

Kungens kurva – Kv. Diametern 2 m.fl.

Riskbedömning avseende sulfidförande berg

Författare	Elin Waara
Beställare:	Structor Geoteknik Stockholm AB
Beställarens projektnummer:	G17012
Konsultbolag:	Structor Miljöteknik AB
Uppdragsnamn:	Kungens kurva – Kv. Diametern 2 m.fl.
Uppdragsnummer:	6900-006
Datum:	2020-06-16
Uppdragsledare:	Ulrika Martell
Handläggare/utredare:	Elin Waara
Granskare:	Ulrika Martell
Status:	Rapport

Sammanfattning

Bakgrund och syfte

Huddinge kommun arbetar med ett nytt planprogram för Diametern 2 m.fl. i Huddinge kommun. Programområdet ligger mellan handelsområdet Kungens kurva och Gömmarens naturreservat i Huddinge kommun, strax utanför Stockholms stad i Stockholms län. Structor Miljöteknik AB har på uppdrag av Bostadsutveckling Kungens kurva AB (via Structor Geoteknik Stockholm AB) utfört en miljöteknisk undersökning samt riskbedömning för återanvändning av krossat berg med höga halter sulfid. Uppdragets syfte är att för Kv. Diametern 2 m.fl. utföra riskbedömning för miljöaspekter vid återanvändning av krossat berg från området vid byggnation av vägar och utfyllnad av kvartersmark. Totalt planeras det för ca 75 000 m³ bergschakt.

Problembeskrivning

Utlakning av sulfidförande berg kan utgöra risk för påverkan på grund- och ytvatten och markecosystemen på plats. Risk finns även att utlakade ämnen, metaller, sprids och fastläggs på annan plats, vilket kan leda till förhöjda halter i jordmaterial. Detta ökar risker för hälsopåverkan från ämnena vid användning av den mark/jord som förorenats av utlakningen.

Karakterisering av berget

Sex borrhälsar har tagits från områden som karakteriserats som metagråvacka samt den gravt vittrade zonen. Karakterisering av berget visar att svavelhalten är ”något förhöjd” till ”förhöjd”. För bedömning av påverkan från sulfidhaltiga massor har Trafikverkets rapport 2015:057, Handbok för hantering av sulfidförande bergarter, använts. Som tillägg har man bedömningen även analyserats bergets neutraliseringsförmåga.

Slutsats och rekommendation

Denna riskbedömning utgår från att berget särhålls baserat på bergets karakterisering och egenskaper. Därför ska upplagt bergkross från det gravt vittrade området inte blandas ihop med det övriga bergkrosset. Det är av särskilt stor vikt att massor från punkt 1, 2 och 4 särhålls, då riskbedömningen visar att detta berg är eller åtminstone kan vara syraproducerande.

Det sulfidhaltiga bergkrosset kommer att läggas på upplag inom delar av programområdet där lera förekommer, främst i den nordvästra delen, vilket förhindrar spridning av lakvatten. Diken runt upplagen gör det möjligt att utföra kontrollerad lakvattenprovtagning för att bedöma bergkrossets förurningsförmåga. När materialet legat upplagt 1-2 år krossas det till tänkt storlek och används direkt på sin slutliga plats täcks av byggnader eller hårdgjorda ytor med täta ytskikt.

Innehåll

1. Bakgrund och syfte	6
2. Förutsättningar	7
2.1. Planprogram Kv. Diametern 2 m.fl.	7
2.2. Planerad bergschakt och återanvändning av bergskross	8
2.3. Problembeskrivning	10
2.3.1. Sulfidmineral	10
2.3.2. Oxidation av sulfidmineral	10
2.4. Skyddsobjekt	11
2.4.1. Grundvatten	11
2.4.2. Dagvattenhantering	12
2.4.3. Ytvatten	13
2.4.4. Markmiljö	15
2.4.5. Människor	15
3. Karakterisering av berget	16
3.1. Geologiska och hydrologiska förhållanden	16
3.2. Sulfidhalt i berg	19
4. Förslag till bedömningsgrunder	20
4.1. Försurningspotential och försurningsförmåga	20
4.1.1. Syrabildningspotential	21
4.2. Försurningskänslighet	22
4.3. Riskklassificering av miljöpåverkan	22
4.4. Kemisk status - grundvatten	23
5. Riskbedömning	24
5.1. Bergets försurningspotential	24
5.2. Bergets försurningsförmåga	25
5.3. Försurningskänsligheten i yt- och grundvatten	26
5.3.1. Grundvatten	26
5.3.2. Ytvatten	27
6. Sammanfattande riskbedömning	28
6.1. Bedömning av kunskapsluckor	28
6.2. Inventering	28
6.3. Karakterisering av försurningsgrad	28
6.4. Riskklassificering av miljöpåverkan enligt Trafikverkets handbok	29
6.5. Förslag på hantering av bergmaterialet	30
7. Referenser	32
BIL 1 Provplan provtagning berg	34

BIL 2	Analysrapport – Berg	35
BIL 3	Analysrapport – ABA-Test.....	36
BIL 4	Analysrapport – Skakförsök.....	37
BIL 5	Provpan provtagning grundvatten	38
BIL 6	Analysrapport - Grundvatten	39

1. BAKGRUND OCH SYFTE

Huddinge kommun arbetar med ett nytt planprogram för Diametern 2 m.fl. i Huddinge kommun. Syftet med planprogrammet är att lägga en grund för att pröva möjligheten att förtäta Kungens kurva med bostäder som ett led i utvecklingen av den regionala stadskärnan. Programområdet ligger mellan handelsområdet Kungens kurva och Gömmarens naturreservat. Kungens kurva är ett stort handels- och industriområde i Huddinge kommun, strax utanför Stockholms stad i Stockholms län.

Structor Miljöteknik AB har på uppdrag av Bostadsutveckling Kungens kurva AB (via Structor Geoteknik Stockholm AB), utfört en miljöteknisk undersökning samt riskbedömning för återanvändning av krossat berg med höga halter sulfid för Kv. Diametern 2 m.fl, Kungens Kurva. Kontaktperson hos beställaren är Inga Medin Stein.

Uppdragets syfte är att för Kv. Diametern 2 m.fl. utföra riskbedömning för miljö- och hälsoaspekter vid återanvändning av krossat berg från området vid byggnation av vägar och utfyllnad av kvartersmark. Delar av berget inom området behöver sprängas för att möjliggöra för planerad exploatering och i exploateringsplanen förutsätts att detta berg tillvaratas och återanvänds på platsen efter krossning.

I uppdraget ingår inte att utreda arbetsmiljörisker i samband med planerade arbeten.

Denna rapport gäller för detta specifika uppdrag och får endast återges i sin helhet, om inte annat skriftligen i förväg överenskommits med aktuell uppdragsledare.

2. FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1. Planprogram Kv. Diametern 2 m.fl.

Programområdet är beläget i den södra delen av handelsområdet Kungens kurva i Huddinge kommun. Området sträcker sig från IKEA:s lokal för varuutlämning och Relacom lokaler m.fl. längs Dialoggatan i väster till butikerna Lager 157 och Chilli längs Diagonalvägen i öster, se figur 2.1. I söder avgränsas området av Kungens kurvaleden.



Figur 2.1. Översiktsbild över programområdet som är beläget vid Kungens kurva i Huddinge kommun och sträcker sig från IKEA:s lokal för varuutlämning och Relacom lokaler m.fl. längs Dialoggatan i väster till butikerna Lager 157 och Chilli längs Diagonalvägen i öster. Programområdets utbredning visas inom rödmarkering. Figur tillhandahållen av beställaren 2019-01-18.

Programområdet utgörs av fastighet Diametern 2 i väst, Diametern 3 och 4 i norr, del av Kolartorp 1:1 i öst och Diametern 5 och 6 i syd, se figur 2.1. Inom fastigheterna Diametern 2 och 5 finns befintliga byggnader, som inför exploatering kommer att rivas. Programområdet är ca 15 hektar och större delen av området är oexploaterat, skogsbeklätt och utgörs av bergkullar med några sänkor. Skogsmarken består av blandad löv- och barrskog, och i den kuperade terrängen är jordmånen överlag tunn. Utanför programområdet nyttjas angränsande fastigheter till handelslokaler och parkeringsytor.

Huddinge kommun arbetar med ett nytt planprogram för Diametern 2 m.fl. i Huddinge kommun. Syftet med planprogrammet är att lägga en grund för att pröva möjligheten att förtäta Kungens kurva med bostäder som ett led i utvecklingen av den regionala stadskärnan. Enligt framtagen struktur föreslås ca 3 500 bostäder.

Ny planerad markanvändning inom programområdet består till största delen av ny bostadsbebyggelse. Bostäderna planeras att ha mellan 5 och 26 våningar. Husen utformas som flervåningshus med inslag av både lokaler i markplan och förskolegårdar. I mitten av programområdet kommer en ca 18 000 m² park att anläggas. En skola och sex förskolor planeras. Se figur 2.2.



Figur 2.2. Strukturplan för exploatering inom kv. Diametern 2 m.fl, daterad 2018-11-05. Källa: ÅWL Arkitekter. Rödmarkerat område visar programområdets avgränsning.

2.2. Planerad bergschakt och återanvändning av bergskross

Inom programområdet förekommer flera höjdparter med berg i dagen. Dessa förekommer i huvudsak inom de obebyggda delarna i områdets östra del inom fastigheterna Diametern 3, 4, 6 och del av Kolartorp 1:1.

Parkens utformning kommer till viss del följa befintlig situation, detta gäller främst de sydöstra delarna av parken. I den norra delen av parken kommer en hel del berg att sprängas bort. Sprängningen i norr leder till att parken i den norra delen kan vara nedsänkt i förhållande till omkringliggande bebyggelse för att fungera som en torrdamm vid extrema nederbördstillfällen.

Projektet önskar återanvända merparten av överskottsmassorna som bergkross inom programområdet för fyll av vägar och kvartersmark. Genom att ta hänsyn till den masshanteringsplan som tagits fram av Tyréns (daterad 2019-03-08), den översiktliga bergartskartering som NitroConsult genomfört (daterad 2019-09-06) samt de grundläggningsnivåer som vid dagens datum är aktuella har man tagit fram preliminära volymer för bergschakt. Volymerna presenteras baserat på den färgmarkering som använts vid bergartskarteringen, se tabell 2.1, figur 3.1. och tabell 3.1. Bergartskartering beskrivs mer ingående i *Avsnitt 3. Karakterisering av berget*.

Tabell 2.1. Preliminära volymer för bergschakt baserat på den masshanteringsplan som tagits fram av Tyréns (daterad 2019-03-08), den översiktliga bergartskartering som NitroConsult genomfört (daterad 2019-09-06) samt de grundläggningsnivåer som vid dagens datum är aktuella.

Bedömd berggrund utifrån kartering	Färgmarkering i figur 3.1	Beräknad volym (m ³) bergschakt från området
Den gravt vittrade zonen	Orange	1 300
Metagråvackan	Blå	72 000
Granitoiden	Röd	Ingen uppgift
(Ej undersökt)	Lila	6
Totalt		Ca 75 000

Totalt planeras det för ca 75 000 m³ bergschakt. Beroende på till vilken fraktion berget krossas så motsvarar det ca 105 000 - 135 000 ton, förutsatt att densiteten på bergkross är ca 1,4-1,8 ton/m³ (IVL, 2010).

I AMA Anläggning 17 anges följande storlekar på bergskross:

- Ledningsbädd och kringfyllning för VA-ledningar ska maximal krossad stenstorlek vara 32 mm för båda typerna av fyllning,
- Ledningsbädd och kringfyllning för fjärrvärmesektion ska ha maximal krossad stenstorlek vara 16 mm respektive 8 mm.

Merparten av fyllningsmassorna som ska komma från bergschakten (efter kross) bör dock kunna utgöras av grövre fraktion, dels som tätning och avjämnning på sprängbotten under hus och under vägar, men även som fyllning för väg och förstärkningslager för väg. I AMA Anläggning 17 anges följande storlekar på bergskross:

- För fyllning av väg under förstärkningslager kan stenstorlek 0-150 mm väljas,
- Förstärkningslager under väg ska maximal krossad stenstorlek vara 63 mm,
- Tätning och avjämnning på sprängbotten både under byggnader och under vägar ska maximal krossad stenstorlek vara 63 mm.

Det kommer även att finnas andra fyllningsbehov med varierande fraktioner.

2.3. Problembeskrivning

2.3.1. Sulfidmineral

Sulfidmineral är en grupp mineral som består av en förening mellan svavel och en eller flera metaller, exempelvis pyrit som är en förening mellan svavel och järn. Dessa mineral bildas i reducerande (syrefattiga) miljöer och är stabila så länge förhållandena är så, men blir enkelt instabila i kontakt med syre eller andra oxiderande ämnen (SGU, 2020). Om sulfidmineralhalten är hög och volymen bergmassor är stor kan en oätsam hantering av bergmassorna påverka miljön.

2.3.2. Oxidation av sulfidmineral

När pyrit kommer i kontakt med syre så vittrar mineralet genom så kallad oxidation. Det betyder att bindningen mellan svavel och järn bryts och ämnena kan gå i vattenlösning. Reaktionen släpper även ut vätejoner vilket sänker pH och gör vattnet surt. I vissa fall kan lägre pH-nivåer göra att vittringen av mineral går snabbare, och förorening ökar. Denna process är naturlig och förekommer hela tiden i naturen, men genom att ta upp mycket material till ytan och krossa denna så att ytan ökar för syre att angripa materialet så går processen tusentals gånger snabbare (SGU, 2020).

Vatten tillförs normalt sett bergmassorna genom nederbörd men kan även tillföras via tillrinning av yt- eller grundvatten. De vittringsprodukter som bildas i kontakten mellan vatten och sulfidmineral i bergarten tar lakvattnet med sig på sin väg genom bergmassorna. Dessa vittringsprodukter tillförs sedan omgivande yt- och grundvattenflöden. Detta blir som en kedjereaktion. Ju surare vatten desto snabbare blir processen eftersom de bakterier som hjälper till med oxidationsreaktionen trivs bäst vid lågt pH. (Trafikverket, 2015).

Vittringen av sulfidmineral sker långsamt så länge sulfidmineralen ligger väl skyddad från luft och vatten. Vid krossning skapas nya kontaktytor som medför att mineraler som tidigare varit bundna i berget kan frigöras och blir tillgängligt för lakning. Lakning från nykrossat berg har tidigare studerats och resultatet visar att den initiala lakningen från nykrossat material generellt är hög men avklingar inom relativt kort tid.

Vittringshastigheten påverkas av en rad olika faktorer som t.ex:

- Syretillgång
- Vattentillgång
- kornstorlek
- pH
- Temperatur
- Närvaro av sulfidoxiderande mikrober

Utlakning av sulfid kan därmed utgöra risk för påverkan på grund- och ytvatten och markökosystemen på platser där materialet finns. Risk finns även att utlakade ämnen sprids med grundvattnet och fastläggs på annan plats, vilket kan leda till förhöjda halter i jordmaterial.

Både vid oxidationen av pyrit och vid magnetkis frigörs sulfatjoner (SO_4^{2-}). Förekomsten av sulfat i lakvatten är därför en typisk indikator för att sulfidmineraloxidation sker vid miljöundersökningar (Lapakko, 2002).

Ett problem med att avgöra sulfidhalten i berg okulärt är att mineraliseringar nödvändigtvis inte är synliga med blotta ögat eller ens med lupp. Förekomsten av järnsulfider visar sig dock ofta genom ”rostigt” vittrade ytor och återfinns generellt i sprickrika bergarter, sedimentgnejs och mafiska (mörka) bergarter. Sulfid-mineraliseringar förekommer ofta ojämnt fördelat s.k. inhomogent i berggrunden, med andra ord ställvis koncentrerade. Mineraliseringar av den typen kan därför vara svårbedömda vad gäller total mängd i berget.

2.4. Skyddsobjekt

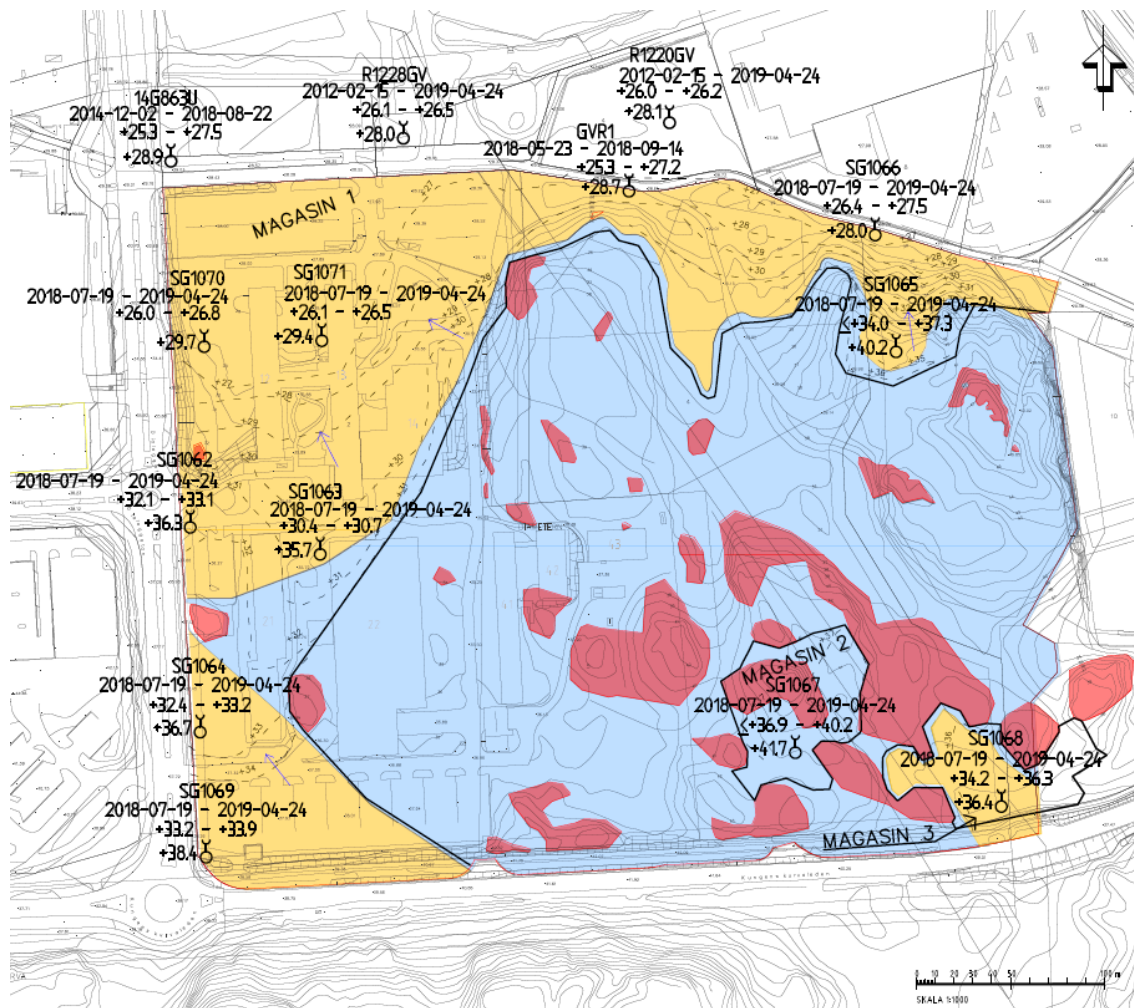
2.4.1. Grundvatten

Inget grundvatten uttas som dricksvatten inom området men grundvatten antas generellt vara en skyddsvärd resurs. Inga dricksvattenbrunnar finns i närheten av programområdet.

Grundvattennivåerna varierar över året relaterat till nederbörd och snösmältning. Grundvattennivåerna ökar generellt i samband med snösmältningen på våren och minskar sedan under sommarhalvåret. Under 2018 var grundvattennivåerna generellt låga i Stockholmsområdet med en ökning under vinter och vår 2019. Tre grundvattenmagasin har identifierats inom programområdet och redovisas i bilaga 1 till PM Geohydrologi (Structor Geoteknik Stockholm AB, 2019).

- **Magasin 1:** I lerområdet inom programområdets norra och västra delar förekommer ett stort sammanhängande grundvattenmagasin i den underliggande moränen. I magasinet har ett antal grundvattenrör installerats. Magasinet har inte någon begränsningslinje i norr och väst då magasinet är stort och sträcker sig utanför programområdet.
- **Magasin 2:** Ett mindre magasin, Magasin 2, finns i fastmarksområdet av morän och berg i områdets södra del, i anslutning till grundvattenrör SG1067. Sannolikheten att detta grundvatten som är avgränsat inom programområdet kommer användas för uttag i framtiden bedöms som liten.
- **Magasin 3:** I lerområdet i sydöstra delen förekommer den norra delen av ett stort grundmagasin som, tillsammans med lerområdet, i huvudsak ligger söder om Kungens kurvaleden. Magasinet har inte någon begränsningslinje i söder då magasinet är stort och sträcker sig utanför programområdet. I magasinet har ett grundvattenrör, SG1068, installerats.

Ett urklipp över grundvattenmagasinen inom programområdet visas i figur 2.3. I figuren visas även jordarter i området. Området redovisas i sin helhet i bilaga 1 till PM Geohydrologi. I figuren visas även högst och lägsta uppmätta grundvattennivåer fram till och med april 2019.



Figur 2.3. Jordarter inom programområdet. Urklipp från bilaga 1 till PM Geohydrologi (Structor Geoteknik, 2019). Gula områden motsvarar lera, blåa områden motsvarar morän och röda områden motsvarar berg i dagen.

Dricksvattenförekomst för grundvatten, Tullingeåsen-Ekebyhov/Riksten, finns ca 2,5 km väster om programområdet. Denna sammanfaller med Mälaren.

2.4.2. Dagvattenhantering

I och med planerad exploatering beräknas dagvattenflödet inom programområdet att öka. Dels till följd av den ökade exploateringsgraden när bostäder anläggs, dels för att man i framtiden kan vänta en ökning av högentensiva regn. Riktlinjer från Stockholm Vatten är att flödet ut från området inte får öka i och med planerad exploatering. Detta medför stora krav på fördröjning av dagvatten. Förslag till dagvattenhantering innefattar bland annat biobäddar, gröna tak, och avledning av dagvatten från både kvarter och allmän platsmark till skelettjordar och parkstråk i gaturum (Structor Uppsala, 2018).

I norra delen av programområdet finns idag en anslutningspunkt till Stockholm Vattens ledningsnät. Dagvatten skall dock i regel omhändertas inom den egna fastighetsgränsen.

I framtagna Dagvattenutredning har programområdet delats in i två stycken avrinningsområden. Inom det västra avrinningsområdet avrinner dagvatten i nordlig riktning mot anslutningspunkt till Stockholm Vatten. I det östra avrinningsområdet avrinner dagvatten i sydostlig riktning. I ledningsunderlag finns inga uppgifter om dagvattenledningar i sydost, dagvattenhanteringen antas därmed ske med hjälp av lokalt omhändertagande.

I Dagvattenutredningen rekommenderas Stadsdelsparken att i så stor utsträckning det är möjligt att lämnas i befintligt skick. Detta gäller främst de delar som kommer att utgöras av skogsmark. Parken ska ligga lägre än omkringliggande gator och annan infrastruktur, dock kommer befintlig kulle i den sydöstra delen av parken att vara kvar som en höjdpunkt. Stadsdelsparken som kommer att utformas med mycket grönska och skog och beräknas utan problem kunna omhänderta regn upp till det dimensionerande 10-årsregnet inklusive klimatfaktor 1,25.

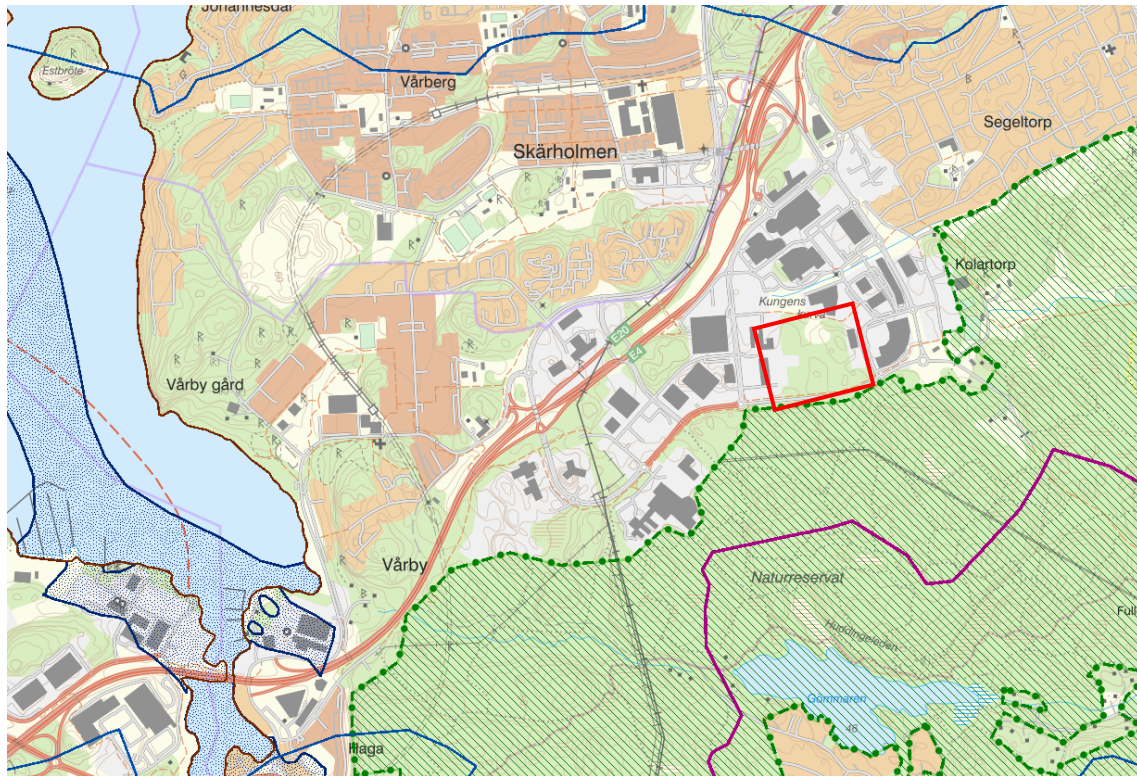
Parken planeras att användas som en torrdamm då dagvatten vid extrema regn ska kunna bräddas från ledningsnätet till de lägre liggande svackorna i parken. Vatten ska tillåtas samlas på ytan i parken för att sedan infiltrera eller avledas norrut mot grundvattenmagasin 1, se figur 2.3.

2.4.3. Ytvatten

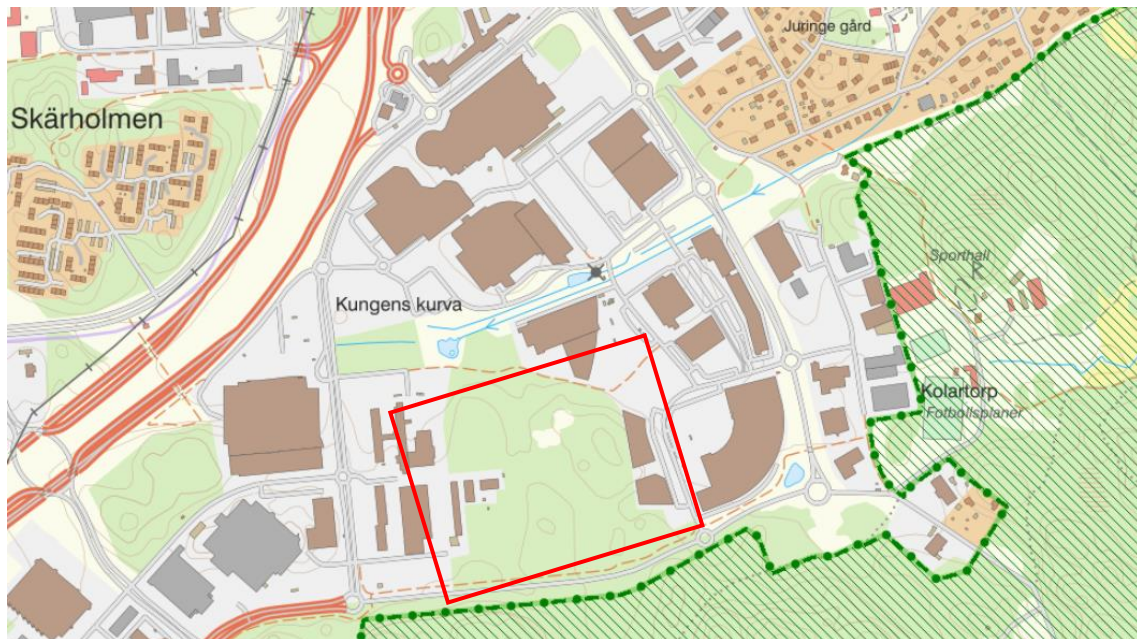
Ca 1 km söder om programområdet rinner Gömmarbäcken som mynnar ut i sjön Gömmaren. Både bäcken och sjön omfattas av det närliggande naturreservatet med samma namn. Dessa två är programområdet närmast liggande ytvatten, men bedöms inte vara recipient för programområdet. Gömmarbäcken mynnar ca 2,5 km väster om programområdet sedan ut i Vårbyfjärden, som är en del av Mälaren. Enligt PM Geohydrologi väntas yt- och dagvatten från programområdet fortsatt att avrinna mot norr och risken för eventuell påverkan på Gömmarbäcken eller det närliggande naturreservatet är därmed fortsatt försumbar.

Yt- och dagvatten inom programområdet och Kungens Kurva avleds idag mot norr och mynnar tillslut ut i recipienten Rödstensfjärden som är en del av Mälaren. Se figur 2.4-2.5. Mälaren är en naturlig sjö om omfattas av huvudavrinningsområde *Norrström* (SE61000) och delavrinningsområde *Rinner till Mälaren-Fiskfjärden* ((SE657330-161320)-SE657330-161320).

Programområdet omfattas även av vattenskyddsområdet Östra Mälaren. Syftet med vattenskyddsområdet är enligt skyddsföreskrifterna att bevara en god kvalitet på råvattnet för ytvattentäkter inom Östra Mälaren. Inom den sekundära skyddszonen som aktuellt programområde omfattas av får mark- och anläggningsarbeten samt nya berg- och grustäkter inte bedrivas på ett sätt som kan medföra risk för vattenförorening.



Figur 2.4. Urklipp från Vattenkartan, Vatten Informationssystem Sverige. Kvarteret Diametern ringas översiktligt in med röd ruta. I nedre kanten av bilden ses sjön Gömmaren som är belägen inom naturreservatet med samma namn (grön-streckat område).



Figur 2.5. Urklipp från Vattenkartan, Vatten Informationssystem Sverige. Kvarteret Diametern ringas översiktligt in med röd ruta. Norr om området ses den närliggande dagvattendammen med permanent vattennivå.

2.4.3.1. Miljökvalitetsnormer

Rödstensfjärden är en vattenförekomst som omfattas av miljökvalitetsnormer och enligt Sveriges Vatteninformationssystem (VISS) senaste statusklassning har Rödstensfjärden god ekologisk status men uppnår ej god kemisk status (beslutad 2017-02-23). Orsakerna till bedömningen bedöms inte vara relaterad till försurning utan beror på förekomst av andra kemiska parametrar. Tidsfristen för att uppnå god kemisk status har förlängts från år 2021 till år 2027, det är dock osäkert om målet ändå kan uppnås inom tidsfristen

2.4.4. Markmiljö

Växter och marklevande djur är i allmänhet anpassade till en viss surhet i marken. Markförsurning kan därför innebära att vissa arter försvinner. Andra arter kan komma i stället, men generellt minskar artrikedomen med ökad surhet. Försurning av marken följs av minskade halter av baskatjoner (kalcium-, magnesium-, natrium- och kaliumjoner). I stället ökar markens halt av aluminium i löslig (utbytbar) form. Höga aluminiumhalter är skadliga för många marklevande organismer (Naturvårdsverket, 2020)

2.4.5. Människor

Människor kan teoretiskt exponeras för förhöjda halter sulfid och metaller i berggrunden som frigörs. Inom ramen för denna riskbedömning har dock endast risker för miljön utvärderats, då eventuella risker för människor inte bedöms vara styrande.

Öster om programområdet sträcker sig naturreservatet Gömmaren. Gömmarens naturreservat är ett större skogsområde (ca 765 ha) med höga friluftslivsvärden. Området ligger i de mest tätbefolkade delarna av Huddinge kommun. Många stigar, löpspår etc. går genom området som också nyttjas av många skolor och förskolor.

3. KARAKTERISERING AV BERGET

3.1. Geologiska och hydrologiska förhållanden

Enligt SGU:s berggrundskarta består området främst av metagråvacka (benämnd vacka enligt SGU). Metagråvackan är av sedimentärt ursprung och är normalt kvarts- och fältspatsrik samt besitter en ådergnejsstruktur, därför benämns bergarten ofta även som sedimentådergnejs. I den berggrundskartering som Nitro Consult genomfört 2019, på uppdrag av Structor Geoteknik Stockholm AB, kom man fram till att det nästan uteslutande är glimmerrik metagråvacka (med framträdande biotit) i området. Det uppträder ställvis tecken på högre metamorf grad där det förekommer granater samt tendenser till mer migmatitliknande berggrund. Kvarts- och pegmatitgångar förekommer emellanåt. Vid bergsskärningarna utmed Kungens kurvaleden är bandningen framträdande, förutom där det är hög vittringsgrad. Resultatet från NitroConsults berggrundskartering redovisas i figur 3.1. och tabell 3.1.



Figur 3.1. Karta över det aktuella området där det tunna svarta är inmätt berg i dagen. Tjockare svarta är ej inmätta områden av Structor. Siffrorna avser observationspunkter. Färger är tolkning av intressanta zoner där Blå färg indikerar metagråvacka, Orange färg indikerar svaghetszon/rostigt stråk (grov uppskattning), Röd färg indikerar granitoid, Lila färg är ej beträtt område. (Nitro Consult, 2019).

SGU:s kartering visar på förhöjd magnetisering i området samt hög grad av att rostigt berg förekommer. Rostig färg på berggrunden förekommer där vittringsgraden är mycket påtaglig. Det anses därför finnas en förhöjd risk för förekomst av sulfider i området. Framförallt i de södra delarna längs Kungens kurvaleden, se orangefärgat område i figur 3.1.

Tabell 3.1. Bedömd berggrund inom programområdet baserat på genomförd berggrundskartering i fält (Nitro Consult, 2019).

Bedömd berggrund utifrån kartering	Färgmarkering i figur 3.1	Indikerad berggrund
Den gravt vittrade zonen	Orange	Svaghetszon/rostigt stråk
Metagråvackan	Blå	Metagråvacka
Granitoiden	Röd	Granitoid
(Ej undersökt)	Lila	

De oexploaterade delarna av programområdet utgörs av bergkullar med några sänkor. I de södra delarna mot Kungens kurvaleden skärs berget av sprängda bergsslänter. Sprängda bergsslänter förekommer även i öster intill butikerna KappAhl, Chilli och Lager 157. Längs Kungens-kurvaleden går en ospecificerad deformationszon samt en geofysisk konnexion, d.v.s. att längs linjen råder ett gemensamt geofysiskt uppträdande (Nitro Consult, 2019).

De delar av programområdet som ej beträffas i samband med berggrundskarteringen (lila område i figur 3.1) omfattas huvudsakligen av ett större lerområde. Här kommer endast en mindre volym berg att sprängas bort (<10 m³). Istället kommer överskottsmassor från de östra delarna att användas här för att fylla upp området.

Jordarterna inom programområdet är enligt underlag från SGU:s jordartskarta lera, morän och berg i dagen, vilket visats i figur 2.3.

För att genomföra en geologisk borrhämskartering har provtagning av sex stycken borrhäms genomförts. Provtagning har utförts ner till bedömt maximalt bergsschakt djup för respektive punkt. Bergartstypen i vardera av borrhål har bedömts vara tillräckligt homogen för att inte utföra ytterligare bormning. Provplanen för provtagningen i berg presenteras i bilaga 1.

Provpunkterna 1, 2 och 6 omfattas av det orangea området i figur 3.1., den gravt vittrade zonen, från bergartskarteringen medan provpunkterna 3 och 4 omfattas av det ljusblå området, metagråvackan. Provpunkt 5 omfattas egentligen av det blå området men då ingen bedömning av bergart genomförts där så antas berget utgöra metagråvacka.

De upptagna borrhämsarna har sedan undersökts av MITTA AB som genomfört en kartering av sju borrhäms från sex provpunkter (MITTA, 2019).

Karteringen baseras på den tidigare berggrundskarteringen som Nitro Consult genomfört 2019, där potentiella sulfidförande bergarter identifierades. Utifrån bergartskartering på redan upptagna borrhäms har berggrunden på platsen bedömts domineras av en granatförande migmatitisk och folierad gråvacka. Migmatitiska ådror är vanliga i alla borrhäms. Sulfidmineraler, karbonat (kalcit) och klorit är vanliga och förekommer i samtliga bergsprover, ofta på spricktytor. Även pyrit förekommer i flera av proverna.

En sammanställning av resultaten presenteras i tabell 3.2.

Tabell 3.2. Beskrivning av borrhämlarna från de sex borrhälen (MITTA, 2019) tillsammans med bedömning av totalhalt sulfid i kärnprover från berg. Bedömningsgrunder från Trafikverkets rapport 2015:057, Handbok för hantering av sulfidförande bergarter.

	Kärnlängd <i>m</i>	Beskrivning	Halt svavel (sulfid) <i>mg/kg TS (ppm)</i>	Bedömning av sulfidhalt
Punkt 1	0-3,24	Mestadels mörkgrå, finkornig och granatbärande migmatitisk gråvacka. Migmatitiska vener är vanliga i hela kärnlängden. Foliation är mer tydlig i början. De dominerande mineralerna är kvarts, biotit och fältspat. Karbonatmineraler, pyrit och klorit förekommer längs sprickor. Frakturer förekommer vanligtvis längs gråvacka-migmatitkontakten och innehåller sulfidmineraler.	2 550	Förhöjd halt
Punkt 2	0-5,23	Finkornig, mörkgrå och granatförande metagråvacka dominerar detta avsnitt. Kvarts, biotit, fältspat och granat är de huvudsakliga mineralerna. Sprickor i de första ca. 4 m är artificiella dvs. De sprack troligen upp under bormning eller vid senare hantering. Den återstående sektionen är dock mer intensivt sprickad med sprickavstånd på ca. <10 cm. Klorit, kalcit och sulfidmineraler finns rikligt längs sprickor.	1 110	Förhöjd halt
Punkt 3	0-7,09	Finkornig, mörkgrå och granatförande migmatitisk gråvacka. Kvarts, biotit, fältspat och granat är de huvudsakliga mineralerna. Granat är mycket vanligare i kärnorna från detta borrhål jämfört med de andra. Foliation som definieras av biotit och migmatitiska ådror. Ådrorna är dock inte genomgående dvs. syns inte runt hela kärnans omkrets. Sprickor i hela avsnittet är mestadels artificiella och innehåller mindre karbonatmineraler, sulfider och andra sekundära mineraler jämfört med resten av borrhämlarna.	787	Något förhöjd halt
Punkt 4	0-5,6	Finkornig, mörkgrå och folierad migmatitisk gråvacka. Migmatitiska zoner är ganska vanliga runt 3-4 m. Liksom de andra borrhälen är kvarts, biotit, fältspat och granat de vanligaste mineralerna. Granat är vanligare i delar som är mer migmatitiska.	1 530	Förhöjd halt
	5,6-10,3	Finkornig och tydligt folierad migmatitisk gråvacka. Migmatitiska zoner är vanliga i hela avsnittet. Sprickor är mestadels artificiella och ger ett friskt och ovittrat intryck. Några sprickor innehåller enstaka sulfidmineraler. De viktigaste mineralerna är kvarts, biotit, fältspat och granat. Granat är nära förknippat med migmatitiska zoner.	Ej analyserat	Ej analyserat
Punkt 5	0-5,5	Består av mörkgrå migmatitisk gråvacka. Prover från detta borrhål är relativt mer sprickade. Vanligtvis sammanfaller sprickorna med migmatit-gråvacka-kontakten. Sprickorna är täckta med millimetertjocka karbonatmineraler, klorit, enstaka pyritkom och oxiderade sulfider. Kvarts, biotit, fältspat och granat är de viktigaste mineralerna.	751	Något förhöjd halt
Punkt 6	0-4,1	Övervägande mörkgrå migmatitisk metagråvacka. Liksom de andra borrhämlarna är kvarts, biotit, fältspat och granat de vanligaste mineralerna. Sprickor på avstånd från varandra är vanliga i hela sektionen, vilket ger upphov till ett relativt lägre RQD-värde. Karbonatmineraler, klorit och sulfider är vanliga längs dessa sprickor.	1 350	Förhöjd halt

3.2. Sulfidhalt i berg

Proverna skickades även in till laboratorium för analys av sulfidhalten (totalhalt svavel). Inför analys valdes de sektioner ut som okulärt bedömdes innehålla de högsta sulfidhalterna. På laboratoriet krossades den utvalda sektionen av borrhärnan från respektive provpunkt och resultatet ska därför ses som en medelhalt, men i det högre spannet då okulärt bedömdes innehålla de högsta sulfidhalterna.

Analysprotokollen från genomförda analyser av sulfid i berg redovisas i bilaga 2.

Förhöjd sulfidhalt (1 110-2 250 mg/kg TS) analyserades i punkt 1, 2 och 6 vilka är provtagna i den gravt vittrade zonen (orangea området). Även i provpunkt 4 som omfattas av metagråkan (blåa området) analyserades förhöjd sulfidhalt. Provpunkt 3 och 5 från det blåa området visade på något förhöjd sulfidhalt (751-787 mg/kg TS).

Enligt Trafikverkets handbok rekommenderas att lakteter utförs på bergsprovet om något av proverna visar på en totalhalt sulfid som bedöms vara ”något förhöjd halt”, ”förhöjd halt” eller ”klart höjd halt”. Analyserna visar att totalhalten svavel i de analyserade bergproverna är ”något förhöjd” till ”förhöjd”.

4. FÖRSLAG TILL BEDÖMNINGSGRUNDER

För bedömning av påverkan från sulfidhaltiga massor har Trafikverkets rapport 2015:057, Handbok för hantering av sulfidförande bergarter, använts. Enligt genomförd berggrundskartering anses det ligga en förhöjd risk för förekomst av sulfider i området.

Bedömningssystemet i Trafikverkets rapport (2015:057) bygger på följande parametrar:

- Försurningspotentialen, svavelhalten i bergarten
- Försurningsförmågan (nettosyrabidraget) från laktest
- Försurningskänsligheten i yt- och grundvatten

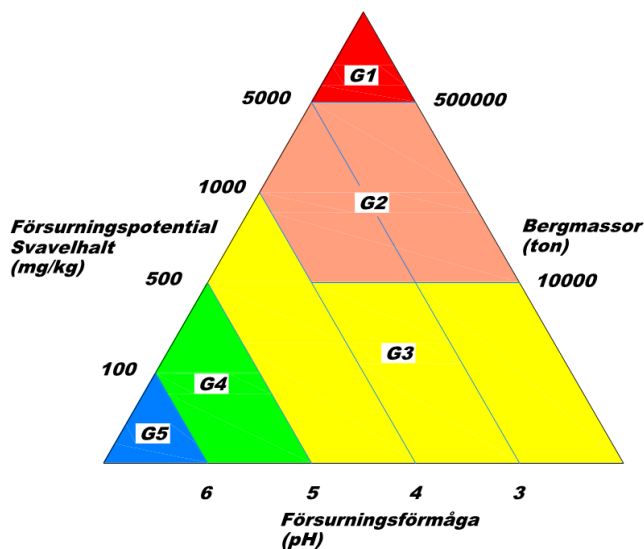
4.1. Försurningspotential och försurningsförmåga

För utvärdering av försurningspotential och försurningsförmåga används bedömningsmallen i tabell 4.1 samt för bedömning av försurningsgrad figur 4.1.

Tabell 4.1. Bedömningsmall enligt Trafikverkets handbok (rapport 2015:057).

<i>S [mg / kg TS]; totalhalt svavel (Försurningspotential)</i>	
> 5000	Hög halt
1000 – 5000	Förhöjd halt
500 – 1000	Något förhöjd halt
100 – 500	Låg halt
< 100	Obefintlig halt
pH min, laktest av bergmassor (Försurningsförmågan)	
< 3	Mycket hög försurningsförmåga
3 – 4	Hög försurningsförmåga
4 – 5	Måttlig försurningsförmåga
5 – 6	Låg försurningsförmåga
< 6	Försumbar försurningsförmåga
Mängd (Bergmassor)	
< 10 000 ton	Liten mängd
10 000 – 500 000 ton	Måttlig mängd
> 500 000 ton	Stor mängd

För utvärdering av förurningsförmåga används bedömningsdiagrammet i figur 4.1. Enligt Trafikverkets handbok är det i Bedömningsdiagrammet (figur 4.1.) lämpligt att använda både förurningspotentialen (totalhalt svavel) samt förurningsförmågan (pH vid lakning) för att bedöma vilken förurningsgrad en sulfidförande bergart medför. Dessa två parametrar utgör i det här systemet ett komplement till varandra eftersom det varken endast utifrån svavelhalten eller endast utifrån förurningsförmågan går att förutse vilken förurningsgrad en viss volym sulfidförande bergkross kommer att medföra.



Figur 4.1. Bedömningsdiagram för att uppskatta förurningsgraden. Eftersom flera parametrar sammanfaller har färgerna integrerats för att ta hänsyn till den sammanvägda uppskattningen av olika parametrar. Förurningspotentialen baseras här på bergets totalhalt svavel och är ett mått på hur mycket sulfidmineral det finns som kan oxideras till sulfat. Förurningsgraden är graderad från grad 1 till grad 5 (G1 – G5), där grad 1 (G1) ger störst förurning och grad 5 (G5) den lägsta förurningen. Den sammanvägda bedömningen av svavelhalten och förurningsförmågan skall göras till att börja med för att erhålla en första uppskattning av vilket färgfält som bergarten kan placeras i. Därefter görs ytterligare en bedömning av mängden bergkross för att få en övergripande bild av bergartens förurningsgrad.

Bergets förurningsförmåga beror på flera faktorer, som t.ex. typen av sulfidmineral samt på dess kornstorlek i förhållande till dess mängd med syraneutraliserande mineral. Till följd av detta är det att föredra att dessa två faktorer, förurningsförmåga och förurningspotential, används som komplement för en mer tillförlitlig riskbedömning av miljöpåverkan. Bergmassornas volym påverkar den mängd syra som produceras från t.ex. ett bergupplag eller en bergskärning, vilket framgår av figur 4.1.

4.1.1. Syrabildningspotential

Mängden sulfidmineral i krossat berg (förurningspotentialen) är kopplat till dess förmåga att bilda syra (AP = Acid Potential = förurningsförmågan, mäts i kg CaCO_3/ton berg). De statistiska tester som används för att mäta bergarters förurningsförmåga går under samlingsnamnet ABA-metoder (Acid Base Accounting). ABA-test är ett statistiskt test som kategoriserar syrabildningspotential och neutraliseringspotential i ett sulfidhaltigt berg. ABA-testet mäter endast kapaciteten för

syraproduktion och neutralisation och inte tillgången på syraproducerande och syraneutraliserande mineral.

Potentialen för syrabildningen motverkas av bergets förmåga att neutralisera syra, dvs. konsumera vätejoner. Den förmågan finns hos flera mineral, t.ex. karbonater, oxider och hydroxider samt en del silikatmineral. Den neutraliserande förmågan (NP) som ibland förekommer parallellt med syra-bildningen hos sulfidbergarter är främst beroende på upplösningen och vittringen av eventuellt närvarande kalцит (CaCO_3). Bergartens NP anger bergets förmåga att neutralisera surhet och avgör om en försurande reaktion leder till lägre pH eller inte. Den exakta mängd karbonater som behövs för att neutralisera den syrabildande bergarten beräknas i teorin som nettoneutraliseringspotentialen (NNP) eller $\text{ABA} = \text{NP} - \text{AP}$.

Enligt Lottermoser (2003) tolkas NNP och NP/AP-kvoten enligt;

- NNP = positiv (större än +20), finns ingen syrabildningspotential.
- NNP = negativ (mindre än -20), finns potential för syrabildning.

NP/AP-kvoten, eller neutraliseringspotentialkvoten (NPR), visar den teoretiska NPR som anger kapaciteten för ett berg att vara syraproducerande.

- $\text{NPR-kvot} < 1$ = berget kommer troligen producera syra.
- $\text{NPR-kvot} > 2,3$ = berget är inte syraproducerande.

4.2. Försurningskänslighet

Enligt Trafikverkets handbok ger försurningskänsligheten hos omgivande vatten en helhetsbild av den miljöpåverkan sulfidförande bergkross kommer att medföra med avseende på dess uppskattade försurningsgrad i förhållande till omgivningsförsurningskänslighet.

Tabell 4.2. Sulfidförande bergarters försurningsgrad vilken är avhängd mot materialets försurningspotential, försurningsförmåga och dess mängd.

(G1) Grad 1	Mycket stor försurningsgrad
(G2) Grad 2	Stor försurningsgrad
(G3) Grad 3	Måttlig försurningsgrad
(G4) Grad 4	Liten försurningsgrad
(G5) Grad 5	Försumbar försurningsgrad

4.3. Riskklassificering av miljöpåverkan

Riskklassificering av miljöpåverkan är sista steget som utförs i Trafikverkets riskbedömningssystem vilket innebär en genomgång av beskaffenheten hos de omgivande miljöer som berörs vid sprängning, mellanlagring och slutanvändning av sulfidförande bergarter. Det sista steget innebär en bedömning av hur försurnings-

känsliga den omgivande miljöns yt- och grundvattensystem är för att slutligen kunna riskklassificera de sulfidförande bergmassorna i förhållande till den omgivande miljön.

Den generella regeln är att:

- det ej bör finnas yt- eller grundvattensystem som kan komma i kontakt med sulfidförande bergarter pga. dess eventuella förurningspåverkan. En avsaknad av ytvattensystem eller närliggande grundvattensystem leder till klass 5 objekt om bergmassorna har en förurningsgrad som ligger mellan grad 3 – 5.

Om det finns närliggande yt- eller grundvattensystem:

- som ej är förurningskänsliga klassas objektet som ett klass 4 objekt om objektet har en förurningsgrad som ligger mellan grad 3 – 5. Förurningskänsliga grundvattensystem definieras som ett vattensystem med $\text{pH} \leq 6$ eller med en alkalinitet som understiger 1 mekv/l. Förurningskänsliga ytvattensystem definieras som ett vattensystem med $\text{pH} \leq 6.5$ eller med en alkalinitet som understiger 0.1 mekv/l).
- som är förurningskänsligt sammanfaller klassificeringen med den grad i den bedömning som har gjorts tidigare med hjälp av bedömningsdiagrammet i figur 4.1. Förurningskänsliga grundvattensystem definieras som ett vattensystem med $\text{pH} \leq 6$ eller med en alkalinitet som understiger 1 mekv/l. Förurningskänsliga ytvattensystem definieras som ett vattensystem med $\text{pH} \leq 6.5$ eller med en alkalinitet som understiger 0.1 mekv/l).

Tabell 4.3. Riskklassning av miljöpåverkan från sulfidförande bergarter på omgivande yt- och grundvattensystem.

(K1) Klass 1	Mycket stor risk
(K2) Klass 2	Stor risk
(K3) Klass 3	Måttlig risk
(K4) Klass 4	Liten risk
(K5) Klass 5	Obefintlig risk

4.4. Kemisk status - grundvatten

För att bedöma den kemiska statusen i grundvatten används SGU:s bedömningsgrunder för grundvatten (SGU-rapport 2013:01). Dessa gräns- och riktvärden är satta utifrån effekter avseende vattnets användbarhet som dricksvatten.

Tabell 4.4. Sammanställning av bedömningsgrundernas klassindelning, enligt SGU:s bedömningsgrunder för grundvatten (SGU-rapport 2013:01).

Klass 5	Mycket stark påverkan
Klass 4	Stor påverkan
Klass 3	Måttlig påverkan
Klass 2	Liten påverkan
Klass 1	Ingen eller obetydlig påverkan

5. RISKBEDÖMNING

Trafikverkets riskbedömningssystem är uppdelad i tre steg:

1. Inventering
2. Karakterisering av förurningsgrad
3. Riskklassificering av miljöpåverkan

5.1. Bergets förurningspotential

Sulfidhalten i berget har analyserats genom att totalhalten svavel undersökts i sex provpunkter. Detta har beskrivits i kapitel 3.2. Analyserna visar att svavelhalten i de sex analyserade proverna är ”något förhöjd” till ”förhöjd”, utifrån att de sektioner i proverna som okulärt bedömdes ha störst risk för sulfider valdes ut och analyserades.

Mängden sulfidmineral i krossat berg (förurningspotentialen) är kopplat till dess förmåga att bilda syra. För att undersöka detta har ABA-tester genomförts, se tabell 5.1.

Tabell 5.1. Resultatet från genomförda ABA-tester.

	<i>Provmängd kg</i>	<i>NP/AP-kvot</i>	<i>Bedömning av syrabildningspotential</i>	<i>NNP tCaCO₃/Kt</i>
Punkt 1	1,31	0,77	Berget kommer troligen att producera syra	-2
Punkt 2	1,35	1,76	Bedömning ej möjlig	3
Punkt 3	1,41	3,18	Berget är inte syraproducerande	5
Punkt 4	1,34	1,13	Bedömning ej möjlig	0
Punkt 5	1,18	6,92	Berget är inte syraproducerande	8
Punkt 6	1,42	3,21	Berget är inte syraproducerande	6

Genomförda analyser visar att berg från punkt 1 troligen kommer att producera syra då NP/AP-kvoten är under 1. Berg från punkt 3, 5 och 6 bedöms inte vara syraproducerande då NP/AP-kvoten är över 2,3. Resultatet visar att berggrunden är rik på karbonater som har en god neutraliseringsförmåga trots det relativt förhöjda svavelinnehållet i berget. För berg från punkt 2 och 4 går det inte att göra någon bedömning utifrån NP-AP-kvoten.

Analysprotokollen från genomförda ABA-tester redovisas i bilaga 3.

5.2. Bergets försumningsförmåga

Krossat material från de sex bergkärnor och provpunkter som beskrivits i avsnitt 4 har analyserats med laktest (skaktest med tvåstegslakning). Enligt metodens standard ska minst 2 kg provmängd krossas så att minst 95 % har en partikelstorlek på högst 4 mm. Bergkross som används vid anläggningsändamål är ofta av grövre fraktioner där även de finaste kornen ingår, exempelvis i fraktionerna 0/16 mm, 0/32 mm eller 0/63 mm. Materialet går ofta under namn som väggrus, bärlager eller förstärkningslager beroende på fraktion och användningsområde.

Laktest har genomförts, enligt tvåstegs skaktest, på material från de sex uttagna bergsproverna. Testet anger utlakbarhet eller tillgänglighet av olika ämnen under rådande förhållanden. Metoden innebär att jorden skakas vid olika mängd vatten (Liquid/Solid (L/S) dvs förhållandet mellan lakvätskan och det fasta materialet). Först skakas materialet vid L/S 2 l/kg i 6 timmar varefter lakvattnet filtreras och analyseras. Därefter genomförs en ny skakning med nytt vatten upp till L/S 10 i ytterligare 18 timmar. Resultatet redovisas som ackumulerad utlakad mängd av olika ämnen vid L/S 2 och L/S 10. Koncentrationen i lakvattnet vid låga L/S (dvs den initiala lakningen) erhålls alltså inte som separat halt med denna metod utan ingår i L/S 2. Analysprotokoll från skakförsöken presenteras i bilaga 4.

För bedömning av försumningsförmågan används pH-värdet i lakvätskan och jämförs med bedömningsgrunderna från tabell 4.1.

Vid genomförda laktester har försumningsförmågan dessutom överskattats då bergkrossen krossats ner till 4 mm inför testet. Genomförda laktester visar att berget har låg försumningsförmåga, se tabell 5.2. Sulfathalten är låga. Förekomst av sulfat i lakvatten är annars en typisk indikator på att sulfidoxidation sker.

Tabell 5.2. Bedömning av försumningsförmågan utifrån sex laktestade kärnprover från berg (krossat till 4 mm). Bedömningsgrunder från Trafikverkets rapport 2015:057, Handbok för hantering av sulfidförande bergarter.

	Sulfathalt, SO ₄ mg/l		pH L/S2-L/S10	Bedömning försumningsförmåga
	L/S 2	L/S 10	fraktion 4 mm	Trafikverkets rapport 2015:057
Prov 1	<5,00	<5,00	8,8-9,3	Låg försumningsförmåga
Prov 2	<5,00	<5,00	9,5-9,4	Låg försumningsförmåga
Prov 3	<5,00	<5,00	9,5-9,1	Låg försumningsförmåga
Prov 4	<5,00	<5,00	9,0-9,0	Låg försumningsförmåga
Prov 5	<5,00	<5,00	8,2-9,5	Låg försumningsförmåga
Prov 6	<5,00	<5,00	8,9-9,3	Låg försumningsförmåga

5.3. Försurningskänsligheten i yt- och grundvatten

Markens naturliga vittringsprocesser skyddar både yt- och grundvatten från den försurningspåverkan ett bergupplag kan ha på omgivande yt- och grundvatten. Markens lättvittrade mineral ger ett gott försurningsskydd, medan svårvittrade mineral ger ett sämre skydd. Vittringen frigör vätekarbonatjoner, och yt- och grundvattnets förmåga att neutralisera syratillförsel, dess alkalinitet, bestäms i allt väsentlig del av dess vätekarbonathalt. I områden där syratillförseln från sulfidförande bergarters lakvatten en längre tid har överstigit markvittringens kapacitet att oskadliggöra syra har alkaliniteten i yt- och grundvatten sjunkit. När alkaliniteten når låga värden börjar också pH-värdet sjunka märkbart (Trafikverkets rapport 2015:057).

5.3.1. Grundvatten

5.3.1.1. Grundvattnets försurningskänslighet

För att undersöka hur försurningskänsligt grundvattnet inom programområdet är har grundvattenprover uttagits från 12 stycken befintliga grundvattenrör. Provtagningsplanen för genomförd grundvattenundersökning presenteras i bilaga 5.

Samtliga grundvattenrör omsattes den 24 januari 2020 och provtogs den 3 februari av Joakim Idebro, Structor Miljöteknik. Omsättning och provtagning genomfördes med peristaltisk pump. Grundvattnet filterades i fält i samband med provtagningen. Vatten provtogs ifrån labbet avsedda provkärl, och förvarades mörkt och kallt i väntan på transport till lab. Proverna lämnades in till ALS Scandinavia samma dag som de provtogs. Analysprotokoll från grundvattenprovtagningen redovisas i bilaga 6.

Eftersom ursprungssyftet med grundvattenrören inte varit miljöteknisk provtagning utan för geohydrologiska undersökningar är samtliga rör stålrör. Detta bedöms kunna påverka proverna att innehålla förhöjda halter metaller och olja.

I tabell 5.3. redovisas grundvattnets totala längd, grundvattennivåer vid omsättning av grundvatten samt uppmätta halter pH, sulfathalt och alkalinitet i provtaget grundvatten.

Enligt SGU:s bedömningsgrunder för grundvatten klassas vattnets sulfid- och sulfathalt som mycket starkt påverkat i alla grundvattenrör förutom i SG1069, SG1141, SG1066 och SG1143. Grundvattnet anses ej vara lämpligt för dricksvattenuttag med avseende på de höga halterna.

Grundvattnets pH är nära neutralt och alkaliniteten är hög till mycket hög. Det visar att det finns goda förutsättningar för att bibehålla en acceptabel pH-nivå om inte för stor försurande påverkan sker. Grundvattnet bedöms därför inte vara försurningskänsligt.

Försurningskänsliga grundvattensystem definieras som ett vattensystem med $\text{pH} \leq 6$ eller med en alkalinitet som understiger 1 mekv/l. Uppmätta pH-värden i grundvattnet har samtliga visat på pH större än 6 (mellan 6,3-7,4 uppmätt på lab) och alkaliniteten har uppmätts mellan 54 – 320 mekv/l, varför grundvattnet ej bedöms som försurningskänsligt.

Tabell 5.3. Bedömning av grundvattnets tillstånd, alkalinitet. Bedömningsgrunder från Trafikverkets rapport 2015:057, Handbok för hantering av sulfidförande bergarter. Mycket hög och hög alkalinitet innebär att den är tillräcklig för att även i fortsättningen bibehålla acceptabel pH nivå. I tabellen visas även pH, sulfid- och sulfathalt med klassindelning baserat på SGU:s bedömningsgrunder för grundvatten (SGU-rapport 2013:01).

	Total längd rör m	Vattennivå under markyta m	pH i grundvatten	Sulfid mg/l	Sulfat mg/l SO ₄	Halt alkalinitet mg HCO ₃ /l	Bedömning av tillstånd, alkalinitet
			SGU rapport 2013:01	SGU rapport 2013:01	SGU rapport 2013:01	SGU rapport 2013:01	Trafikverkets rapport 2015:057

Gravt vittrade zonen (oranget område i figur 3.1)

SG1064	8,5	4,1	6,5	0,113	686	110	Hög
SG1067	6,0	1,1	6,5	<0.050	258	54	Måttlig
SG1068	5,0	0,35	6,6	0,74	155	150	Hög
SG1069	10,5	4,9	7,1	0,126	13,8	68	Hög
SG1141	7,0	1,75	6,9	0,089	30,1	88	Hög

Metagråvackan (blått område i figur 3.1)

SG1065	7,5	3,3	6,9	0,25	77,2	180	Mycket hög
SG1066	5,0	1,0	6,9	1,4	32,8	230	Mycket hög
SG1143	7,0	0,3	7,4	0,301	47,1	320	Mycket hög

Ej beträtt område (lila område i figur 3.1)

SG1062	7,5	4,0	6,3	0,726	668	150	Hög
SG1063	7,5	5,6	6,6	0,082	200	170	Hög
SG1070	7,5	4,0	6,6	0,34	373	120	Hög
SG1071	8,5	3,55	6,9	0,126	107	110	Hög

5.3.2. Ytvatten

Inget befintligt närbeläget ytvatten bedöms finnas inom påverkansområdet idag. Yt- och dagvatten inom programområdet och Kungens Kurva avleds idag till recipienten Rödstensfjärden som är en del av Mälaren. Ingen provtagning av ytvatten har utförts inom ramen för denna riskbedömning.

6. SAMMANFATTANDE RISKBEDÖMNING

6.1. Bedömning av kunskapsluckor

Denna riskbedömning avser utfyllnad med bergkrossmaterial som uttagits från den aktuella platsen och återanvänds utspritt inom ett ganska stort område, dock inom programområdet. Riskerna avser området som helhet och lokala delar har inte studerats. Då riskbedömningen i huvudsak utförs för skydd av grund- och ytvatten bedöms det ändå vara relevant att se till hela området och inte mindre delområden.

6.2. Inventering

Totalt planeras det för ca 75 000 m³ bergschakt vilket motsvarar ca 105 000 - 135 000 ton, förutsatt att densiteten på bergkross är ca 1,4-1,8 ton/m³ (IVL, 2010).

Överskottsmassor i projektet önskas återanvändas efter bearbetning som fyllning i gatu- och kvartersmark inom programområdet. Merparten av fyllningsmassorna som ska komma från bergschakten (efter kross) bör dock kunna utgöras av grövre fraktion, dels som tätning och avjämning på sprängbotten under hus och under vägar, men även som fyllning för väg och förstärkningslager för väg (0-150 mm).

Berggrunden på platsen bedömts domineras av en granatförande migmatitisk och folierad gråvacka. Migmatitiska ådror är vanliga i alla provtagna borrhärdar. Sulfidmineraler, karbonat (kalcit) och klorit är vanliga och förekommer ofta på sprickor. De sex borrhärdprover som uttagits bedöms vara representativa för det berg som beskrivits i kapitel 2.

6.3. Karakterisering av förurningsgrad

För bedömning av påverkan från det sulfidhaltiga berget har en sammanställning av resultaten från genomförda undersökningar genomförts i tabell 6.1.

Tabell 6.1. Sammanställning av resultat efter genomförda tester på 6 stycken bergsprover.

Provnamn	Halt svavel (sulfid) mg/kg TS (ppm)	Förurningsförmåga, pH från laktest fraktion 4 mm, L/S2-L/S10	NP/AP-kvot	Volym och mängd bergmassor som planeras återanvändas (ton) *
Gravt vittrade zonen (orangea området i figur 3.1)				
Prov 1	2 550	8,8-9,3	0,77	1 300 m³ = 1 800-2 400 ton
Prov 2	1 110	9,5-9,4	1,76	
Prov 6	1 350	8,9-9,3	3,21	
Metagråvackan (blåa området i figur 3.1)				
Prov 3	787	9,5-9,1	3,18	72 000 m³ = 100 000-130 000 ton
Prov 4	1 530	9,0-9,0	1,13	
Prov 5	751	8,2-9,5	6,92	

* Räknat på densitet mellan 1,4-1,8 ton/m³.

Sulfidhalten i berget har analyserats genom att totalhalten svavel i bergkärnor undersökts i sex provpunkter. De sektioner av bergkärnan som okulärt bedömts innehålla de högsta halterna sulfid har analyserats. Detta har beskrivits i kapitel 3.2. Analyserna visar att svavelhalten i de analyserade proverna är ”något förhöjd” till ”förhöjd”.

Genomförda analyser visar att berg från punkt 1 troligen kommer att producera syra då NP/AP-kvoten är under 1. I den provpunkten analyserades även den högsta halten svavel och där bedöms den högsta förurningspotentialen, bland de analyserade proverna, finnas. Berg från punkt 3, 5 och 6 bedöms inte vara syraproducerande då NP/AP-kvoten är över 2,3. Resultatet visar att berggrunden är rik på karbonater som har en god neutraliseringsförmåga trots det relativt förhöjda svavelinnehållet i berget. För berg från punkt 2 och 4 går det inte att göra någon bedömning utifrån NP/AP-kvoten, men det är viktigt att ha med sig att en positiv netneutraliseringspotential, NNP, visar först vid +20 att det inte finns någon syrabildningspotential i berget. Det går därför inte att avskriva risk för syrabildning från berg från punkt 2 och 4, baserat på genomförda ABA-tester.

Genomförda lakteter och analys av lakvatten vid L/S2 och L/S10 visar att berget, både den gravt vittrade zonen och metagråvackan har låg förurningsförmåga.

6.4. Riskklassificering av miljöpåverkan enligt Trafikverkets handbok

Bergmassornas förurningsgrad bedöms hamna mellan klass grad 3 (G3) och grad 2 (G2), vilket innebär en ”måttlig” till ”stor” förurningsgrad. Förurningsgraden är graderad från grad 1-5 (G1 – G5) där grad 1 (G1) ger störst förurning och grad 5 (G5) den lägsta förurningen. I tabell 6.2. ges en sammanställning av genomförd bedömning av bergets förurnings-grad samt riskklassning av miljöpåverkan.

Tabell 6.2. Sammanställning av bedömning av bergets förurningsrad samt riskklassning av miljöpåverkan.

Provnamn	Förurningsgrad		Riskklassning av miljöpåverkan	
Gravt vittrade zonen, (orangea området) ca 1 800-2 400 ton				
Prov 1	G3	Måttlig förurningsgrad	K4	Liten risk
Prov 2	G3	Måttlig förurningsgrad	K4	Liten risk
Prov 6	G3	Måttlig förurningsgrad	K4	Liten risk
Metagråvackan, (blåa området) ca 100 000-130 000 ton				
Prov 3	G3	Måttlig förurningsgrad	K4	Liten risk
Prov 4	G2	Stor förurningsgrad	K2	Stor risk
Prov 5	G3	Måttlig förurningsgrad	K4	Liten risk

Förurningsgraden från provpunkt 3 och 5 bedöms vara måttlig (G3) med hänsyn till de sulfidhalter som uppmätts i berget (dess förurningspotential) samt pH som erhållits vid

laktester (försurningsförmågan). Eftersom mängden bergschakt från det gravt vittrade området understiger 10 000 ton så utgör även massor från provpunkt 1, 2 och 6 måttlig försurningsgrad (G3).

För att berget från provpunkt 4 ska kunna anses utgöra en måttlig försurningsrad (G3) enligt Trafikverkets handbok måste mängden bergmassor som schaktas understiga 10 000 ton eftersom totalhalten svavel i detta bergprov överstiger 1 000 mg/kg TS. För detta prov är istället försurningsgraden stor (G2). Utlakning är dock låg och förmågan att neutralisera pH i grundvattnet minskar eventuella effekter om påverkan ändå skulle ske.

Analys av grundvatten från 12 grundvattenrör installerade inom programområdet har visat på ”mycket hög” och ”hög” alkalinitet vilket innebär att den är tillräcklig för att även i fortsättningen bibehålla acceptabel pH nivå. Grundvattnet på platsen bedöms inte uppvisa förhöjda halter sulfid idag. Grundvattnets pH är nära neutralt (>6) och alkaliniteten är hög till mycket hög. Det visar att det finns goda förutsättningar för att bibehålla en acceptabel pH-nivå om inte för stor försurande påverkan sker. Grundvattnet bedöms därför inte vara försurningskänsligt. Då grundvattnet inte anses vara försurningskänsligt medför riskklassningen av miljöpåverkan från berg från provpunkt 1-3 och 5-6 en liten risk (K4). Bedömningen av riskklassningen för provpunkt 4 är sammankopplad med försurningsgraden som ges av den höga sulfidhalten och att mer än 10 000 ton bergmaterial schaktas från området, vilket enligt bedömningsgrunderna medför en stor risk för miljöpåverkan. Den förhöjda sulfidhalten indikerar på att det kan finnas variationer i hela bergvolymen.

Denna riskbedömning gäller endast för de ca 1 300 m³ respektive ca 72 000 m³ överskottsmassor som planeras krossas och återanvändas inom programområdet. Denna riskbedömning utgår från att berget särhålls baserat på bergets karakterisering och egenskaper. Därför ska bergkross från det gravt vittrade området inte blandas ihop med det övriga bergkrosset. Riskbedömningen gäller ej överskottsmassor från området som transporterats till annan plats.

6.5. Förslag på hantering av bergmaterialet

Inom den sekundära skyddszonen för Östra Mälaren, som aktuellt programområde omfattas av, får mark- och anläggningsarbeten samt nya berg- och grustäkter inte bedrivas på ett sätt som kan medföra risk för vattenförorening. Det är därför av stor vikt att masshanteringen sker på ett sådant sätt som inte medför några risker för ytvattenförekomsten eller den närliggande miljön.

Den utförda provtagningen har utförts med syfte att vara så representativ som möjligt för det undersökta området, men då det är en liten del av berget som provtagits finns osäkerheter i resultatet. Ytterligare undersökning av eventuella framtida risker med det sulfidhaltiga berget kommer därför att utföras.

För bedömning av påverkan från sulfidhaltiga massor har Trafikverkets rapport 2015:057, *Handbok för hantering av sulfidförande bergarter*, använts. Trafikverket

arbetar med att revidera handboken för sulfidhaltiga massor. Vid tidpunkten för genomförandet av denna riskbedömning fanns inget annat känt underlag för att bedöma risker med sulfidhaltigt berg. Enligt handboken bedöms berg från punkt 4 ha en stor förurningspotential och innebära en stor miljörisk. Handboken tar vid bedömningen inte hänsyn till bergets neutraliseringsförmåga. Om man även tar med resultaten från detta i bedömningen ser man att berg från punkt 1 bedöms vara syraproducerande samt att risken att berg från punkt 2 (och 4) är syraproducerande inte går att avskriva.

Projektet kommer att mellanlagra losshållet bergmaterial i upplag inom delar av programområdet där lera förekommer, främst i den nordvästra delen (norra delen av Diametern 2). Detta är möjligt först efter att befintliga byggnader rivits. Inom den nordvästra delen av programområdet förekommer lera under befintliga byggnader och marköverbyggnader med mera som fungerar som ett naturligt geomembran som förhindrar spridning av lakvatten. Bergmaterialet läggs upp i en iordningställd lerbotten eller på kvarlämnade bottenplattor av betong från de rivna byggnaderna. Upplagen ordnas så att berg från olika riskklasser inte blandas. Det är av särskilt stor vikt att massor från punkt 1, 2 och 4 särhålls, då riskbedömningen visat att detta berg är eller åtminstone kan vara syraproducerande. Från punkt 1 och 2 erhålls endast en mindre mängd bergkross. Det material som läggs i upplag är det okrossade losshållna bergmaterialet, sprängstenen. Detta medför att bergmaterialets exponerade yta minskas, och därmed minskas även den potentiella oxidationen av berget och dess vittringsbenägenhet.

Diken anläggs runt respektive upplag för uppsamling och omhändertagande av lakvatten samt för att bedöma bergkrossets förurningsförmåga. Lakvattnet provtas kontinuerligt för kontroll och uppföljning av bergmaterialets miljöpåverkan på omgivningen. Provtagningen kommer även kunna visa på hur snabbt förurningen från det sulfidhaltiga berget avklingar. Inför provtagningen upprättas, i samråd med tillsynsmyndigheten, ett kontrollprogram som bl.a. beskriver provtagningsintervall och vilka parametrar som är aktuella att analysera.

När den initiala lakningen avklingat görs en bedömning om massorna kan användas som fyllnads- eller överbyggnadsmassor. Det kommer finnas möjlighet att behandla bergkrossen med exempelvis kalk för att på så vis hålla ett högre pH i lakvattnet och därmed minimera risken att metaller lakar ut. Det uppsamlade lakvattnet kan sedan, efter eventuell rening, avbörjas till lämplig recipient. Massorna kommer att ligga upplagda för kontroll av lakvatten under 1-2 års tid.

När bergmaterialet väl krossats till tänkta fraktioner läggs det direkt på sin slutliga plats och kommer sedan täckas av byggnader eller hårdgjorda ytor med täta ytskikt. Detta minskar risken för att bergkrossen kommer i kontakt med syre. Bergmaterial från den högsta riskklassen kommer att placeras under byggnader och ovan grundvattennivån för att minska risken för oxidering och lakning. Mellanlagring av krossat bergmaterial får inte förekomma annat än kortvarigt, ca 1 vecka, och då på särskilt iordningställda platser där eventuellt lakvatten kan tas om hand om så är nödvändigt.

7. REFERENSER

IVL (2010) Generell byggproduktinformation för bygg- och fastighetssektorn. Daterad 2010-09-08.

LAPAKKO, K. (2002). Lapakko, K., 2002. Metal Mine Rock and Waste Characterization Tools: An Overview. No. 67. Minnesota Department of Natural Resources, Division of Lands and Minerals, US. Posted on the Acid Drainage Technology Initiative – Metal Mining Sector web page at www.mackay.unr.edu/adti

LAWRANCE, R.W. and WANG, Y. (1996). Determination of neutralization potential for acid rock drainage prediction. MEND Report 1.16.3, Ottawa, ON, 149 p.

LOTTERMOSSER, B. (2003) Mine Wastes. Characterization, Treatment and Environmental Impacts. ISBN 978-3-662-05133-7.

MITTA (2019) Borrkärnekartering Objekt: Kungens Kurva.

NATURVÅRDSVERKET (2002) Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Metodik för inventering av förorenade områden. NV rapport 4918, Stockholm.

NATURVÅRDSVERKET (2006) Lakteter för riskbedömning av förorenade områden

NATURVÅRDSVERKET (2009a) Riktvärden för förorenad mark. NV rapport 5976, Stockholm. Inklusive reviderade bilagor 1-4, juni 2016.

NATURVÅRDSVERKET (2009b) Riskbedömning av förorenade områden. NV rapport 5977, Stockholm.

NATURVÅRDSVERKET (2020) Markförsurning <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Miljoovervakning/Bedomningsgrunder/Skogslandskap/Markforsurning/> Hämtad 2020-03-24

NITRO CONSULT (2019) Översiktlig berggrundskartering Kv. Diametern 2-6, Kungens kurva, Huddinge kommun. Daterad 2019-09-06.

SGU (2013) Bedömningsgrunder för grundvatten. SGU-rapport 2013:01. Daterad februari 2013.

SGU (2020) Sulfidmineral. <https://www.sgu.se/mineralnaring/gruvor-och-miljopaverkan/sulfidmineral/> Hämtad 2020-03-23.

STRUCTOR GEOTEKNIK STOCKHOLM AB (2017) Kv Diametern 2 m fl, Kungens kurva, Huddinge kommun. Planerad ny stadsdel, underlag till detaljplanearbete. Utrednings PM Geoteknik – Markförhållanden och grundläggning. Daterad 2017-11-20.

STRUCTOR GEOTEKNIK STOCKHOLM AB (2017) Kv Diametern 2 m fl, kungens kurva, Huddinge kommun. Planerad ny stadsdel, underlag till detaljplanearbete. Markteknisk undersöknings-rapport Geoteknik. Daterad 2017-11-20, reviderad 2018-08-31.

STRUCTOR GEOTEKNIK STOCKHOLM AB (2019) Kv. Diametern 2 m fl, Kungens kurva, Huddinge kommun. Planerad ny stadsdel. Utrednings PM Geohydrologi – Grundvattenförhållanden och planerade konstruktioner. Daterad 2018-11-15 reviderad 2019-01-31, reviderad 2019-05-09.

STRUCTOR UPPSALA AB (2018) Dagvattenutredning Diametern 2 m.fl., Huddinge kommun, Structor Uppsala AB. Utkast daterad 2018-07-06.

TRAFIKVERKET (2015) Handbok för hantering av sulfidförande bergarter. Rapport 2015:057, Stockholm.