Alifater >C16-C35	52 000	2 500	1 000	Ej begr.	1 000	73	330
Aromater >C10-C16	270	500	15	530	15	1,3	**19**
Aromater >C16-C35	290	250	40	67	40	2,4	20
PAH-M	3,6	250	40	110	3,5	**9**	**9,2**
PAH-H	1,7	50	10	150	1,8	**7,5**	**11**

*Baseras på bakgrundshalt

I området vid hopptornet visar jämförelsen att representativa halter (maxhalter) överskrider platsspecifika riktvärden för främst bly, PAH-M och PAH-H. För bly överskrids både det hälsoriskbaserade riktvärdet och riktvärdet för skydd av markmiljön. Bly styrs av exponeringsvägen intag av jord. För PAH-M och PAH-H är det enbart de hälsoriskbaserade riktvärdena som överskrids. PAH-M styrs av exponeringsvägen inandning av ånga inomhus, medan PAH-H styrs av exponeringsvägen intag av växter. Halter av kvicksilver ligger strax över PRV, men då den representativa halten utgörs av ett prov går risker avseende kvicksilver inte att utesluta med nuvarande underlag. Riktvärdet för kvicksilver är styrt av hälsorisker via exponering inandning ånga inomhus.

I området vid skjutbanan/brandövningsbunkern visar jämförelsen att representativa halter (maxhalter) överskrider platsspecifika riktvärden för arsenik, barium, bly, kadmium, koppar, zink, PCB, aromater >C10-C16, PAH-M och PAH-H. För barium, bly, zink och PAH-H överskrids både de hälsoriskbaserade riktvärdena och riktvärdena för skydd av markmiljön. För arsenik, kadmium, kvicksilver, PCB och PAH-M överskrids endast de hälsoriskbaserade riktvärdena. De hälsoriskbaserade riktvärdena för arsenik och barium styrs av exponeringsvägen intag av jord, medan de för kadmium, zink och PCB styrs av intag av växter. För aromater >C10-C16 och koppar överskrids riktvärdena för skydd av markmiljön.

Ingen av halterna i höghaltsområdena överskrider riktvärden för fri fas eller skydd av ytvatten.

11.4.3 Spridning/belastning på ytvatten

Jämförelse med akvatiska fotavtryck

För att ge en indikation på om den beräknade belastningen på recipienten är hög eller låg har belastningen räknats om till s.k. akvatiska fotavtryck, enligt metod i SGI:s *Bedömning av förorenade områdens belastning på yt- och grundvatten* (2021). Metoden ger en indikation på belastningens storlek oavhängigt recipientens storlek, och bedöms vara användbar i detta fall, eftersom det är mycket svårt att uppskatta/avgränsa den aktuella recipientens storlek. Det akvatiska fotavtrycket beräknar den volym vatten som potentiellt kan förorenas av en viss belastning, och utgår från effektbaserade haltkriterier. Beräkningen har gjorts för de ämnen där det finns årsmedelvärden/maximalt tillåtna koncentrationer för god status fastställda i HVMFS 2019:25, och årsmedelvärden/maximalt tillåtna

koncentrationer som gränsvärden för kemisk ytvattenstatus i HVMFS 2019:25.

Beräkningen har gjorts både för belastningen baserat på medelhalter i jord och baserat på medelhalter i grundvatten.

Det akvatiska fotavtrycket bör sättas i relation till storleken på recipienten, vilket kan vara svårt att göra med en så pass stor recipient som ett hav. Generellt är dock en rimlig utgångspunkt att ett fotavtryck på mer än 1 m^3/s är att betrakta som en mycket hög belastning, och ett fotavtryck på omkring 0,01 m^3/s i allmänhet bör kunna betraktas som försumbar i en stor recipient (SGI, 2021).

Beräknade akvatiska fotavtryck redovisas i Tabell 17.

Tabell 17. Beräknade akvatiska fotavtryck för ämnen där effektbaserade haltkriterier finns angivna i HVMFS 2019:25, samt kobolt.

Ämne	Akvatiskt fotavtryck m^3/s, baserat på medelhalter i jord	Akvatiskt fotavtryck m^3/s, baserat på medelhalter i grundvatten
Bly*	0,03	0,00006
PFAS11**	-	0,00013

*Baserat på gränsvärde för kemisk ytvattenstatus (årsmedelvärde)

**Baserat på god status i kustvatten (maximalt tillåten koncentration)

Vid jämförelse med akvatiska fotavtryck framgår att belastningen för bly potentiellt kan betraktas som högre, i den beräkning som baseras på halter i jord. Belastningen baserat på halter i grundvatten för både bly och PFAS kan betraktas som liten. Då halter i grundvatten generellt bedöms ge en bättre bild av spridningen bedöms att belastningen i allmänhet kan betraktas som liten.

Jämförelse med arealförlust från olika marktyper

Ytterligare ett sätt att ge en indikation på om den beräknade belastningen på recipienten är hög eller låg är att jämföra den s.k. arealförlusten från området. Arealförlust är den mängd av en förorening som potentiellt kan läcka ut från ett område per hektar yta och år. Jämförelse görs i det här fallet mot schablonvärden för arealförlust från olika marktyper i Sverige (Naturvårdsverket, 2006). Beräkningen av arealförlust har gjorts både för belastningen baserat på medelhalter i jord och baserat på medelhalter i grundvatten för bly, som är det enda av de aktuella ämnena där Naturvårdsverket har beräknat arealförlust för olika marktyper.

Beräknad arealförlust redovisas i Tabell 18. Jämförelsen visar att uppskattad arealförlust för bly är lägre än vad som antas läcka ut från en tätort. För belastningen baserat på medelhalter i jord är den högre än vad som antas läcka ut från jordbruksmarker och skogsmarker. Baserat på medelhalter i grundvatten är den dock lägre än vad som antas läcka ut från jordbruks- och skogsmarker.

Tabell 18. Jämförelse av beräknad arealförlust (g/ha, år) från Gräsvik mot schablonvärden för olika marktyper i Sverige.

	Arealförlust Gräsvik		Jämförvärden				
	Baserat på medelhalter i jord	Baserat på medelhalter i grundvatten	Förorenade områden – Kd-värden	Förorenade områden – Lakförsök	Tätort	Jordbruksmark	Skogsmark
Bly	83	0,14	1 800	2 800	100	2	2

11.5 SAMMANVÄGD RISKBEDÖMNING

I detta kapitel sammanfattas behov av riskreduktion med utgångspunkt i planerad markanvändning (bostadsändamål) för undersökta områden.

11.5.1 Utredningsområdet exklusive höghaltsområden

Enligt WSPs bedömning går det inte att utesluta att det finns oacceptabla långsiktiga hälsorisker med avseende på förorening i jord generellt inom Gräsvik vid omvandling av området för bostadsändamål, då representativa halter i jord av bly, PCB och PAH-H överskrider föreslagna platsspecifika riktvärden. Det innebär att de föreslagna åtgärdsmålen att området ska kunna nyttjas för bostadsändamål och att föroreningar inom området inte ska ge upphov till oacceptabla hälsorisker för framförallt boende ej bedöms uppfyllas. De halter av bly över korttidsriktvärdet som påvisats bedöms ej medföra några oacceptabla hälsorisker, då de endast påvisats i ett fåtal provpunkter, och sannolikheten att exponeras för dem bedömts vara låg.

Det bedöms inte finns några oacceptabla risker för markmiljön, baserat på att inga representativa halter överskrider platsspecifika riktvärden för skydd av markmiljön. Åtgärdsmålet att markmiljön ska skyddas för att uppfylla den funktion som behövs för planerad markanvändning bedöms därmed uppfyllas.

Sammanfattningsvis bedöms att det sannolikt finns behov av riskreducerande åtgärder för att skydda människors hälsa vid planerad markanvändning.

11.5.2 Höghaltsområden

Vid hopptornet går det inte att utesluta oacceptabla långsiktiga hälsorisker med avseende på bly, kvicksilver, PAH-M och PAH-H vid planerad markanvändning för bostadsändamål. Vidare bedöms att det inte går att utesluta oacceptabla risker för människors hälsa på kort sikt med avseende på halter av bly. Det kan inte uteslutas att blyhalterna lokalt inom detta område kan påverka markmiljön negativt.

Vid skjutbanan/brandövningsbunkern går det inte att utesluta oacceptabla långsiktiga hälsorisker med avseende på arsenik, barium, bly, kadmium, zink, PCB, PAH-M och PAH-H. Vidare går det inte att utesluta oacceptabla risker för människors hälsa på kort sikt med avseende på halter av bly. Det kan inte uteslutas att halter av barium, bly, koppar, zink, aromater >C10-C16 och PAH-H kan påverka markmiljön negativt.

Detta medför att de föreslagna åtgärdsmålen att de båda områdena ska kunna nyttjas för bostadsändamål, att föroreningar inom området inte ska ge upphov till oacceptabla hälsorisker och att markmiljön ska kunna uppfylla den funktion som behövs för planerad markanvändning sannolikt ej uppfylls. Bedömningen är dock baserad på ett fåtal prov, och båda områdena bör därför utredas vidare. Det går inte att utesluta korttidsrisker för hälsa avseende bly även med nuvarande markanvändning, då aktuella områden idag används för rekreation och marken inte är hårdgjord. En oacceptabel livstidsbelastning av bly kan uppstå om människor exponeras för den förorenade jorden via intag av jord. Risken att exponeras är störst för små barn som har en benägenhet att stoppa saker i munnen.

Sammanfattningsvis bedöms att det finns behov av riskreducerande åtgärder både med planerad och nuvarande markanvändning avseende främst skydd av människors hälsa, men även avseende skydd av markmiljön.

11.5.3 Belastning på recipienten

Belastningen på recipienten bedöms utifrån platsspecifika riktvärden för skydd av ytvatten samt gjorda jämförelser med akvatiska fotavtryck och arealförlust vara acceptabel. Visserligen är det akvatiska fotavtrycket baserat på halter i jord för bly något högre än vad som kan anses vara försumbart, men beräkningen baserat på halter i grundvatten bedöms vara säkrare än beräkningen baserat på halter i jord. Arealförlusten visar på en belastning som är mindre än vad som schablonmässigt kan antas spridas från tätorter i Sverige. Grundvattenprover tyder på att inga halter av alifater eller PAH förekommer i grundvattnet.

Sammanfattningsvis bedöms att föreslagna åtgärdsmål avseende föroreningsspridning från området uppfylls, och att det ej finns behov av riskreducerande åtgärder med avseende på föroreningsspridning.

11.5.4 PFAS

Det bedöms att föroreningssituationen och miljö- och hälsorisker avseende PFAS vid brandövningsbunkern bör utredas ytterligare, eftersom utbredningen och förekomsten av halter är dåligt känd. Baserat på utförd undersökning går det inte att utesluta oacceptabla risker för människors hälsa och miljön samt att föreslagna åtgärdsmål inte uppfylls med avseende på PFAS. Fortsatta undersökningar behövs för att bedöma behov av riskreduktion.

11.6 OSÄKERHETER

I detta kapitel sammanställs de osäkerheter och kunskapsluckor som identifierats i riskbedömningen, och som kan påverka bedömningen av risker och behov av riskreduktion.

Det finns alltid ett antal osäkra faktorer i en riskbedömning. En modell kan t.ex. aldrig visa verkligheten exakt så som den är.

11.6.1 Föroreningssituation

Aktuellt undersökningsområde är översiktligt undersökt och påvisad förorening är inte avgränsad i plan eller profil, vilket ger osäkerheter gällande förekomsten av och representativa halter av föroreningar.

Det finns en stor variation av halter inom området, med enstaka högre halter av vissa ämnen, och lägre halter. Området är också mycket stort, med många olika sorters historisk verksamhet. Detta ger osäkerheter i framtagandet av representativa halter. Osäkerheten har beaktats genom att beräkna representativa medelhalter eller genom att använda maxhalter.

PFAS har undersökts i enstaka punkter. Dataunderlaget är för litet för att med säkerhet kunna utvärderas avseende förekomst och risker.

Proverna från de olika undersökningarna har uttagits med olika provtagningsmetoder, skruvprovtagning med borrbandvagn respektive provgropar grävda med grävmaskin. Antalet delprov och volym som varje prov representerar varierar därmed, vilket kan påverka de beräknade representativa halterna.

Jordföroreningens förekomstform och därmed löslighet är inte känd, vilket kan ha betydelse för bedömningen av spridning till vatten och ånga.

11.6.2 Människors exponering av föroreningar

Jordföroreningens tillgänglighet för oralt upptag är inte känd, vilket främst kan ha betydelse för bedömningen av långsiktiga hälsorisker avseende bly.

Det TDI som används för bly i Naturvårdsverkets riktvärdesmodell för bedömning av långtidseffekter på hälsa, 3,5 µg/kg kroppsvikt och dag (Naturvårdverket, 2009a; Naturvårdsverket, 2016), drogs tillbaka av WHO 2010 då det inte bedömdes vara hälsosäkert. Istället förordas av EFSA en lågrisknivå baserad på forskningsgenomgång (EFSA, 2010) om 0,5 µg/kg kroppsvikt och dag, vilket motsvarar en lågrisknivå för försämrad intellektuell kapacitet hos barn. Detta TDI-värde har använts av Naturvårdsverket vid framtagande av korttidsriktvärde för hälsa för bly (Naturvårdsverket, 2009a; Naturvårdsverket, 2016; Kemakta, 2016).

11.6.3 Effekter på markmiljön

Markmiljöns nuvarande status (arter, näring, respiration m.m.) och föroreningens tillgänglighet är inte känd, vilket ger osäkerheter i bedömningen av föroreningens effekter på markekosystemet. Eftersom behov av riskreduktion avseende markmiljö sammanfaller med behov av riskreduktion avseende människors hälsa har detta dock mindre betydelse för den sammantagna bedömningen av behov av riskreduktion.

11.6.4 Spridning till ytvatten

Spridningen av föroreningar med grundvattnet har beräknats med Naturvårdsverkets beräkningsmodell, samt med Darcys lag. Båda metoderna är relativt enkla och tar t.ex. inte hänsyn till fastläggning eller nedbrytning av föroreningar. Metoderna har gett stora skillnader i beräknad spridning från området. Halter i grundvatten kan variera mycket beroende på plats, nederbörd, temperatur etc., och antalet grundvattenprov är relativt begränsat och kanske inte representativt för hela utredningsområdet. Sammantaget

bedöms det finnas vissa osäkerheter avseende spridningsrisker. Bedömningar som utförts har dock baserats på konservativa antaganden samt spridningen bedömts baserat på två olika matriser.

12 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Utvärderingen av föroreningssituationen inom Gräsvik tyder på en generell föroreningsproblematik avseende främst bly, men även PCB, kopplat till fyllnadsmassor samt avseende PAH-H kopplat till atmosfärisk deposition. Vidare tyder utvärderingen på att det finns delar av Gräsvik med högre föroreningshalter som till del kan kopplas till tidigare verksamheter. Två delområden som bör utredas vidare har identifierats; den gamla skjutbanan och brandövningsbunkern samt området där det tidigare funnits ett hopptorn.

Sammanfattningsvis bedöms att det sannolikt finns behov av riskminskande åtgärder på området och att detta bör utredas ytterligare i respektive delområde inför planläggning/exploatering. I det fall man i enstaka delområden ej planlägger för just bostadsändamål bör separata riskbedömningar tas fram för dessa områden. Ytterligare utredning av föroreningssituationen rekommenderas särskilt för området vid den gamla skjutbanan och brandövningsbunkern, där avvikande fyllnadsmassor och högre föroreningshalter av vissa ämnen påvisats, samt vid området där det tidigare funnits ett hopptorn.

Behov av riskreduktion finns främst avseende människors hälsa och främst avseende bly. Riskerna bedöms vara störst inom identifierade höghaltsområden, där det även kan finnas behov av riskreduktion med nuvarande markanvändning samt för att skydda markmiljön. Inget behov av riskreduktion bedöms förekomma avseende spridning av föroreningar till recipienten.

Det bör inför eventuell exploatering säkerställas att halter av bly över korttidsriktvärdet ej frekvent finns i ytlig jord där människor kan komma i kontakt med denna. Vidare rekommenderas den humana biotillgängligheten utredas.

Eventuell utbredning och risker avseende PFAS bör utredas ytterligare. Med nuvarande underlag kan risker avseende PFAS inte uteslutas.

Den som äger eller brukar en fastighet ska oavsett om området tidigare har ansetts förorenat genast underrätta tillsynsmyndigheten om det upptäcks en förorening på fastigheten och denna kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön. WSP rekommenderar att rapporten delges den lokala tillsynsmyndigheten.

Risker avseende nuvarande markanvändning rekommenderas diskuteras med tillsynsmyndigheten för att besluta om tillfälliga åtgärder bör vidtas inför mer permanenta åtgärder.

13 REFERENSER

EFSA, 2010. Scientific opinion in lead in Food, EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). Uppdaterad 2013. EFSA Journal 2010;8(4):1570.

Förorenade områden, 2021a. Kobolt (Co). Hämtad 2022-09-02: http://fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/metaller/kobolt

Förorenade områden, 2021b. Koppar (Cu). Hämtad 2022-09-02: http://fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/metaller/koppar

Förorenade områden, 2021c. Krom (Cr). Hämtad 2022-09-02: https://www.fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/metaller/krom

Förorenade områden, 2021d. Kvicksilver (Hg). Hämtad 2022-09-02: https://www.fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/metaller/kvicksilver

Förorenade områden, 2021e. Nickel (Ni). Hämtad 2022-09-02: http://fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/metaller/nickel

Förorenade områden, 2021f. Zink (Zn). Hämtad 2022-09-02: http://fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/metaller/zink

Förorenade områden, 2021g. PAH. Hämtad 2022-09-02: http://fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/pah

Förorenade områden, 2021h. PCB. Hämtad 2022-09-02: http://fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/pcb

Förorenade områden, 2021i. Alifater. Hämtad 2022-09-02: https://www.fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/alifater

Förorenade områden, 2021j. Aromater. Hämtad 2022-09-02: https://www.fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/aromater

Förorenade områden, 2022a. PFAS. Hämtad 2022-09-02: http://fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/pfas

Förorenade områden, 2022b. Arsenik (As). Hämtad 2022-09-02: http://fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/metaller/arsenik

Förorenade områden, 2022c. Barium (Ba). Hämtad 2022-09-02: https://www.fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/metaller/barium

Förorenade områden, 2022d. Bly (Pb). Hämtad 2022-09-02: https://www.fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/metaller/bly

Förorenade områden, 2022e. Kadmium (Cd). Hämtad 2022-09-02: https://www.fororenadeomraden.se/index.php/aemnen/metaller/kadmium

HVMFS, 2019. HVMFS 2019:25, Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten

IVL, 2018. Påverkan från naturligt organiskt material i GC-MS analyser, Petroleumförorenade jord- och vattenprover, rapport C-305

Kemakta, 2016. PM – Modellbegränsningar. Förslag till värden som begränsar extrema riktvärden. Daterad 2016-06-29

Livsmedelsverket, 2001. Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten, SLVFS 2001:30

Naturvårdsverket, 1999. Metodik för inventering av förorenade områden, rapport 4918

Naturvårdsverket, 2006. Bedömning av riskreduktion vid efterbehandling, fas 1, rapport 5540

Naturvårdsverket, 2009a. Riktvärden för förorenad mark, rapport 5976

Naturvårdsverket, 2009b. Riskbedömning av förorenade områden, rapport 5977

Naturvårdsverket, 2009c. Provtagningsstrategier för förorenad jord, rapport 5888

Naturvårdsverket, 2016. Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark, tabell publicerad i juni 2016 på www.naturvardsverket.se

Naturvårdsverket, 2022. Kartverktyget Skyddad Natur, hämtad 2022-08-08: https://skyddadnatur.naturvardsverket.se/

Norconsult, 2022. Dagvattenutredning till detaljplan för Grenadjären 1 m.fl., Grenadjären 55 m.fl., Grenadjären 57 m.fl., och del av Karlskrona 5:7 m.fl. i Gräsvik, daterad 2022-06-03

Riksantikvarieämbetet, 2022. Fornsök, hämtad 2022-08-08: https://app.raa.se/open/fornsok/

RIVM, 2009. Ministry of housing, Spatial Planning and the Environment. ANNEXES Circular on target values and intervention values for soil remediation

SGI, 2018. Klassning av förorenade jordmassor in situ, SGI Publikation 40

SGI, 2015. Preliminära riktvärden för högfluorerade ämnen (PFAS) i mark och grundvatten, SGI Publikation 21

SGI, 2022. SGI vägledning 6, Riktvärden för PFAS i mark och grundvatten, remissversion 2022-05-31

SGI, 2021. Bedömning av förorenade områdens belastning på yt- och grundvatten, 2021-12-14

SGU, 2013. Bedömningsgrunder för grundvatten. SGU rapport 2013:01

SGU, 2022a. Jordartskartan, hämtad 2022-08-05: https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100.html

SGU, 2022b. Jorddjupskartan, hämtad 2022-08-05: https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jorddjup.html?zoom=534593.9209678617,6225641.6157624135,538894.7295694788,6227752.8199848225

SGU, 2022c. Berggrundskartan, hämtad 2022-08-05: https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-berg-50-250-tusen.html?zoom=535711.972433605,6226042.862878686,537862.3767344137,6227098.464989889

SGU, 2022d. Grundvattenmagasin, hämtad 2022-08-05: https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-grundvattenmagasin.html?zoom=534751.0104775014,6225588.981953835,539051.8190791185,6227700.186176244

SGU, 2022e. Brunnskartan, hämtad 2022-08-05: https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-brunnar.html?zoom=531411.1638319879,6223931.658656277,542163.1853360308,6229209.6692122985

SLU, 2009. Bakgrundshalter av metaller i svenska inlands- och kustvatten, rapport 2009:12

SPI, 2011. SPI Rekommendation, Efterbehandling av förorenade bensinstationer och dieselanläggningar

Stockholms stad, 2019. Storstadsspecifika riktvärden för jord i Stockholm, Exploateringskontoret, Miljöförvaltningen

VISS, 2022a. Vattenkartan, hämtad 2022-08-05: https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=1589fd5a099a4e309035beb900d12399

VISS; 2022b. Danmarksfjärden, hämtad 2022-08-05: https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA18227381

VISS, 2022c. Yttre Redden, hämtad 2022-08-05: https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA70647929

WSP, 2007. Rapport, Planområde Gräsvik, Översiktlig miljöteknisk markundersökning, daterad 2007-11-07

WSP, 2008a. PM, Planområde Gräsvik, Karlskrona, Miljöteknisk markundersökning, daterad 2008-02-22

WSP, 2008b. Rapport, Planområde Gräsvik, Karlskrona, Översiktlig miljöteknisk markundersökning – provtagningsomgång 2, daterad 2008-01-16

WSP, 2010. Rapport, Planområde Gräsvik, Karlskrona, Saneringskontroll, daterad 2010-07-02

WSP, 2009a. Rapport Översiktlig miljöteknisk markundersökning Grenadjären 57, Karlskrona, Kruthusen företagsfastigheter AB, daterad 2009-04-17

WSP, 2009b. PM Översiktlig miljöteknisk markundersökning Grenadjären 57, Karlskrona, Kruthusen företagsfastigheter AB, daterad 2009-04-17

WSP, 2009c. Kompletterande miljötekniska analyser av jord, Grenadjären 57, Karlskrona, Kruthusen företagsfastigheter AB, daterad 2009-09-02

WSP, 2020a. Översiktlig miljöteknisk markundersökning, Grenadjären 64 m.fl., Gräsvik, Karlskrona kommun, daterad 2020-05-15

WSP, 2020b. Översiktlig miljöteknisk markundersökning, Grenadjären 57, Gräsvik, Karlskrona kommun, daterad 2020-10-16

WSP, 2020c. Riskbedömning Gräsvik, Grenadjären 64 m.fl., Karlskrona kommun, daterad 2020-09-16

WSP, 2021. Översiktlig miljöteknisk markundersökning, Gräsvik, Karlskrona kommun, daterad 2021-12-21, reviderad 2022-04-08

VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 50 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

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

wsp.com

WSP Sverige AB

Högabergsgatan 3

371 34 Karlskrona

Besök: Högabergsgatan 3

T: +46 10-722 50 00

wsp.com