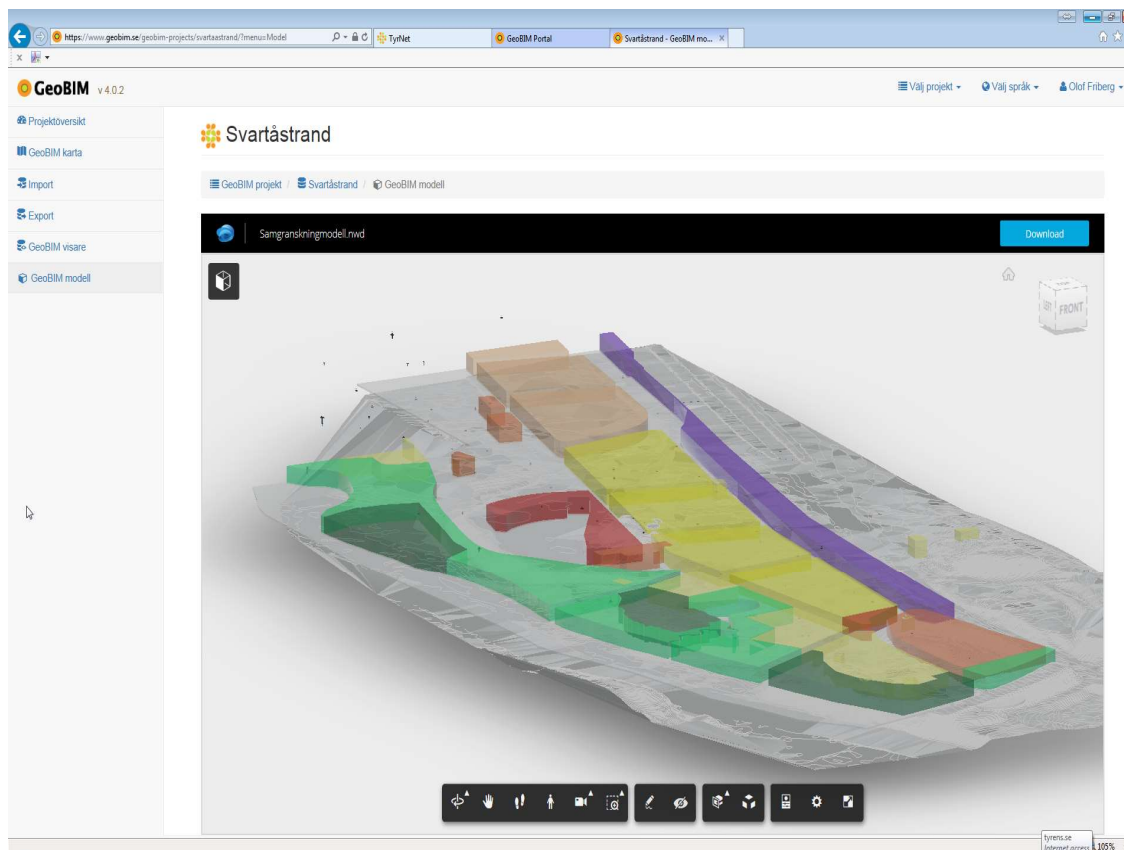


Masshantering med GeoBIM

SVARTÅSTRAND ETAPP 2



SLUTRAPPORT
2020-03-11

UPPDRAG 290806, Masshantering Svartåstrand etapp 2

Titel på rapport: Masshantering med GeoBIM, Svartåstrand etapp 2

Status: Slutrapport

Datum: 2020-03-11

MEDVERKANDE

Beställare: Mjölby kommun

Kontaktperson: Christoffer Kempe

Konsult: Tyréns AB

Uppdragsansvarig: Karin Axelström

Handläggare: Olof Friberg, Anna-Karin Jönsson

Kvalitetsgranskare: Niklas Ekberg

REVIDERINGAR

Revideringsdatum 2020-03-11

Version: Namn, Företag

Initialer: Namn, Företag

Uppdragsansvarig:

Karin Axelström

Datum: 2019-03-12

Handlingen granskad av:

Niklas Ekberg

Datum: 2019-03-12

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING.....	4
2	GEOBIM	4
3	OMRÅDESBESKRIVNING.....	5
3.1	GENERELL OMRÅDESBESKRIVNING	5
4	FÖRORENINGSSITUATION	7
5	PLANERAD MARKANVÄNDNING.....	12
6	KRAV PÅ MASSOR INOM NYA OMRÅDET	13
6.1	ALLMÄNT	13
6.2	GEOTEKNISKA KRAV	14
6.3	KRAV AVSEENDE MARKFÖRORENINGAR	14
7	BEHANDLING AV FÖRORENADE MASSOR.....	15
7.1	BAKGRUND	15
7.2	JORDTVÄTT.....	16
7.3	IN SITU	17
7.4	ASPEKTER FÖR GRUNDLÄGGNING INOM OMRÅDET EFTER SANERING ..	18
8	INDATA	18
9	VILLKOR.....	22
10	RESULTAT AV VOLYMBERÄKNINGAR.....	33
11	KOSTNADSBERÄKNINGAR	38
11.1	ALTERNATIVET MED JORDTVÄTT, IN SITU-BEHANDLING OCH DEPONERING.....	38
11.2	ALTERNATIVET MED DEPONERING.....	39
11.3	KOSTNADER FÖR UTREDNINGAR OCH MILJÖKONTROLL.....	40
12	FORTSÄTTNING	41
13	REFERENSER.....	41

Bilaga 1 Villkor

1 INLEDNING

Mjölby kommun planerar att låta omvandla Svartåstrand etapp 2, området kring gamla lokstallet i centrala Mjölby, från ett småskaligt industriområde och grönområde till bostadsområde. I dagsläget finns en fördjupad översiktsplan över området och arbete pågår med att utarbeta en detaljplan. Miljötekniska markundersökningar som Tyréns utfört under 2018 visar att området delvist är förorenat. Inför exploateringen kommer därför viss typ av efterbehandling av jord att krävas. Tyréns har fått i uppdrag av Mjölby kommun att utforma ett förslag till masshantering av området. Syftet med uppdraget är att precisera hur stora volymer jordmassor som behöver åtgärdas på grund av föroreningsinnehåll samt i vilken mån omDispositionering av jordvolymer från områden med överskott till områden med underskott kan genomföras. Därefter har en kostnadsuppskattning för masshanteringen kunnat utföras.

En översiktlig klassning och beräkning av massvolymer har i föreliggande utredning utförts utifrån de förutsättningar som definierats inom uppdraget. Analyserna och beräkningarna har utförts med hjälp av GeoBIM. Att arbetet görs med GeoBIM gör det möjligt att modifiera och förfina beräkningarna efterhand men det arbetet hänvisas till nästkommande etapp.

Arbetet med schaktplananalysen har utförts enligt följande:

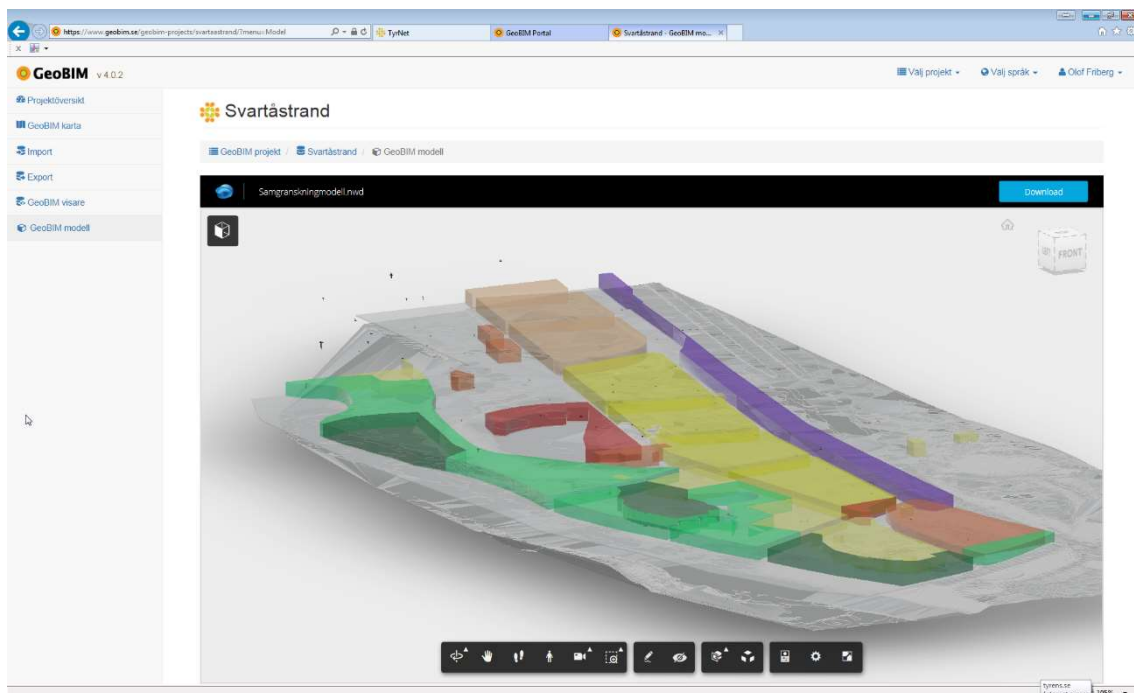
- Insamlande av data som beskriver de nuvarande förhållandena
- Tolkning och klassning av de nuvarande förhållandena
- Insamlande av data som beskriver de planerade förhållandena
- Formulering av villkor som måste uppfyllas för att de planerade förhållandena ska kunna uppfyllas.
- Volymberäkningar av olika typer av massor
- Kostnadsberäkningar för de olika massornas åtgärder

2 GEOBIM

GeoBIM är Tyréns framtagna arbetsmetod för hantering av undermarksinformation. I konceptet ingår en databas vilken kan hantera alla typer av georelaterad information. I det aktuella projektet har funktionerna för teknikdisciplinerna Geoteknik (GeoBIM) och Miljöteknik (tillägget EnviBIM) använts.

Vid import till databasen görs ett antal valideringar av informationen vilket säkerställer informationsinnehållets kvalitet. Vidare nyttjas GeoBIM för att göra automatiserade exporter till modelleringsunderlag, beräkningsunderlag och 3D-objekt m.m.

Informationen i GeoBIM-databasen tillgängliggörs via en WebPortal (www.geobim.se) där dataviewer, webkarta och web3Dmodell ingår som komponenter, se figur 1.



Figur 1. Vy i Web-portalen.

3 OMRÅDESBESKRIVNING

3.1 GENERELL OMRÅDESBESKRIVNING

Undersökningsområdet är ca 100 000 m² stort och beläget mellan Svartån och järnvägsstambanan mellan Stockholm-Malmö, cirka 300 meter söder om Mjölby resecentrum, se figur 2. Närmast järnvägen är området relativt plant men sluttar mot Svartån i väster.

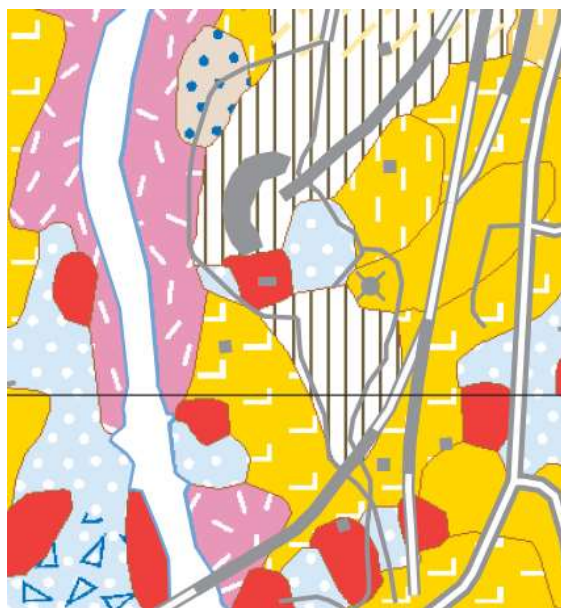
Norra delarna av området nyttjas som bussparkering och bilparkering. I anslutning till bussparkeringen finns de f.d. lokstallarna som idag är verkstad och kontor. Längst i söder finns fyra fritidshus belägna i ett skogsområde. Norr om fritidshusen fanns tidigare ett järnvägsspår som gick till Hästholmen. Järnvägen är numera riven men banvallen finns kvar. Längs befintlig järnväg i områdets östra begränsning, har området nyttjats som upplagsplats. Omedelbart öster om de f.d. lokstallarna finns ett markerat höjdområde med ett förseglat bergrum och resterna av en försvarsanläggning på toppen.

Enligt SGU:s jordartskarta utgörs jordarterna i området till största del av lera som övergår i svämsediment i väst. Höjdområdena har markerats som kalt berg med morän, se figur 3.

Undersökningar har visat att jordlagren oftast ytligt består av fyllning. Därunder följer vanligen lera eller siltig lera, ställvis är den överlagrad eller mellanlagrad av sand och/eller silt. I de mellersta delarna av området är lermäktigheten begränsad och underlagras av någon form av friktionsmaterial, troligen morän. I söder finns berg i dagen och morän. Det finns även ytligt berg inom delar av det centrala partiet av området, se figur 3.



Figur 2. Undersökningsområdet Svartåstrand etapp 2. Områdets ungefärliga utbredning är markerat i rött.
© Lantmäteriet/OptiWay AB.



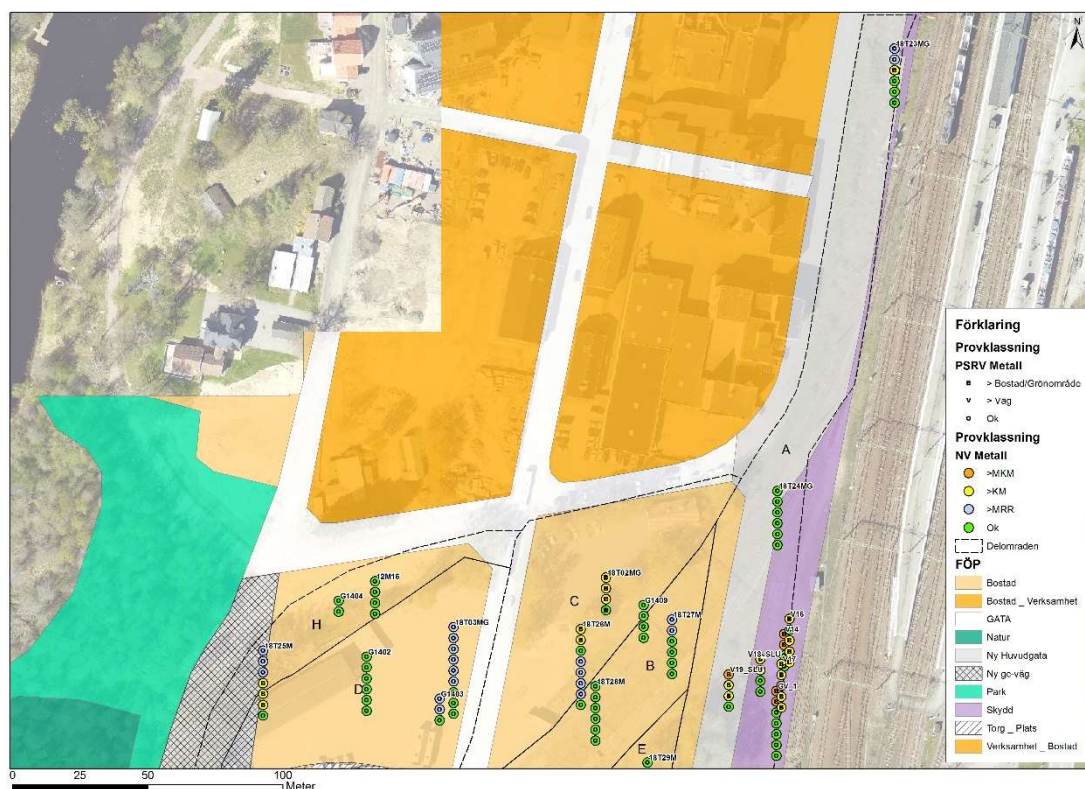
Figur 3. SGU:s jordartskarta. Blått med vita prickar visar morän, rött kalt berg, gult med liggande L visar lera, blå prickar på beige visar kärrtorv och rosa med streck svämsediment, ler-silt. Vertikal streckning visar fyllnadsmassor.

Området gränsar till Svartån. Naturmiljön kring Svartåns strand mellan kraftstationerna och Järnväggsgatan i Mjölby är enligt den fördjupade översiktsplanen utmärkt i kommunens naturvårdsprogram som högt värde (naturvärdesklass 3).

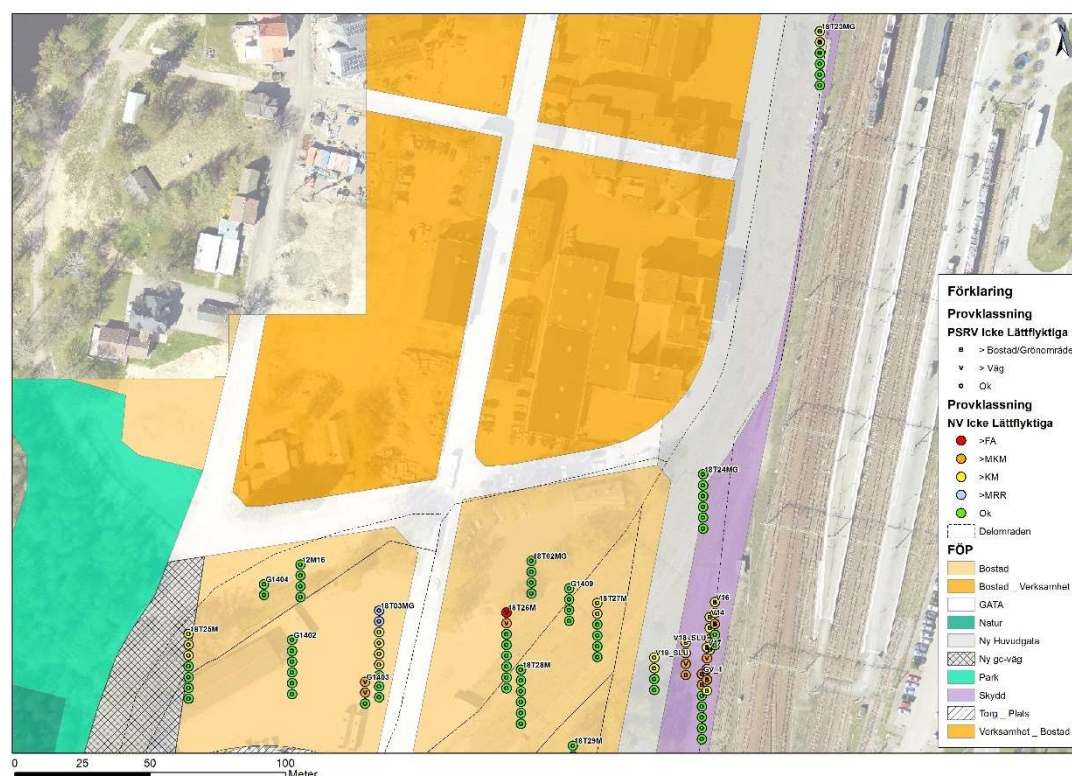
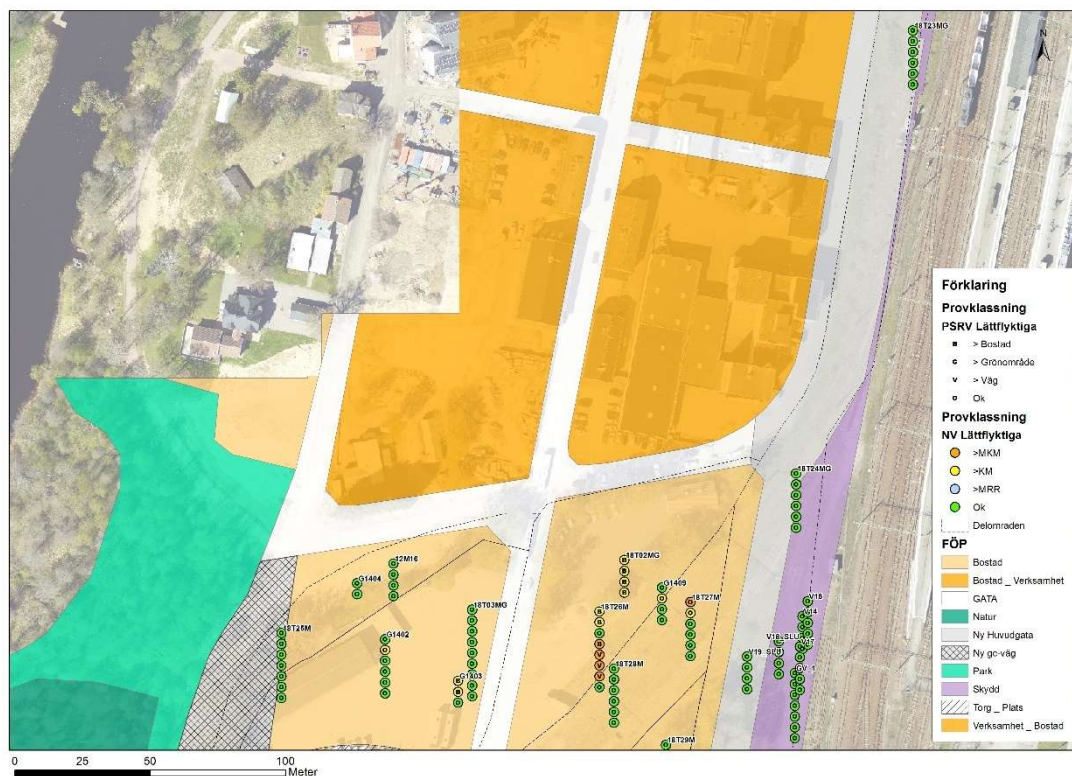
4 FÖRORENINGSSITUATION

Resultaten av de tidigare utförda undersökningarna av Svartåstrand etapp 2 redovisas i figur 4-6, där lättflyktiga organiska ämnen, icke lättflyktiga organiska ämnen respektive metaller redovisas separat.

I den norra delen av utredningsområdet, som utgörs av ett relativt sammanhängande område, består de övre marklagren till stora delar av utfyllnader. Fyllnadsmassorna uppgår till mellan 0,5-3 meter (ställvis 6,8 m) och utgörs av grusigt sandigt material, ställvis med inslag av kol. Provtagningspunkter där kol observerats förekommer i hela norra delen av utredningsområdet. Det har noterats att förekomst av föroreningar, främst metaller och PAH, generellt är högre i punkter där kol och/eller svart material har påträffats. Dock har även prov innehållande kol med låga föroreningshalter noterats (Tyréns, 2018).

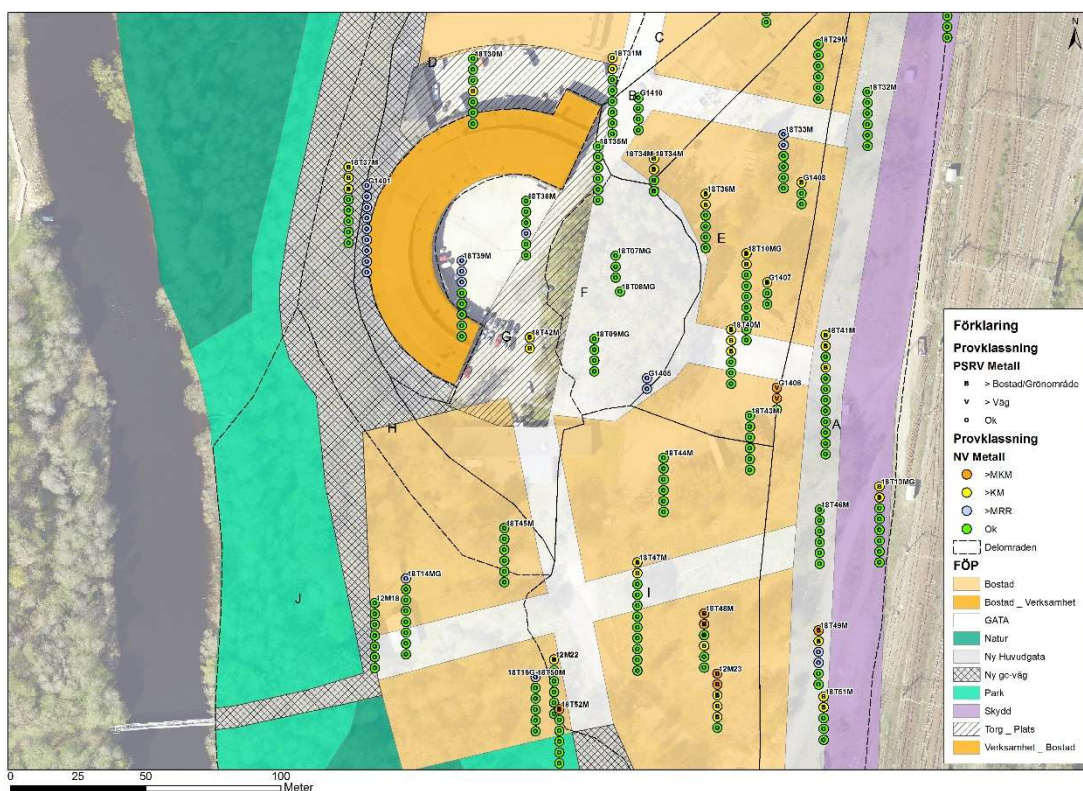


Figur 4a, Föroreningssituationen avseende metaller på norra delen av området.



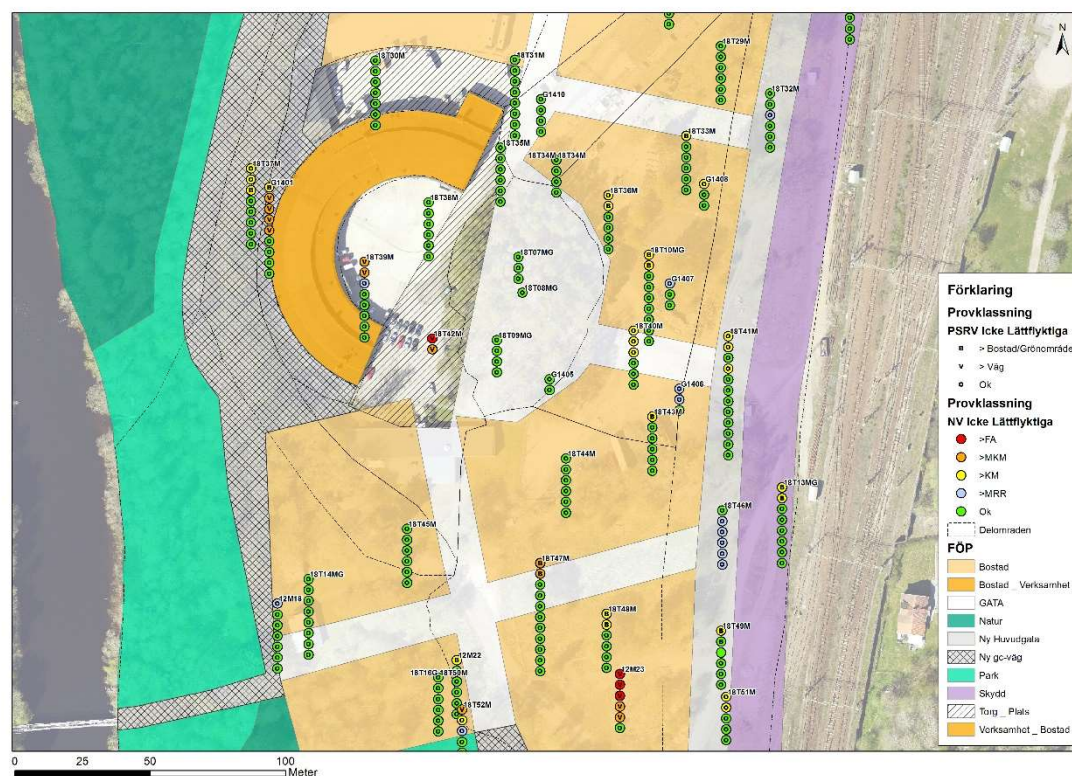
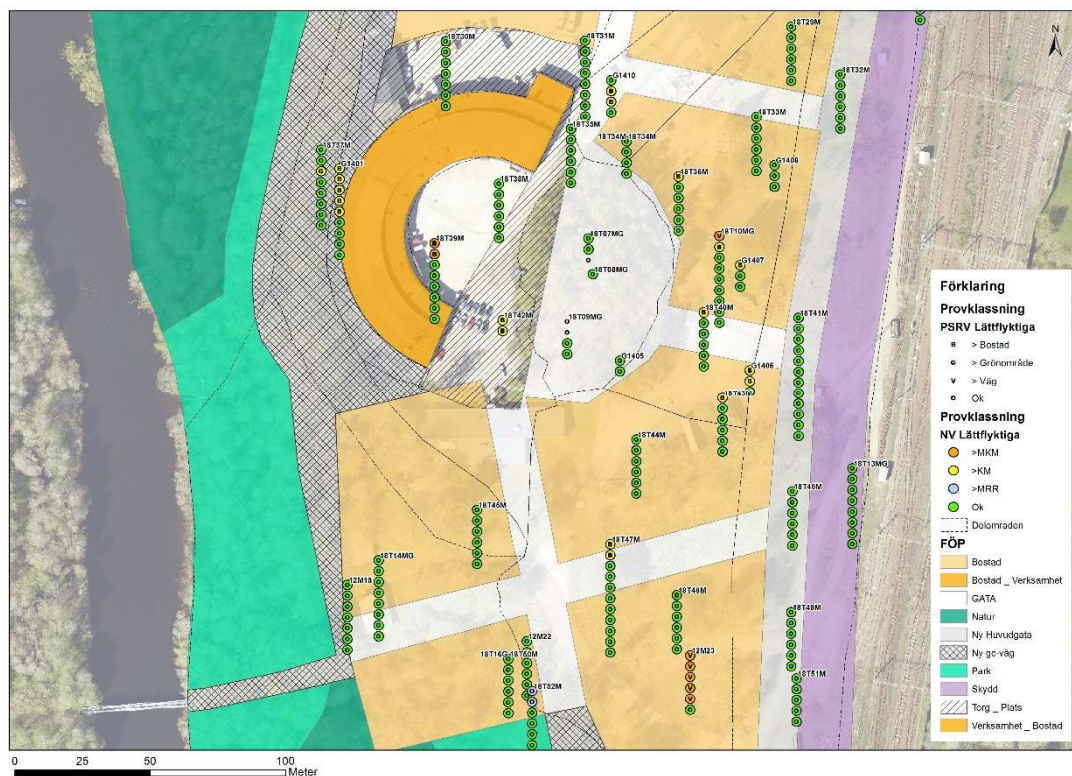
Figur 4b och c. Föroreningssituationen avseende lättflyktiga och icke lättflyktiga organiska ämnen på norra delen av området.

Som framgår av figur 4abc förekommer förorenad jord på flera platser inom den norra delen av Svartåstrand etapp 2. I flera punkter sammanfaller olika typer av föroreningar. I östra delen har ett tankställe för lok tidigare funnits och detta område är tydligt påverkat av petroleumföroreningar i såväl jord som grundvatten. Bensen och PAH-H har noterats i jord över MKM och över det platsspecifika riktvärdet för vägar, gator och torg. I en punkt har PAH-H över halkriterier för farligt avfall detekterats. Eventuellt hänger denna petroleumföroreningen samman med en punkt som noterats vara förorenad inne på det västra planerade kvarteret. Den metall som påträffats i halter över riktvärdet utgörs främst av arsenik. Kobolt och nickel har noterats i någon enstaka i nivå med riktvärde för bostäder.

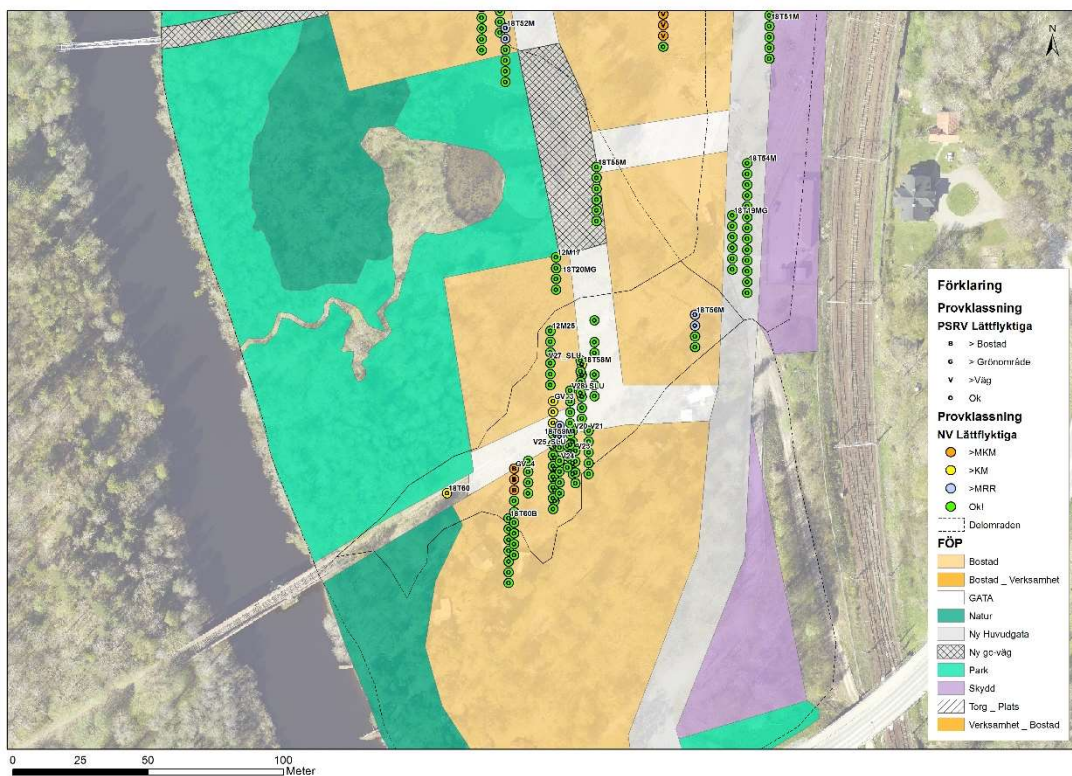


Figur 5a Föroreningssituationen avseende metaller på mellersta delen av området.

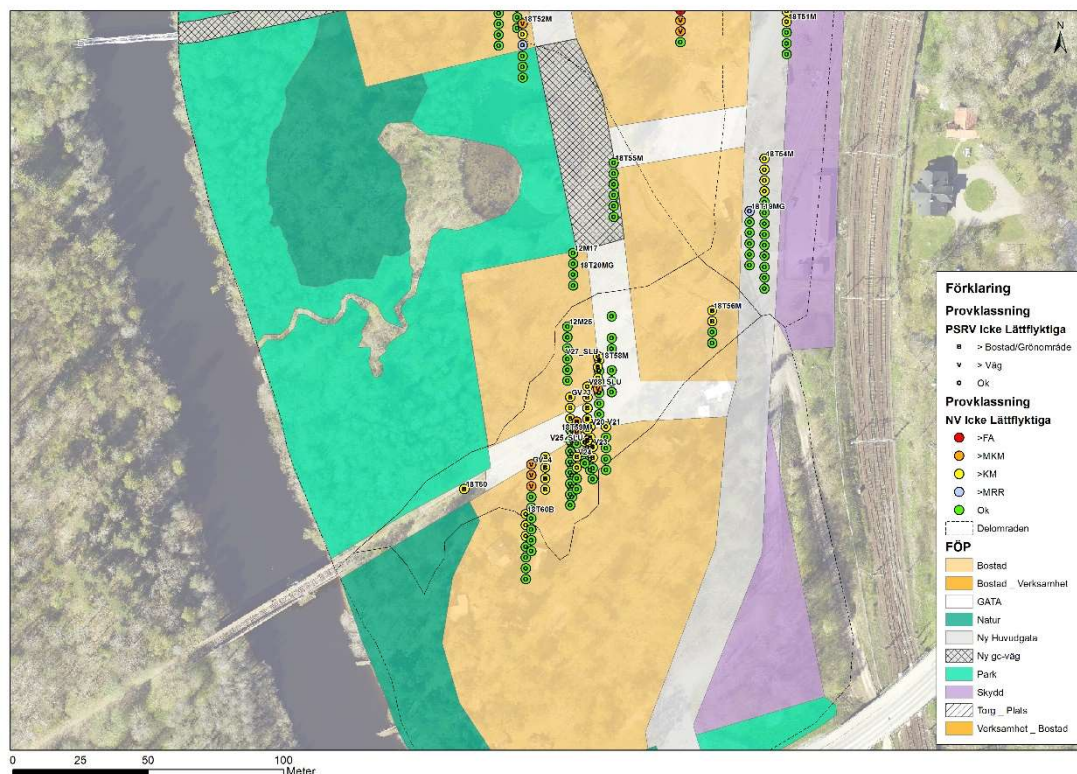
I de centrala delarna av Svartåstrand är det främst de östra delarna och invid de f.d. lokstallarna som är påverkade av metallföroreningar över platsspecifika riktvärden för bostäder, se figur 5abc. Även lättflyktiga organiska ämnen följer samma mönster med högsta halter i punkter inom lokstallens innergård, öster om bergshöjden och i sydost. Dessa tre områden bedöms inte vara någon sammanhängande förorening. Även för icke lättflyktiga organiska ämnen återkommer i princip samma mönster. Bakom lokstallen har petroleumföroreningar i form av aromater och PAH noterats, dessutom finns petroleumföroreningar på lokstallets innergård som kan hänga samman med de bakom lokstallet. Även föroreningar i halter över kriteriet för farligt avfall har uppmätts på lokstallets innergård. Bly har påträffats i någon punkt öster om bergshöjden och barium på innergården till lokstallet över platsspecifika riktvärden för bostäder. Även arsenikhalter över platsspecifika riktvärdet för gator, vägar och torg har noterats.



Figur 5bc. Föroreningssituationen avseende lättflyktiga och icke lättflyktiga organiska ämnen på mellersta delen av området.



Figur 6ab Föroreningsituationen avseende metaller och lättflyktiga organiska ämnen på södra delen av området.



Figur 6c. Föroreningssituationen avseende icke lättflyktiga organiska ämnen på södra delen av området.

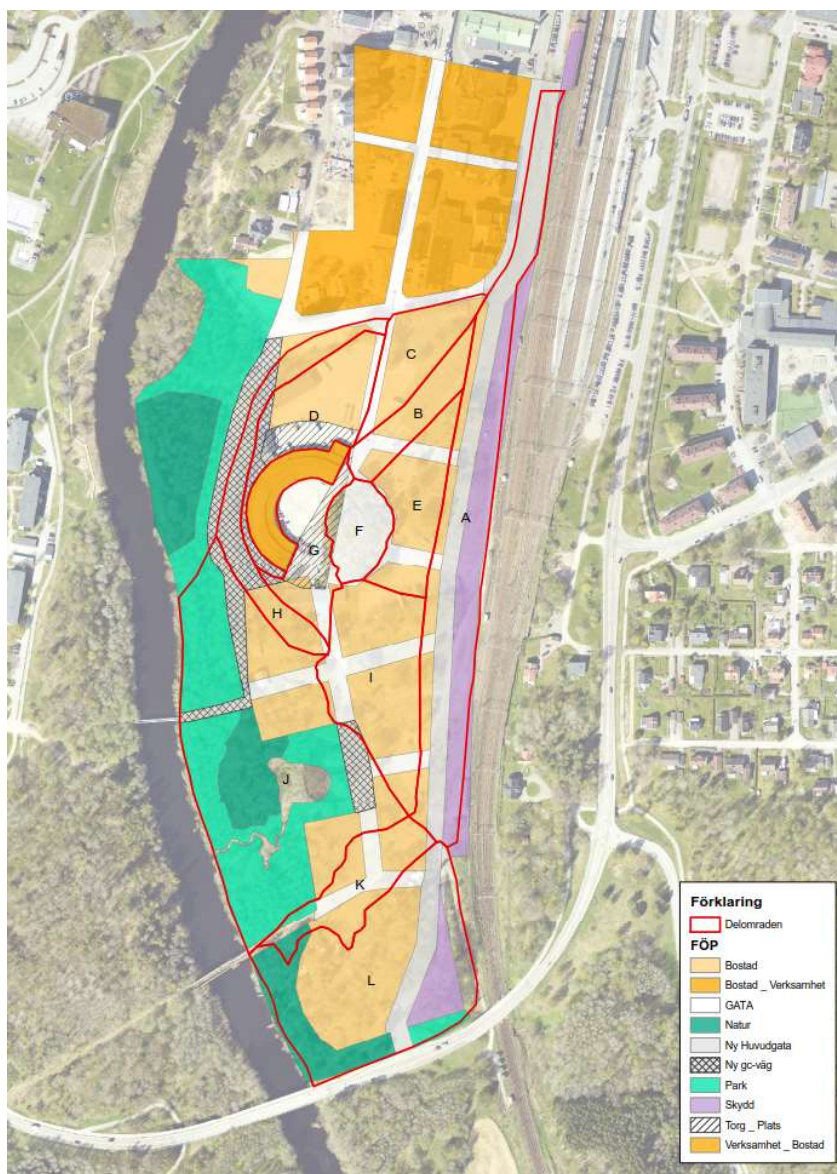
Föroreningssituationen i södra delen av utredningsområdet, se figur 6abc, domineras av det område som tidigare inrymde järnvägsspåret till Hästholmen inklusive de lokstallar som brann ner 2008. Föroreningarna utgörs främst av arsenik, PAH-H och i några punkter även aromater, koppar, kvicksilver och bly. Även bekämpningsmedlet diuron har uppmätts över riktvärde.

För mer utförlig beskrivning av föroreningssituationen inom utredningsområdet hänvisas till Tyréns (2018).

5 PLANERAD MARKANVÄNDNING

Det aktuella området har i den fördjupade översiktsplanen pekats ut som ett område som ska omvandlas till bostadsområde med flerfamiljsbostäder och grönområden. Enligt den fördjupade översiktsplanen som just nu genomgår en översyn, kommer bostadskvarter med olika antal våningar att uppföras, se figur 7. Vilken marknivå som ska tillämpas inom området är under utredande. Lokstallarna, som planeras att sparas, ligger invid en markerad höjd som inrymmer en äldre försvarsanläggning på höjden och ett bergrum vars ingång vetter mot väst. Då passagen mellan höjdområdet och lokstallarna är relativt begränsad kommer åtminstone delar av höjdområdet att tas bort för att ge utrymme för en lokalgata. Magasingatan planeras att förlängas i områdets östra delar och utgöra en genomfartsgata inom området. De olika kvarteren kommer att kringgärdas av lokalgator och även inom kvarteren kommer gator och gångstråk att finnas. Olika kvarter kan komma att bebyggas med byggnader med olika antal våningar, vilket påverkar vilken grundläggning som kan komma att krävas. I vissa fall kan viss urschaktning krävas, vilket påverkar schaktplanen. Schaktplanen kommer även att påverkas om källare anläggs, vilket ännu inte har bestämts. Längs Svartån finns naturområde med skyddsvärd natur i form av bland annat alskog, som kommer att sparas och ingå i ett naturområde. Områdets östra begränsning utgörs av södra stambanan vilket gör att behov av bullerreduktion kommer föreligga då bostäder planeras att uppföras. Bullervallar eller parkeringsgarage eller liknande kan då bli aktuellt i detta område.

Dagvattendammen som finns i områdets centrala delar kommer att finnas kvar, om än i en större tappning. I sydväst finns en äldre banvall som tidigare inrymde ett järnvägsspår till Hästholmen. I anslutning till banvallen fanns tidigare lokstallar i området. Dessa brann dock ner 2008. Banvallen är tänkt att bevaras som ett gångstråk och den järnvägsbro som finns kvar avses renoveras. Banvallens norra sida sluttar starkt mot norr och skulle eventuellt kunna fyllas ut för att göras mer lättillgänglig och öka säkerheten.



Figur 7. Den fördjupade översiktplanen daterad 2018-xx-xx. Den nya huvudgata som löper parallellt med järnvägen är en förlängning av Magasinsgatan.

6 KRAV PÅ MASSOR INOM NYA OMRÅDET

6.1 ALLMÄNT

En aspekt vid utformningen av området är dels hur stora volymer av de befintliga jordmassorna som behöver schaktas ur men även dels hur stor andel av dessa massor som kan återanvändas på annan plats inom området. Genom att optimera marknivå och utformningen av landskapet

kan mängden överskottsmassor minimeras. I föreliggande utredning har även hänsyn tagits till markföroreningar och att olika markanvändning ställer olika krav på jordmassors renhetsgrad. Massor som kommer att användas vid anläggande av vägar och gator har exempelvis lägst krav vad gäller renhetsgrad. Detta innebär att vissa massor som finns i områden där bostäder ska byggas och som innehåller föroreningar i halter över riktvärdet för bostäder, kan – i de fall de underskrider riktvärdena för gator och vägar – istället användas som utfyllnad i gator och vägar. Detta gäller enbart i de fall som massorna även uppfyller de geotekniska kraven som ställs.

6.2 GEOTEKNISKA KRAV

Massor under byggnader måste vara fria från organiskt innehåll. De massor som jordtvättas måste för att få läggas tillbaka inom tomtmark vara packningsbara och efter återfyllnad packningskontrolleras då mäktigheten överskrider 0,5 m.

Det är ej önskvärt att grundlägga byggnader på okontrollerad fyllning. Detta innebär att inom områden där fyllningen inte är förorenad över uppställda platsspecifika riktvärden, så måste fyllningen kontrolleras ytterligare. Den får exempelvis inte ha något organiskt innehåll. Eventuellt krävs att fyllningen packas för att få ligga kvar under byggnad.

6.3 KRAV AVSEENDE MARKFÖRORENINGAR

De jordlager som finns inom området har tidigare undersökts (Tyréns, 2018) och har konstaterats ställvist vara förorenade. I samband med detta genomfördes en riskbedömning där platsspecifika riktvärden beräknades utifrån Naturvårdsverkets beräkningsmodell för förorenad jord (Naturvårdsverket 2009). De platsspecifika riktvärdena kan tillämpas som krav för de olika områdena/markanvändningstyperna. Tre olika markanvändningstyper inom Svartåstrand definierades, som bedömdes ha olika krav beträffande föroreningsnivåer. Dessa tre markanvändningstyperna är följande:

- Bostäder
- Grönområden och bullervallar
- Gator, vägar och torg

Riktvärden som beräknades för de två markanvändningarna Bostäder och Grönområden och bullervallar utgår från ett standardscenario för känslig markanvändning (typ bostäder) medan riktvärdet för Gator, vägar och torg utgår från ett standardscenario för mindre känslig markanvändning (typ industriområden). Vissa avsteg från Naturvårdsverkets beräkningsmodell har gjorts för samtliga scenarier, bland annat har grundvattenskydd inte beaktats. Vid beräkning av riktvärden för bostäder har det förväntade intaget av växter som odlats på platsen reducerats från 10 % till 2 % av det totala intaget. Även riktvärden för Grönområden och bullervallar har samma antagande om intag av växter från platsen, dessutom har andelen inomhusvistelse ansatts till 0 %. Riktvärden för vägar och gator beaktar inte intag av växter och har en reducerad exponeringstid (20 dagar per år), dessutom har den antagna grundvattenbildningen reducerats från 100 mm/år till 50 mm/år. Beräkningarna av riktvärden framgår av tabell 1. För närmare information och motivering om bedömningarna hänvisas till Tyréns 2018. I föreliggande utredning har ytterligare en justering utförts, jämfört med Tyréns 2018. Det gäller riktvärdena avseende gator, vägar och torg. Vid beräkningar med Naturvårdsverkets beräkningsmodell blir dessa riktvärden med givna förutsättningar mycket höga och överskrider i vissa fall gränsen för farligt avfall. Det finns flera skäl att inte vilja ha kvar massor med mycket höga halter inom ett område, bland annat kan risken för misstag göra att massor hamnar inom en markanvändningstyp som den inte är avsedd för. I gränsområdet mellan olika markanvändningstyper finns dessutom en risk för oönskad omblandning av massor. För att förhindra att detta sker har riktvärdet för gator, vägar och torg justerats ner så att det maximalt uppgår till fem gånger riktvärdet för grönområden och bullervallar. Samtliga platsspecifika riktvärden framgår av tabell 1.

Tabell 1. Platsspecifika och generella riktvärden. Enhet mg/kg TS.

	Bostäder	Grönomr. och bullervall	Vägar, gator och torg	Generellt riktvärde KM	Generellt riktvärde MKM
Arsenik	10	10	50	10	25
Barium	200	200	1000	200	300
Bly	80	80	400	50	400
Kadmium	3,5	3,5	17,5	0,8	12
Kobolt	20	20	100	15	35
Koppar	80	80	400	80	200
Krom tot	80	80	400	80	150
Nickel	70	70	350	40	120
Zink	250	250	1250	250	500
PAH-L	3,0	3,0	15	3	15
PAH-M	3,5	10	50	3,5	20
PAH-H	2,5	2,5	12,5	1	10
Alifat >C5-C8	25	50	250	25	150
Alifat >C8-C10	25	100	500	25	120
Alifat >C10-C12	100	100	500	100	500
Alifat >C12-C16	100	100	500	100	500
Alifat >C16-C35	100	100	500	100	1000
Aromat >C8-C10	10	10	50	10	50
Aromat >C10-C16	3,0	3,0	15	3	15
Aromat >C16-C35	10	10	50	10	30
Bensen	0,20	4,0	20	0,012	0,04
Kviksilver	0,35	2,0	10	0,25	2,5
Vanadin	100	100	500	100	200
Diuron	0,10	0,10	0,5	0,025	0,08

7 BEHANDLING AV FÖRORENADE MASSOR

7.1 BAKGRUND

För att undvika att omotiverat stora mängder förorenade massor transporteras bort och deponeras har alternativa lösningar utretts (Tyréns 2018). Genom att behandla massorna på olika sätt ges förutsättning för återanvändning inom området.

Eftersom behandlingsbarheten är starkt förknippad med typ av förorening, har påträffade föroreningar indelats i tre grupper som avgör behandling:

- Lättflyktiga organiska ämnen
- Icke lättflyktiga organiska ämnen
- Metaller

Ämnen som klassats som lättflyktiga organiska ämnen är följande:

- bensen,
- PAH-L,
- Alifater >C5-C8,
- Alifater >C8-C10,
- Alifater >C10-C12,
- Alifater >C12-C16,
- Aromater >C8-C10 och
- Aromater >C10-C16

Följande ämnen har klassats som icke lättflyktiga organiska ämnen:

- PAH-M,
- PAH-H,
- Alifater >C16-C35,
- Aromater >C16-C35 och
- Diuron.

Metaller som analyserats är arsenik, barium, bly, kadmium, kobolt, koppar, krom_{tot}, nickel, zink, kvicksilver och vanadin. Enbart vissa har dock påträffats i nivåer som utgör någon risk.

7.2 JORDTVÄTT

Jordtvätt är en behandling som kan utföras på olika typer av föroreningar. Dock passar den inte för behandling av jord innehållande flyktiga ämnen, eftersom man då riskerar att få okontrollerbar spridning via luften. Däremot metaller och flera icke lättflyktiga organiska ämnen som PAH kan metoden fungera bra för. Antingen schaktas den förorenade jorden upp och transporteras till en externt belägen jordtvättsanläggning eller så etableras en mobil anläggning i anslutning till platsen. Det senare alternativet inrymmer fördelen att mängden transporter minskar vilket annars kan vara en betydande miljöpåverkan. Fördelen med behandling på plats är dessutom att återanvändning av de behandlade massorna underlättas, då de vanligtvis kan nyttjas på den ursprungliga platsen. Dock krävs att tillräckligt stor mängd massor finns att behandla för att det ska vara lönsamt att etablera jordtvätt på en plats. Minst 4000 ton krävs enligt Svevia. Dessutom krävs att tillräckligt med utrymme finns för att kunna lägga upp och sortera massorna. Svevia beskriver på sin hemsida hur en mobil jordtvättsanläggning fungerar (<https://www.svevia.se/dina-behov/sanering-av-mark-och-vatten/behandlingsmetoder/jordtvatt---sa-funkar-den.html>):

1. Den förorenade jorden grävs upp av en grävmaskin och placeras i en hög.
2. En hjullastare hämtar jorden och lägger den i tvättens matarficka.
3. Jorden matas in i en tank där den blandas med vatten. Därefter utsätts den för högt tryck som gör att föroreningar skrubbas bort och hamnar i vattnet.
4. Jorden delas upp i två fraktioner, en grov och en fin. Vattnet från den grova fraktionen sällas bort via ett avvattningsdäck. Den rena jorden matas ut och läggs i en hög. Efter kontroll används den för återfyllning.
5. Vattnet från avvattningsdäcket och de fina partiklarna pumpas till separatorn. Efter att ett kemiskt ämne tillsatts klumpas små partiklar och en del

föroreningar ihop sig och faller ner till botten. Det som blir kvar efter att vattnet separerats kan behandlas ytterligare eller köras på deponi.

6. Vattnet samlas i en vattentank. Vattnet pumpas vid behov tillbaka in i systemet.
7. Från en elcontainer styrs arbetet.

Jordtvätt kan enligt kontakter med Svevia (Marie Eriksson, personlig kommentar) inte tillämpas på jordarter med för stor andel finmaterial < 0,2 mm. Detta eftersom jordtvätt till stora delar bygger på antagandet att föroreningarna föreligger i de mindre fraktionerna och att dessa avskiljs vid jordtvättningen. De mindre fraktionerna som avskiljs har vanligtvis mycket höga halter föroreningar och kräver separat omhändertagande, exempelvis deponering. Omkring 15% kan vara maxgräns för andelen finmaterial, men det beror även på hur siktkurvan ser ut i övrigt. Morän brukar vanligtvis fungera bra för jordtvätt.

7.3 IN SITU

Ett antal olika in situ-metoder finns att tillgå för att behandla jordar med olika typer av organiska föroreningar. Med in situ menas att jorden behandlas på plats utan att grävas upp. För att kunna nå föroreningarna brukar vanligtvis ett antal brunnar installeras i det förorenade området och via brunnarna kan olika ämnen eller värme tillsättas. Eftersom föroreningarna inom Svartstrand etapp 2 utgörs av en kombination av dels lättflyktiga ämnen som aromater och bensen samt icke lättflyktiga ämnen som PAH, krävs sannolikt en kombination av någon form av biologisk behandling som stimuleras genom injektering av syre/näring angriper kolkedjor upptill C16. För tyngre petroleum samt PAH krävs sannolikt annan behandling som exempelvis kemisk oxidation, även kallad geooxidation. Såväl biologisk behandling som kemisk oxidation försvåras och kan ta ansevärt lång tid om jordarten är finkornig eftersom ett visst genomflöde av såväl syre som vatten krävs.

Från Åtgärdsportalen:

"Stimulerad bionedbrytning *in situ* tillämpas för behandling av jord, sediment och grundvatten som förorenats av petroleumkolväten, klorerade lösningsmedel, klorfenoler och en rad andra organiska föroreningsämnen. Metoden kan tillämpas både över och under grundvattennivån, och fungerar bäst vid relativt genomsläppliga jordlagerförhållanden där tillförda substrat kan fördelas någorlunda homogent och komma i kontakt med föroreningarna. Med moderna injekteringstekniker har behandlingsmöjligheterna ökat även för lågpermeabla jordar. Metoden är lämplig för behandling av föroreningsplymer med måttliga föroreningshalter. Är föroreningshalterna alltför höga föreligger en risk för att de bakterier som katalyserar den biologiska nedbrytningsprocessen inte överlever, vilket i sin tur leder till att nedbrytningsprocessen avstannar. Bioaugmentering, varvid mikroorganismer tillsätts tillsammans med lämpliga näringssubstrat och i vissa fall kolkälla, har under senare år visat sig vara tillämpbar även för behandling av källzoner, framförallt för behandling av klorerade kolväten.

Geooxidation

De vanligaste oxidationsmedlen vid kemisk oxidation in situ är kalium- och natriumpermanganat, Fentons reagens (väteperoxid med tvåvärt järn), ozon och persulfat. Oxidationsmedlet injekteras via slitsade/perforerade rör (modell grundvattenrör av PVC eller PEH-plast), eller genom s.k. direktinjektering via sonderingsrör av stål. Oxidationsmedlet verkar nästan uteslutande på föroreningar som föreligger lösta i grundvattenzonen. Genom att blanda oxidationsmedlet med ytaktiva ämnen kan föroreningar som är bundna till jordmatrisen desorberas och övergå i vattenlöslig fas, varigenom föroreningarna görs tillgängliga för kemisk oxidation.

Metoden är relativt oberoende av jordlagrens kornstorlekssammansättning. Detta beror emellertid delvis på den hydrauliska uppspräckning som inträffar vid respektive injektionspunkt i samband med att oxidationsmedlet tillförs under kraftigt övertryck. För oxidationsmedel med långsam förbrukningstakt bidrar också diffusiv transport till oxidationsmedlets spridning i grundvattenzonen. Eftersom diffusiv transport är betingad av koncentrationsskillnader kan "långsamverkande" oxidationsmedel tränga in även i lågpermeabla zoner."

Eftersom merparten av PAH-föreningarna vid Svartåstrand befinner sig ovan grundvattenytan är behandlingsmetoden beroende av att ytaktiva ämnen används för att göra föreningarna mottagliga för behandlingen. Det innebär att finkorniga jordarter kan vara komplicerade att behandla eftersom ytaktiva ämnen får svårt att tränga in i jordvolymen. Vid behandling genom geooxidation kan lakbarheten av arsenik och antimon öka. Eftersom arsenikförorenad jord ställvist finns inom Svartåstrand bör det säkerställas att jordmassor som eventuellt behandlas med geooxidation har låga halter arsenik.

7.4 ASPEKTER FÖR GRUNDLÄGGNING INOM OMRÅDET EFTER SANERING

Jordtvätt innebär att massorna grävs upp från sin naturliga plats och lagringsstrukturen förändras. I samband med jordtvätten tvättas även delar av finfraktionen bort. För att få ett tillfredsställande resultat vid återfyllning krävs att materialet har goda packningsegenskaper, att lagren läggs ut enligt rekommenderad lagringstjocklek och att packningsarbetet är godkänt. Det bör även finnas möjlighet att förbättra jordens egenskaper genom att blanda in andra fraktioner.

Vid in-situ sanering då massorna ligger kvar på sin ursprungliga plats påverkas sannolikt inte lagringen i lika stor grad som vid jordtvätt, men det ges heller inte någon större möjlighet att påverka egenskaperna till det bättre genom packning eller "förädling".

Naturligt lagrad oorganisk jord har varierande hållfasthets- och deformationsegenskaper inom området, från lösare lera och silt till morän och berg.

8 INDATA

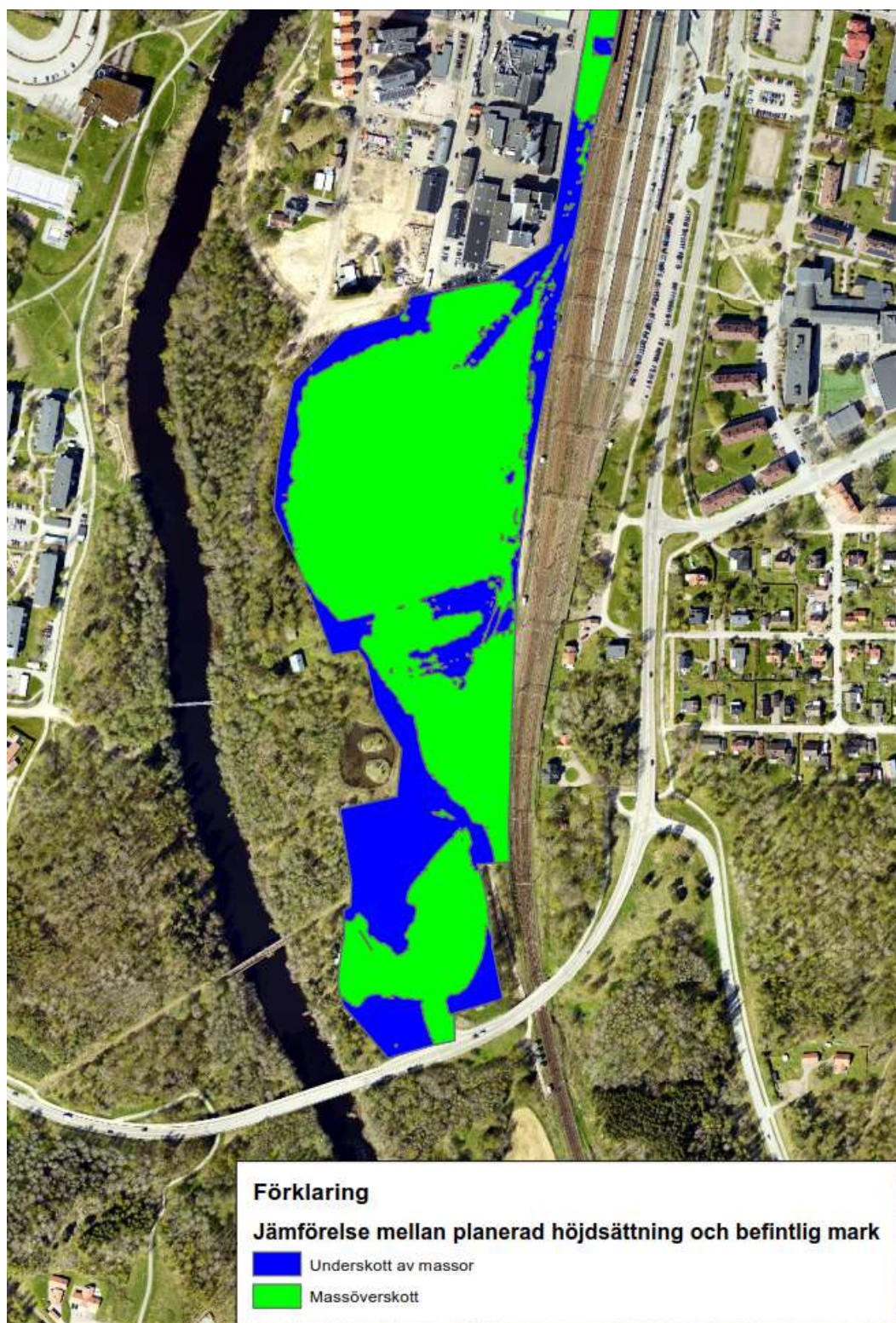
Arbetet med Geobim innebär att förutsättningar i form av indata relativt enkelt kan ändras och beräkningar förnyas. Vid beräkningarna i föreliggande utredning har de indata använts som funnit tillgängliga.

En faktor som påverkar mängden massor är vilken marknivå som kommer att väljas. I föreliggande utredning har de marknivåer tillämpats som erhållits av Mjölby kommun. Marknivåerna framgår av figur 8. Inom kvarteren har dock en schablonmässig sänkning av markytorna utförts med 0,4 meter, detta för att ta hänsyn till anläggningsschaktning.



Figur 8. De planerade marknivåer som föreliggande utredning utgått ifrån. Siffrorna anger meter över havet.

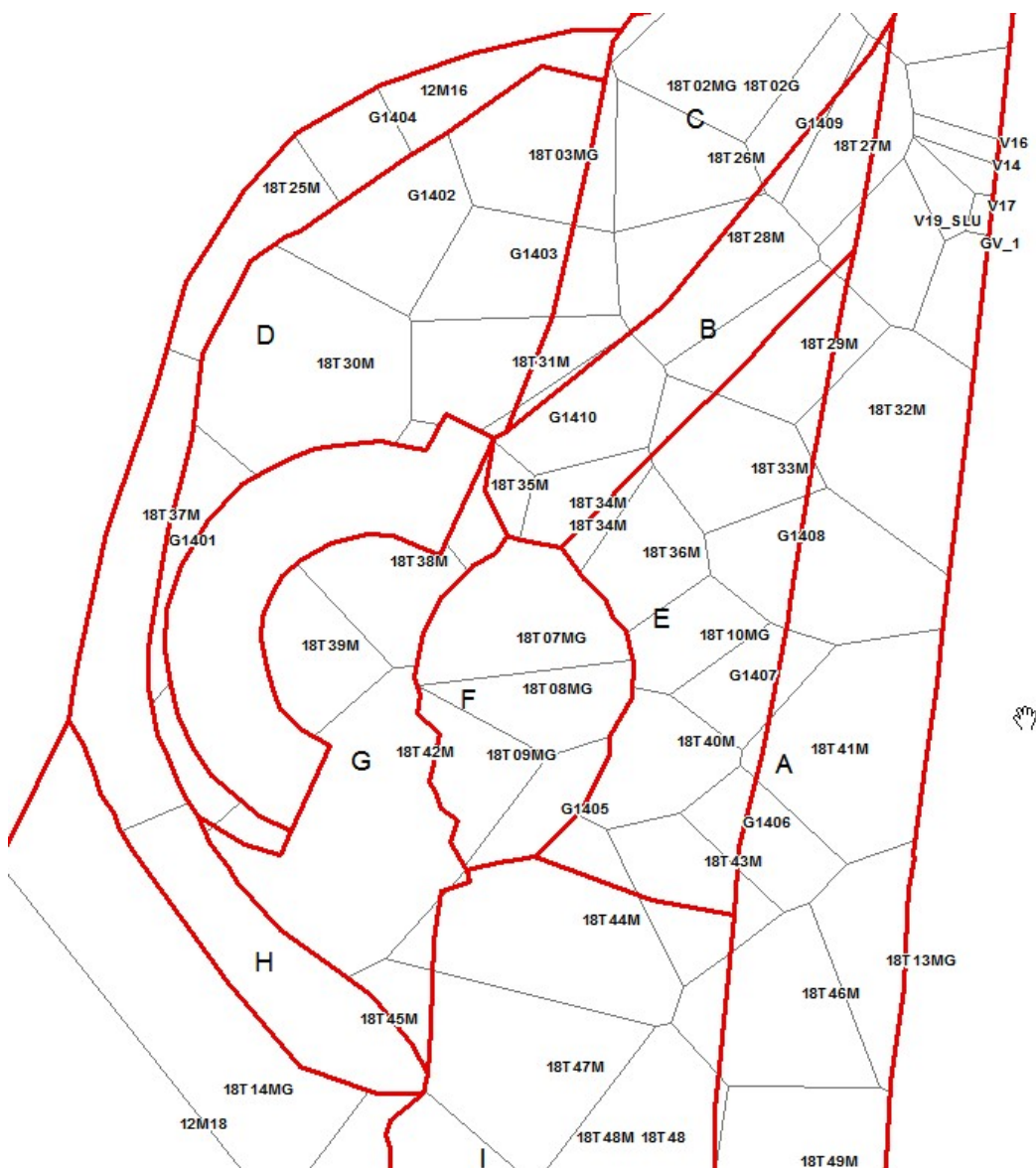
En enkel analys där befintlig markyta, hämtad från terrängmodell erhållen från Mjölby kommun, jämförts med planerad markyta har gett vilka områden som kommer ha underskott av massor och vilka områden som kommer ha överskott, se figur 9.



Figur 9. Analys av områden med överskott respektive underskott av massor

Vid volymsberäkningar har hela området delats in i mindre enheter utifrån kända provtagningspunkter. Beräkningen bakom ytan är en så kallad Thiessen-beräkning där varje provpunkt genererar ett influensområde inom vilket det är närmare till den

aktuella punkten än till någon omkringliggande punkt. Beräkningen har dock tagit hänsyn till tidigare framtagna egenskapsområden A-L (se Tyréns 2018) mot bakgrund av deras något varierande karaktär (gällande geotekniska och miljötekniska förutsättningar). I beräkningen hanteras område F, H, J, K och L separat medan A-D, E, G, och I bedömts lämpligt att hantera som ett gemensamt område. Således har egenskapsområdena nyttjats som brytlinjer vid ytgenereringen, se figur 10.



Figur 10. Influensområden

Varje influensområde har indelats i halvmetersskikt och klassats utifrån geotekniska och miljömässiga förhållanden. Vad gäller geotekniska förhållanden har tolkning av jordlagren utförts utifrån beskrivning vid skruvborring, sonderingar och jordartskartan. Ställvis har informationen varit knapphändig och tolkning av jordarter har gjorts från enbart sonderingsresultat och jordartskarta, alternativt endast jordartskartan.

Jordlagrens klassningar av föroreningsgrad bygger på de provtagningar och efterföljande analyser som utförts. Dock har provtagning enbart utförts på i genomsnitt ca två lager per provtagningspunkt. Övriga lager har klassats utifrån förväntan förörensgrad med hänsyn till omgivande jordlagers föroreningsinnehåll, kännedom om omkringliggande provtagningspunkter, kännedom om lagerföljd och kunskap om hur de aktuella föroreningarna kan förväntas uppträda i marken.

Geoteknik

För den geotekniska klassningen av området har följande underlag använts:

- SGU:s jordartskarta
- MUR, Geoteknisk utredning, Svartå strand etapp 2, Tyréns AB 2018-07-03
- Miljöteknisk markundersökning, Svartåstrand, WSP, 2012-12-19

Området har delats in efter vilken borrhyp som ligger närmst. Därefter har områdena justerats manuellt samt nya lagts till med avseenden på jordartskartan. Varje område har sedan klassats med avseende på geotekniska förutsättningar mot djupet. Jordprovtagning och sonderingar har studerats för att kunna bedöma hur hållfasthet och deformationsegenskaperna varierar. Följande indelning har gjorts:

- Fyllning
- Lös lera
- Fastare lera
- Silt
- Friktionsmaterial (sand eller morän)
- Berg

9 VILLKOR

För att beräkna mängden massor som på olika sätt behöver åtgärdas har en spatial analys utförts, där givna förhållanden och planerad markanvändning har matchats med respektives markanvändnings specifika miljömässiga och geotekniska krav.

Detta har resulterat i ett antal villkor för miljöbedömningar:

1. *Massor med både lättflyktiga organiska ämnen och metaller i halter över platsspecifika riktvärden gällande planerad markanvändning på det aktuella området, tas bort för externt omhändertagande.*

Det första villkoret syftar till att sortera ut massor som bedöms som ej behandlingsbara. Villkoret innebär att om lättflyktiga ämnen i kombination med metaller och eventuellt icke lättflyktiga organiska ämnen uppmätts i halter som överstiger riktvärdet för den planerade markanvändningen, kommer massorna att beaktas som ej behandlingsbara massor som måste bort. Dock kommer vissa av massorna att kunna återanvändas på områden där lägre krav ställs, exempelvis kan lätt förorenade massor behöva flyttas bort från bostadsområden men istället kunna återanvändas inom gatuområden. Därför beräknas dessa volymer i ett efterföljande steg där även jordartens lämplighet tas i beaktande.

2. *Massor med lättflyktiga eller/och icke lättflyktiga organiska föroreningar i halter över platsspecifika riktvärden gällande planerad markanvändning på det aktuella området, där jordarten beskrivs som i huvudsak sand eller grövre behandlas massorna med in situ-metod.*

Villkor nr 2 sorterar ut organiska ämnen som kan passa för någon typ av in situ-behandling. Eftersom de flesta in situ-metoder fungerar säkrast på grövre jordarter har jordarterna villkorats till att inte vara finare än sand.

3. *Massor med lättflyktiga eller/och icke lättflyktiga organiska föroreningar i halter över platsspecifika riktvärden gällande planerad markanvändning på det aktuella området, där jordarten beskrivs som i huvudsak finsand eller liknande behandlas massorna eventuellt med in situ-metod.*

Villkor nr 3 sorterar områden som eventuellt kan behandlas med in situ-metoder och där en något finare jordart eventuellt kan begränsa metoden. Finaste jordarten som accepteras är finsand eller liknande. En närmare beskrivning av accepterade jordarter framgår av bilaga 1.

4. *Massor med metaller och/eller icke lättflyktiga organiska föroreningar i halter över platsspecifika riktvärden gällande planerad markanvändning på det aktuella området, där jordarten beskrivs som i huvudsak sand eller grövre behandlas massorna med jordtvätt.*

Villkor nr 4 sorterar därefter massor ut som kan lämpa sig för jordtvätt. Detta gäller massor med metaller och/ eller icke lättflyktiga föroreningar ämnen som arsenik och PAH. Eftersom jordarten inte kan vara alltför fin har ett villkor formulerats att jorden främst utgörs av grus, sand eller sten.

5. *Massor med metaller och/eller icke lättflyktiga organiska föroreningar i halter över platsspecifika riktvärden gällande planerad markanvändning på det aktuella området, där jordarten beskrivs som i huvudsak finsand eller grövre behandlas massorna eventuellt med jordtvätt.*

Eftersom jordarten kan vara en begränsande faktor för möjligheten att tillämpa jordtvätt har detta villkor även utformats för de jordarter som eventuellt är möjliga. Detta har bedömts gälla för jordarter något finare än sand och framgår av bilaga 1.

6. *Massor med icke lättflyktiga organiska föroreningar eller metaller i halter över platsspecifika riktvärden gällande planerad markanvändning på det aktuella området, där jordarten beskrivs som innehållande organiskt material, tas bort för externt omhändertagande.*

Massor med icke lättflyktiga organiska ämnen och/eller metaller som innehåller stor andel organiskt material, exempelvis torv bedöms inte kunna behandlas genom jordtvätt eller in situ-metod. Dessa massor behöver tas om hand och transporteras bort.

7. *Övrigt = Rent*

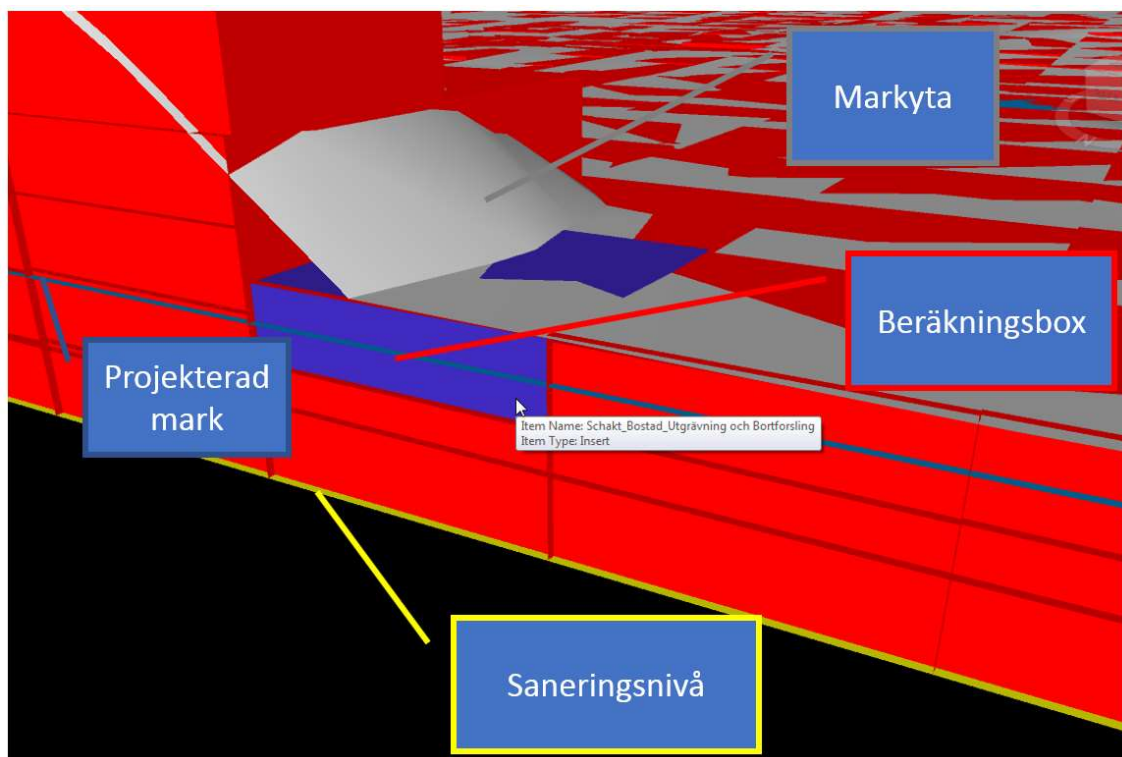
8. *Massor som i föregående steg 1–6 överskrider platsspecifika riktvärden för aktuell markanvändning testas mot eventuell återanvändning inom annan typ av markanvändning.*

Dessa massor testas dels med avseende på föroreningsnivå och dels med avseende på geotekniska egenskaper för återanvändning inom gator/vägar.

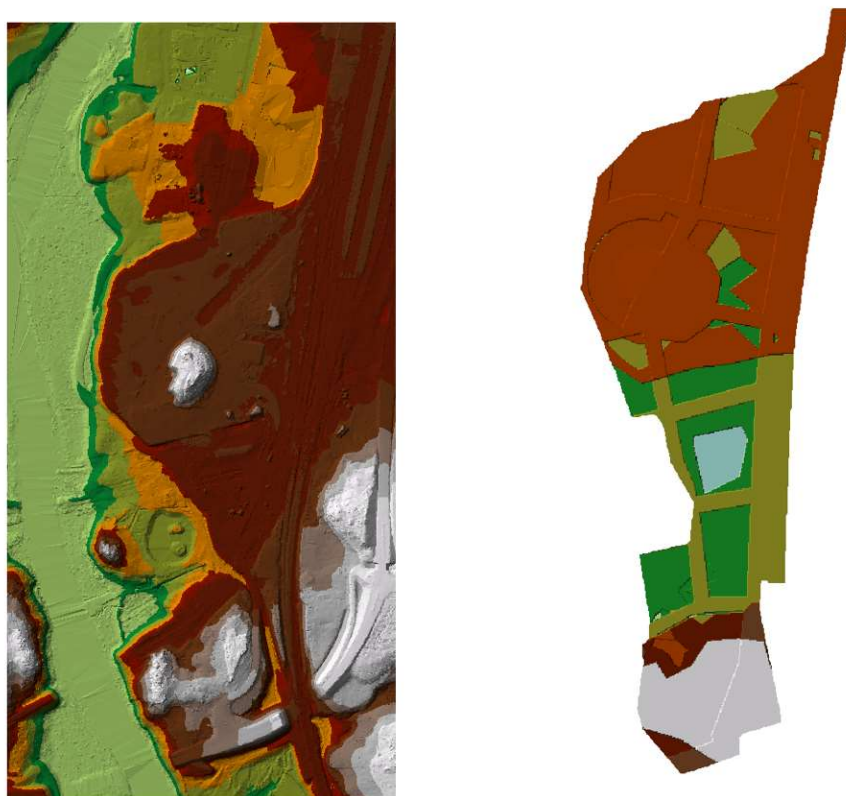
Varje yta med tillhörande djupangivelse och klassificering har därefter delats in i 2*2-meters rutor.

Rutorna har sedan placerats på rätt nivå och en 3D-kub har genererats vilken representerar det klassificerade djupintervallet. De 3D-kuber som då skapas har därefter klippts mot befintlig markmodell samt planerad höjdsättning. Vid lägen för planerade bostäder/verksamheter har ytterligare 0,4 meter frändragits som en

schablon för kommande grundläggning. Vid områden där saneringsåtgärd krävs har saneringsdjupet frändragits från planerad höjdsättning, se figur 11 och 12.



Figur 11. Olika faktorer som vägs in i volymläsningsarna.



Figur 12 Befintlig mark t.v. och saneringsnivå t.h.

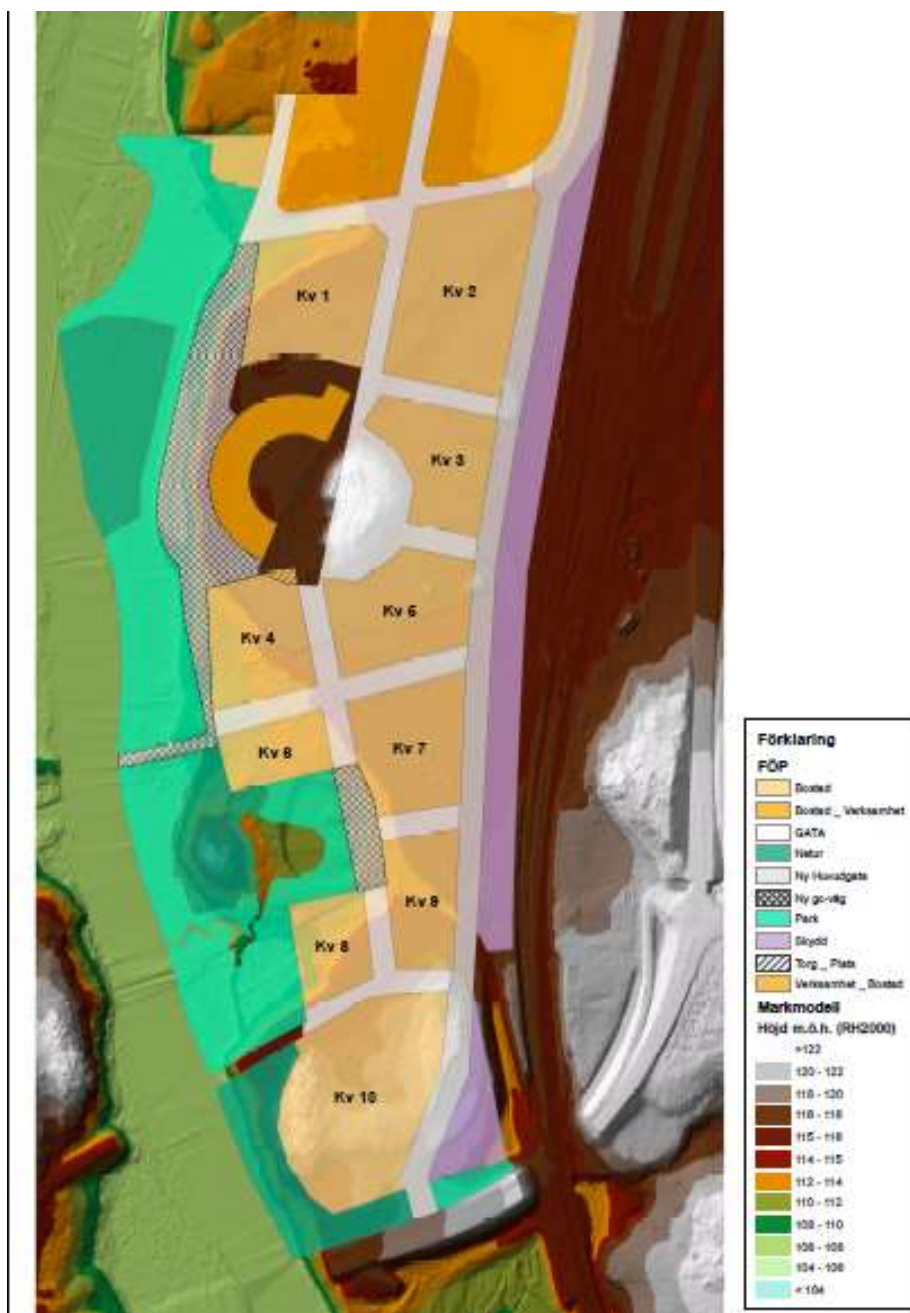
Villkor för grundläggning

För att översiktligt bedöma grundläggningsförutsättningarna för kvartersmark har följande använts:

Tabell 2. Platsspecifika och generella riktvärden. Enhet mg/kg TS.

Klassning	Färgkodning	Grundläggningsförutsättning
Fyllning (Mg)	Vit-Beige	Kan innehålla organisk jord, okontrollerad och bör inte förekomma under grundläggning
Cl I (lös lera)	Ljusgul	Lösare Lera, pålning
Cl II (fastare lera)	Gul	Fastare Lera, 2 vån hur kan troligen grundläggas som platta på mark, 3 våningar och mer kräver troligen pålning alt kompletterande undersökningar
Si (silt, vibrationskänslig)	Rosa	pålning,
Fr (sand eller morän)	Turkos	2-4 vån kan troligen plattgrundläggas, >4 vån ev pålgrundläggning ev plattgrundläggning
Berg	Röd	ev sprängning

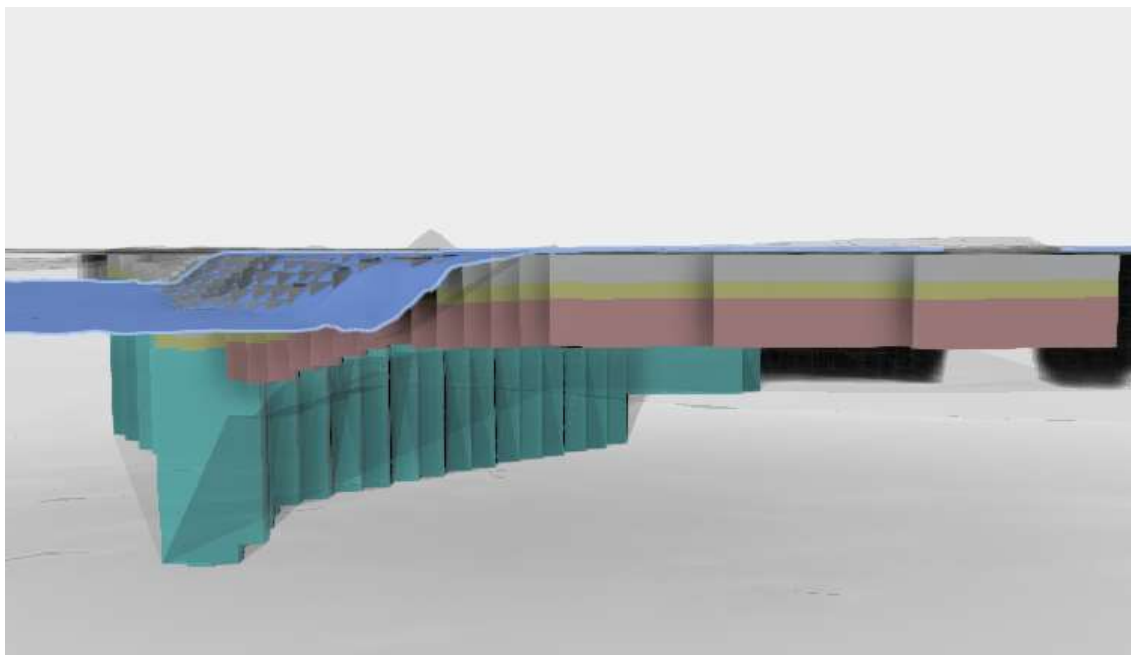
Följande namngivning av kvarteren har använts för att föra en översiktlig grundläggningsbedömning för varje område (se figur 13).



Figur 13 Namngivning av kvarter för geoteknisk bedömning avseende grundläggning

Observera att nedanstående bedömningar är gjorda från ett litet antal sonderingar, där ett stort antal är viktsondering vilken inte lämpar sig för att utvärdera hållfasthetsegenskaper i kohesionsjord. Detta innebär att det inte är någon absolut sanning utan endast ger en fingervisning över vilka grundläggningsförutsättningar som råder. En förtätning av punkterna och kompletterande metoder skulle ge en säkrare prognos.

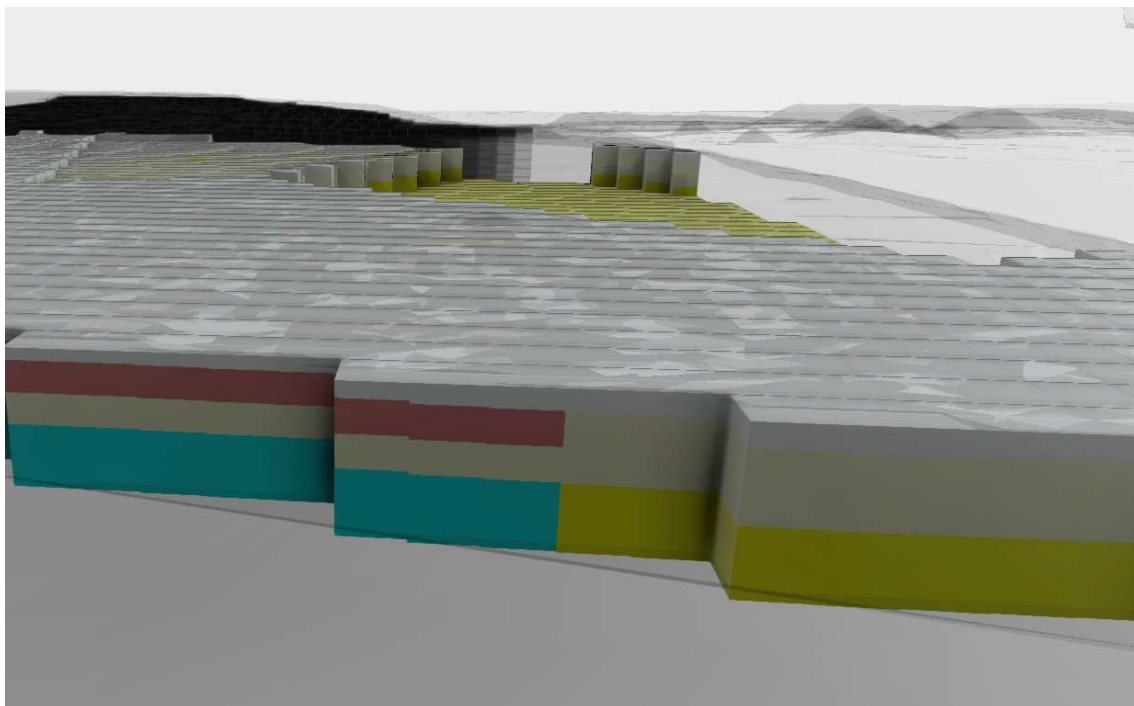
Kvarter 1 (Kv 1):



Figur 14. Kv 1 sett från väster. Förklaring till färgkoderna framgår av tabell 2.

I den norra delen utgörs jordlagren inom kv 1 av fyllning följt av ett tunnare lager (1 m) lera, följt av friktionsmaterial i den norra delen till stort djup >20 m. I mellersta och södra delen utgörs lerlagret av tunnare (1 m) lerlager på ca 3 m silt som underlagras av friktionsmaterial, alternativt har provtagningar avslutats i silt. Djupet till berg är här >8 m bedömt utifrån det djup som provtagning och sondering utförts till. Området med silt kommer sannolikt kräva pålning för samtliga byggnader, medan man inom området med friktionsjord direkt under lera kan plattgrundlägga byggnader efter urgrävning av lerlagret. Då antalet undersökningspunkter är sparsamt kan siltens utbredning komma att revideras efter kompletterande undersökningar. Undersökningar bör utföras med skruvprovtagning och hejarsondering (vilka kan användas för att bedöma pållängder).

Kvarter 2 (kv 2):



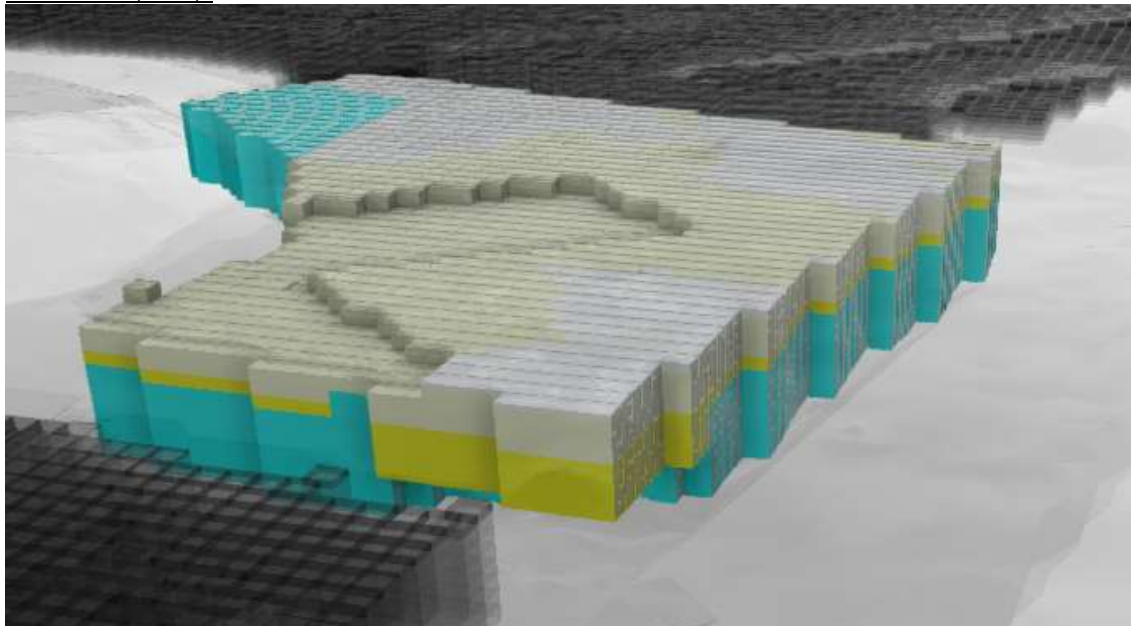
Figur 15. Kv 2 sett från öster

Under fyllning följer under största delen av kvarteret ett lager lösare lagrad lera, 1-3 m följt av ca 1-2 m lager fastare lera. Under leran följer friktionsjord. Inom den sydvästra delen av kvarteret följer ett lager silt under fyllningen följt av lösare lagrad lera på friktionsjord. Provtaget djup är större i södra delen där man vet att det finns friktionsjord eller morän till 12-15 m djup.

Med utgångspunkt från modellen ovan som visar lös lera och silt, bör byggnader pålas, alternativt att lagren grävs ur.

Kompletterande undersökning inom detta område bör svara på bedömda pållängder men även kompletterande hållfasthets- och deformationsegenskaper i leran för bedömning om den fastare leran kan ligga kvar under lägre byggnader.

Kvarter 3 (kv 3):



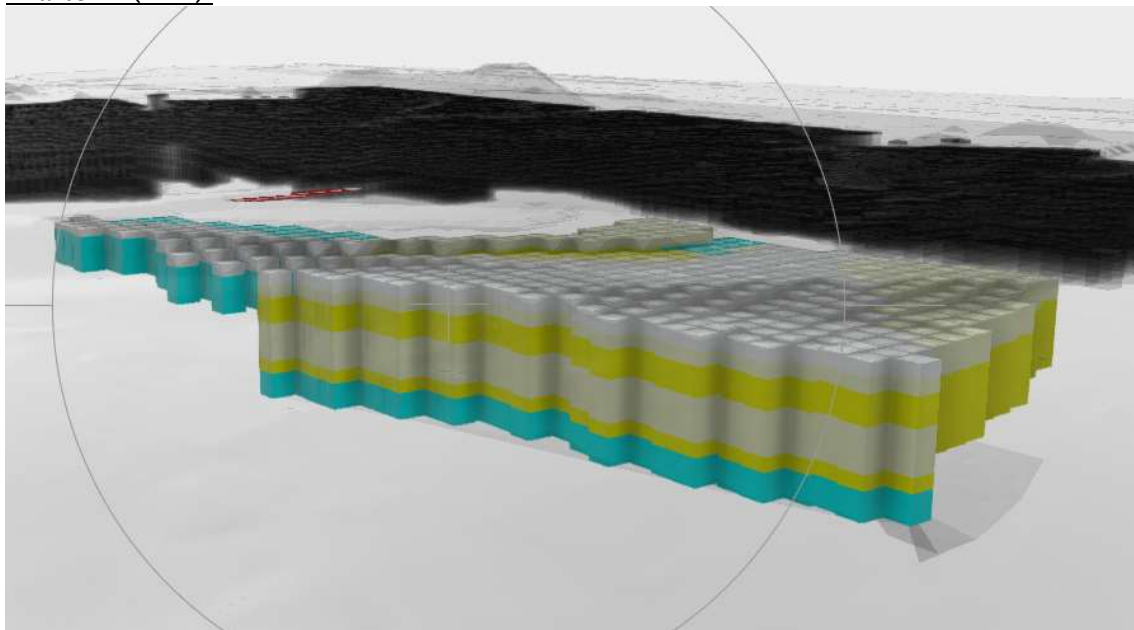
Figur 16. Kv 3 sett från sydöstra hörnet

I den östra och sydöstra delen av kvarteret utgörs jordlagren under ytlig fyllning av 2-3 m lös lera, följt av 1-4 m fastare lera, vanligen följt av friktionsjord/morän. Inom de västra delarna utgörs jordlagren under ytlig fyllning av ca 2 m lösare lera följt av 1 m fastare lera. Leran underlagras av friktionsjord/morän.

Detta innebär att inom de västra och sydvästra delarna av området kan sannolikt lägre byggnader grundläggas under den lösa leran, medan man för högre byggnader sannolikt måste föra ner lasterna till friktionsjordslagret. Inom den sydöstra delen måste sannolikt byggnader pågrundläggas.

Kompletterande undersökningar bör inriktas på att hitta gränsen mellan delar med mäktigare lera samt bedöma hållfastheten i det fastare lerlagret för att bedöma om högre byggnader kan plattgrundläggas efter urgrävning av den lösare leran. Hejarsondering bör också utföras för att bedöma ev pållängder.

Kvarter 4 (kv 4):

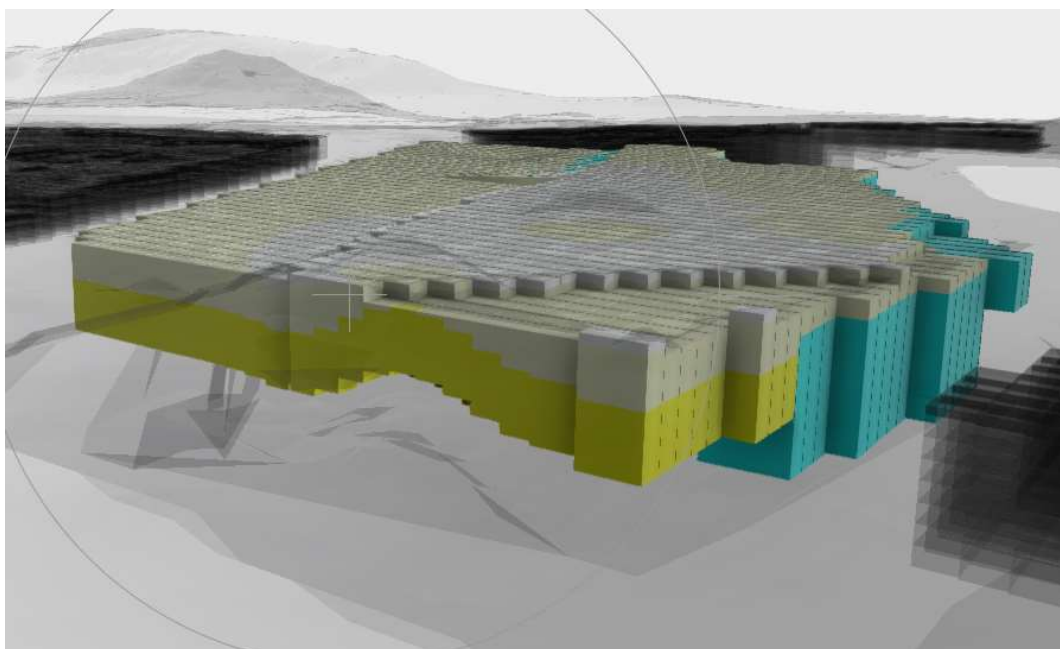


Figur 17. Kv 4 sett från väster

Bedömningen i norr med fyllning följt av friktionsjord/morän är osäker då den endast utgår från jordartskartan och sondering utan provtagning. Inom största delen av kvarter 4 utgörs jordlagren under ytlig fyllning av växellagrad löst och fast lagrad lera till ca 8 m under markytan. Därunder följer friktionsjord/morän.

Då lerlagren varierar mycket i fasthet bör alla byggnader pålas. Kompletterande undersökningar bör utgöras av främst hejarsonderingar för att bedöma pålstopp samt att några av dessa kompletteras med skruvar.

Kvarter 5 (Kv 5)



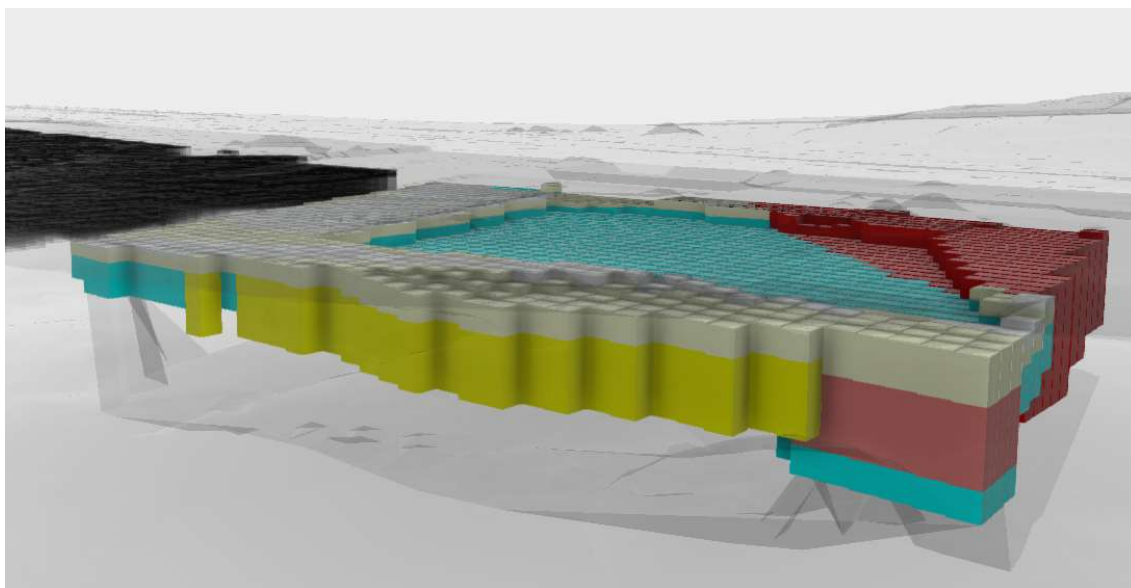
Figur 18. Kv 5 sett från nordöstra hörnet

De västra och mellersta delarna av kvarteret bedöms utgöras av ytlig fyllning alternativt ett tunnare lager löst lagrad lera (ca 1 m) på friktionsjord/morän. I de östra delarna är leran dominerande och jordprofilen utgörs här av ca 3 m löst lagrad lera följt av 5-6 m fastare lera.

Inom delarna med friktionsjord kan byggnader plattgrundläggas efter urgrävning av den ytliga lösa leran. Inom område med mäktig lera måste byggnader pålas.

Kompletterande undersökningar är viktiga för att bestämma gränsen mellan lös och fastjord, samt även för att bedöma pållängder inom lösjords delen (lera och silt).

Kvarter 7 (kv 7):



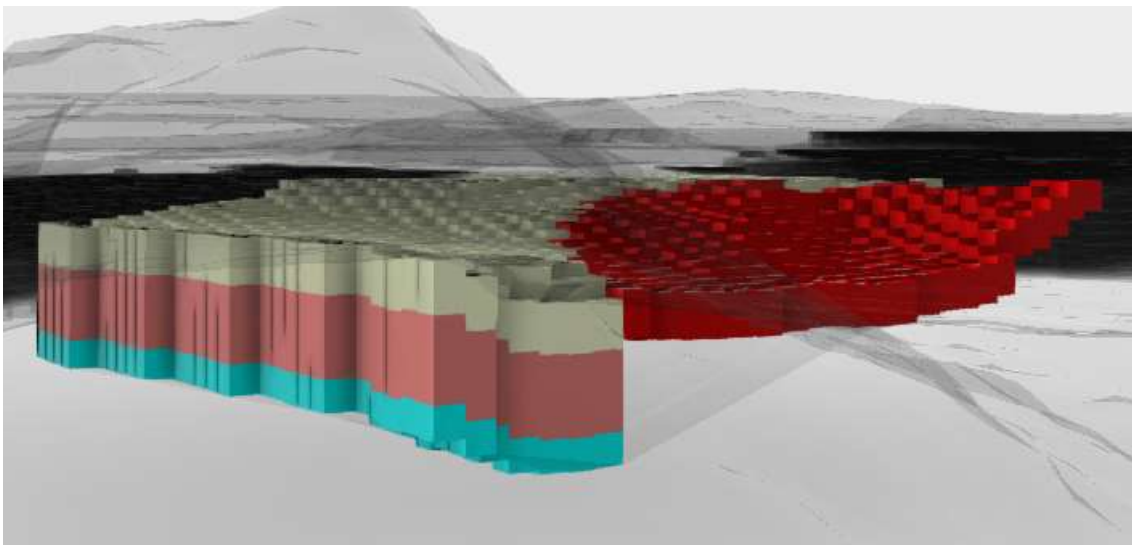
Figur 19. Kv 7 sett från väster

I den västra och sydvästra delen utgörs jordlagren av ca 1 m lösare lera följt av fastare lera eller silt till 6- 7 m under markytan. Inom övriga delar av området utgörs jordlagren under ytlig fyllning av ett ca 1 m mäktigt lösare lerlager följt av friktionsjord/morän. I det sydöstra hörnet förekommer berg i dagen.

Inom delar med friktionsjord kan byggnader plattgrundläggas. Inom delar med mäktigare lera måste denna undersökas vidare för att bedöma om lägre byggnader 2-3 vån kan plattgrundläggas, lämpligen genom skruvprovtagning, vingförsök, kolvprovtagning, cpt-sondering och hejarsondering. Högre byggnader behöver sannolikt pålgrundläggas.

Sprängning kommer sannolikt krävas i sydöstra delen. Högre byggnader kan behöva förankras.

Kvarter 8 (kv 8)



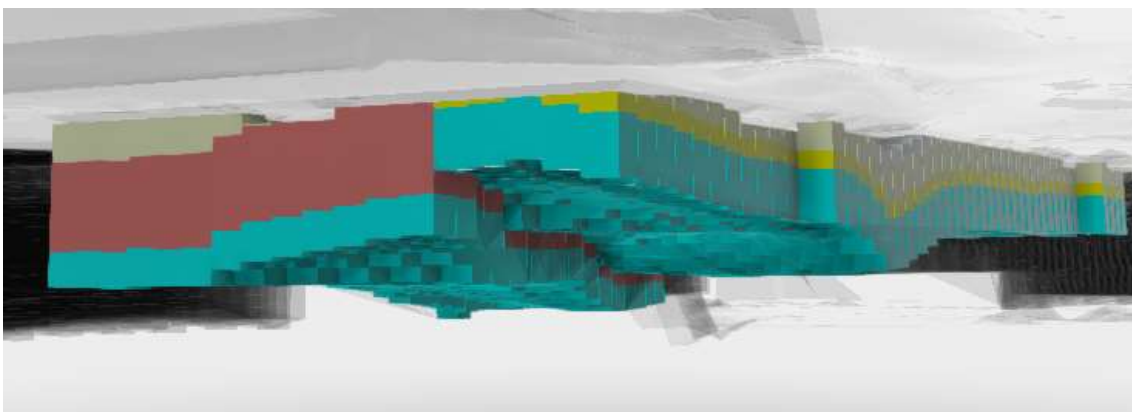
Figur 20. Kv 8 sett från nordvästra hörnet

Jordlagren utgörs av ca 3 m lösare lagrad lera följt av ca 5 m silt. Silten underlagras vanligen av friktionsjord/morän. I västra-sydvästra delen har berg i dagen registrerats enligt jordartskartan.

Inom delar med lösjord behöver byggnader pålas.

Då stora delar av området kommer fyllas upp måste kompletterande undersökningar göras i lera och silt för att bedöma stabilitet och sättningar av uppfyllnad till projekterad mark. Undersökningar bör göras i form av cpt-sondering, provtagning, vingförsök, kolvprovtagning samt hejarsondering. Provtagning bör även utföras närmre Svartån för att kunna beräkna stabiliteten.

Kvarter 9 (kv 9)



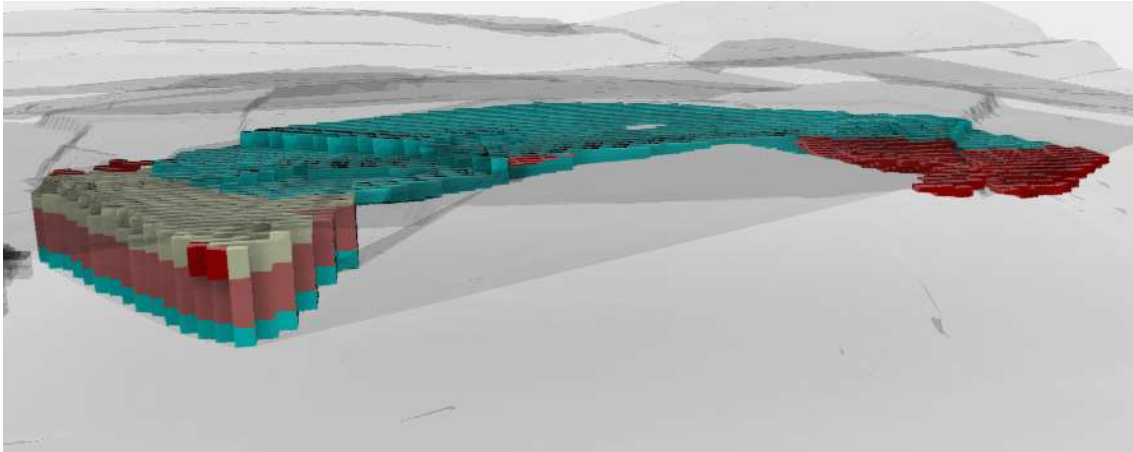
Figur 21. Kv 9 sett från sydvästra hörnet (underifrån)

Jordlagren utgörs till största delen av ca 2 m lös lera på 5 m silt. Under silten följer friktionsjord/morän. I östra delen utgörs jordlagren av ca 1 m lös lera följt av ca 2 m fastare lera på friktionsjord/morän.

Inom delarna med lera och silt till stort djup måste byggnader pålas. Kompletterande undersökningar bör koncentreras till att bedöma pällängder samt övergången till de fastare delarna i öster. I de östra delarna kan 2-3 våningshus sannolikt

plattgrundläggas efter urgrävning av lös lera, medan för högre byggnader bör laster föras ned till friktionsjord/morän. Kompletterande undersökningar bör utgöras av cpt, vingförsök, kolvprovtagning, skruvprovtagning och hejarsondering.

Kvarter 10 (kv 10)



Figur 22. Kv 10 sett från nordvästra hörnet

Norra delen av området utgörs av lösjord i form av ca 3 m lösare lera på ca 5 m silt, följt av friktionsjord/morän. Finns även små partier där berg i dagen finns angivet på jordartskartan. Resterande del av kvarteret utgörs av friktionsjord/morän och berg i dagen. Moräntäcket är troligen tunt. Det saknas borrhningar så klassning utgår från jordartskartan.

Inom lösjordsdelen i norr kommer sannolikt alla byggnader behöva pålgrundläggas. Kompletterande undersökning bör koncentreras till att bedöma pållängder samt gränsen mot fastjord i plan. Om markytan ska höjas bör man komplettera med cpt-sondering, provtagning, vingförsök och kolvprovtagning.

I den södra delen bör Jb-sondering utföras för att bestämma djup till berg. Där jorddjupet är mäktigare bör hejarsondering och skruvprovtagning utföras för att få fram hållfasthets- och deformationsegenskaper.

Villkoren i sin helt framgår av bilaga 1.

10 RESULTAT AV VOLYMBERÄKNINGAR

Resultaten av analyserna har legat till grund för beräkning av olika volymer massor som bedömts kunna behandlas på olika sätt, se tabell 3. I kolumnen Till jordtvätt ingår även de massor som bedöms eventuellt kunna jordtvättas. Detta gäller även för kolumnen Till in situ. Lätt förorenade massor möjliga att återanvända inom området är massor inom kommande bostadsområde som uppvisat halter över riktvärden avseende bostäder men under riktvärden för vägar. I tabell 4 framgår vilka volymer som uppstår om enbart deponering tillämpas, utan någon form av behandling. Anledning till att volymerna skiljer sig åt beror på att massor som skulle kunna ligga kvar i behandlingsalternativet (ca 3799 m³ massor som skulle kunna in- situbehandlas) då schaktas bort och kräver återfyllnad.

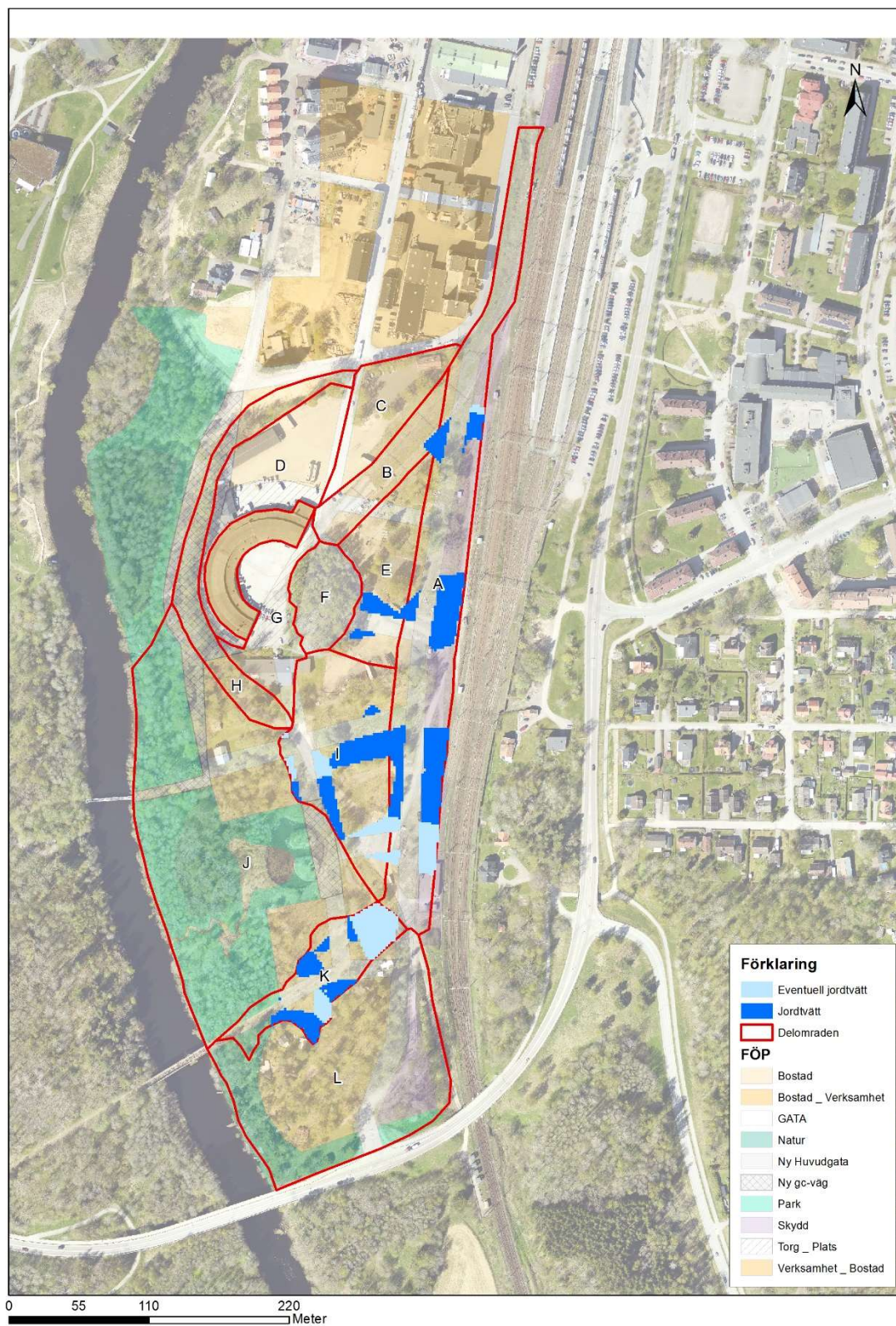
Tabell 3. Volymsberäkningar (m³) för åtgärdslösningarna jordtvätt, in situ-behandling och deponering. Mängden massor att återanvända inom området ingår inte i de massor som pekats ut för åtgärderna jordtvätt, in situ och deponering.

Område	Till jordtvätt	Till In situ	Deponering	Överskott/underskott efter EBH	Massor att återanvända inom området
A	1981	485	28	8824	1084
B	0	0	0	1654	0
C	0	20	4256	-2807	0
D	0	1502	0	1767	23
E	0	316	2319	3936	664
F				466	0
G	0	1245	708	328	0
H	0	0	0	-1180	0
I	926	0	5584	-3902	624
J	0	0	0	-27466	0
K	174	231	187	-2133	2163
L	0	0	0	22975	0
Summa	3081	3799	13082	2462	4557

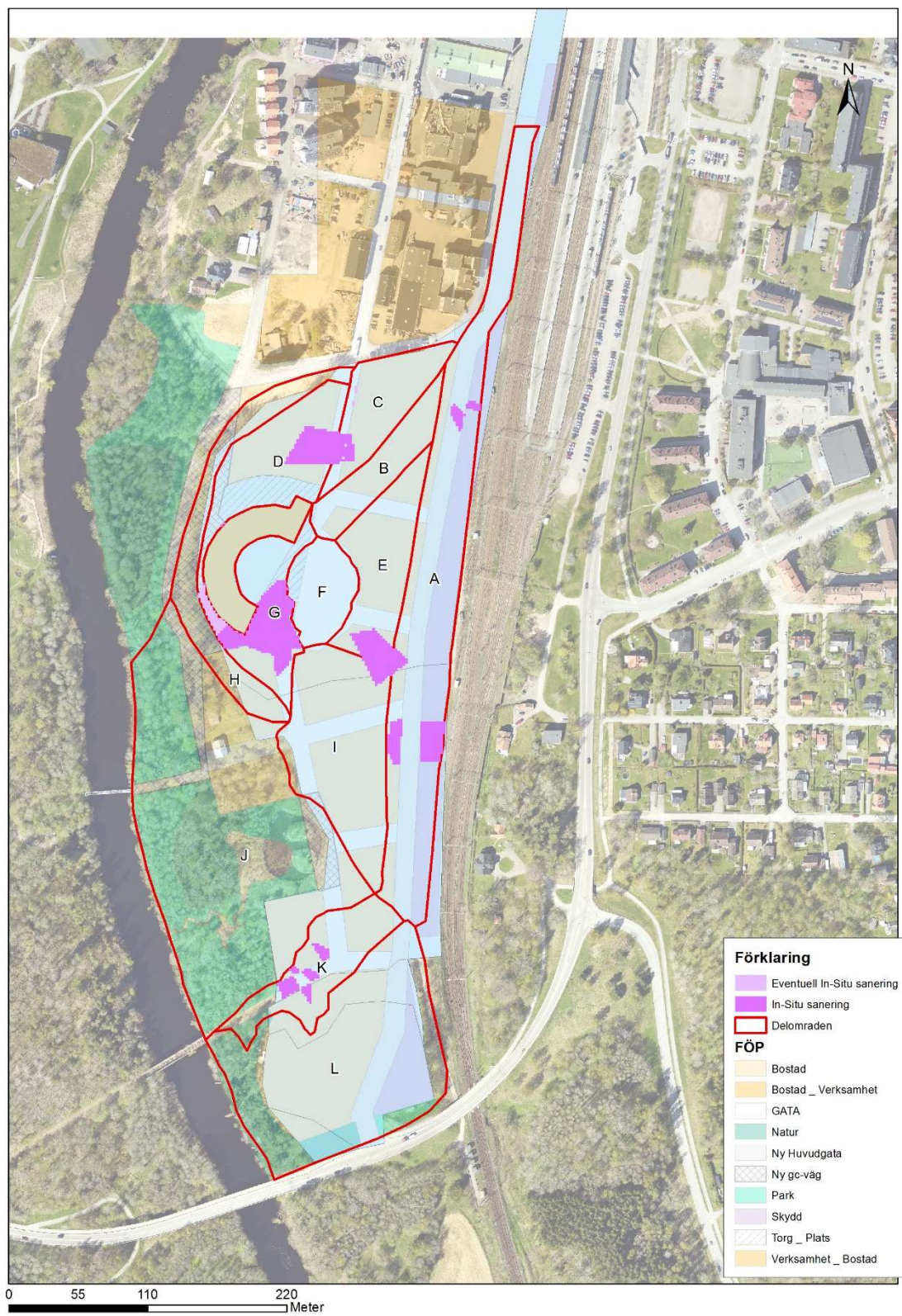
Tabell 4. Volymsberäkningar (m³) om samtliga förorenade massor deponeras. Mängden massor att återanvända inom området ingår inte i de massor som pekats ut för deponering

Område	Deponering	Överskott/underskott efter EBH	Massor att återanvända inom området
A	2494	6854	1084
B	0	1654	0
C	4276	-2827	0
D	1502	265	23
E	2634	3621	664
F	0	466	0
G	1953	-917	0
H	0	-1180	0
I	6496	-4596	624
J	0	-27466	0
K	592	-2496	2163
L	0	22975	0
Summa	19949	-3647	4557

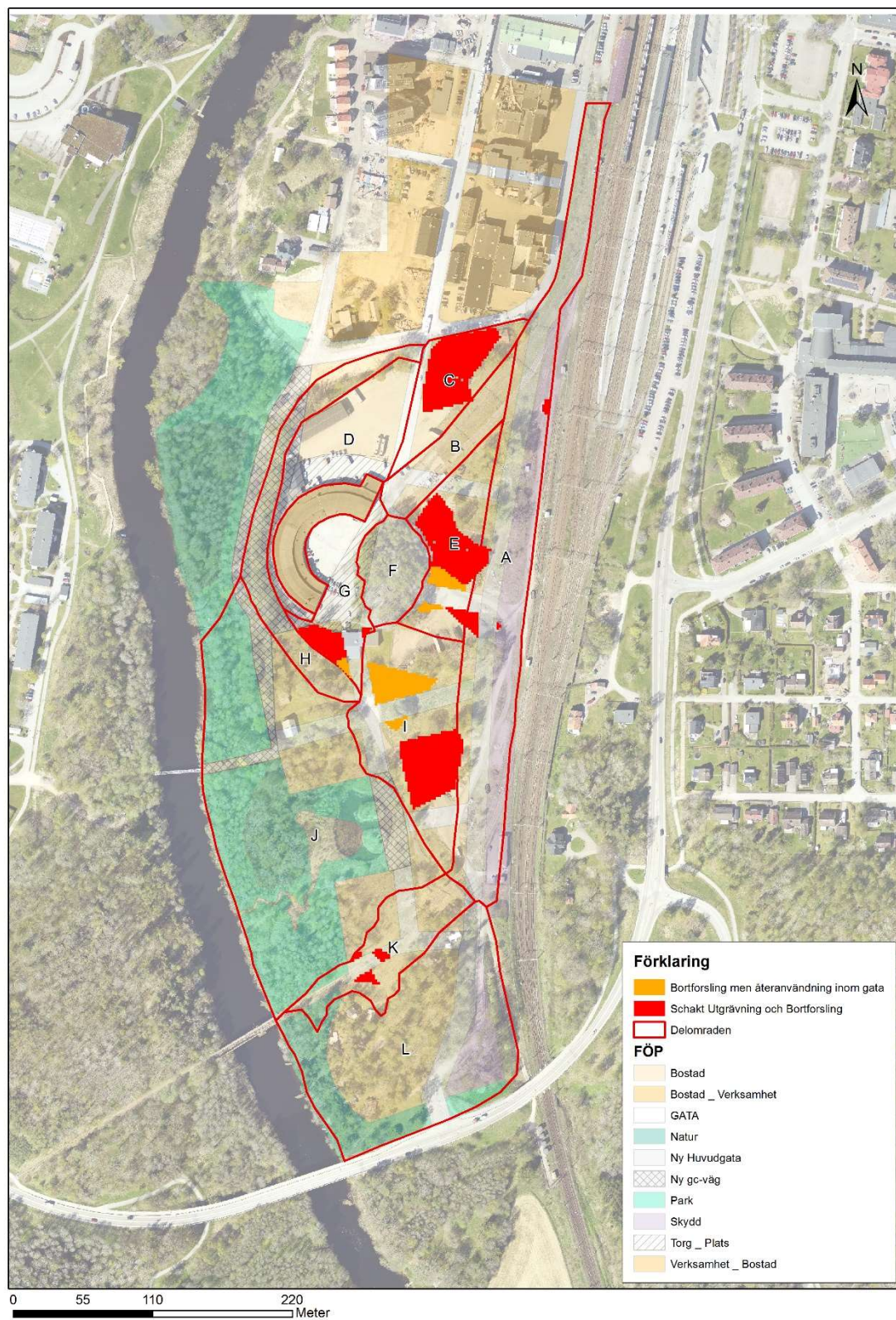
Var de olika massorna är belägna framgår av figur 23, 24 och 25,



Figur 23. Karta över massor som pekats ut som möjliga för jordtvätt



Figur 24. Karta över massor som pekats ut som möjliga för in situ-sanering



Figur 25. Karta över massor som bör deponeras

11 KOSTNADSBERÄKNINGAR

11.1 ALTERNATIVET MED JORDTVÄTT, IN SITU-BEHANDLING OCH DEPONERING

De utförda kostnadsberäkningarna är överslagsmässiga och flera av indata är beroende av utfallet av den upphandling som måste utföras inför att området ska åtgärdas. De antagande som gjorts vid kostnadsberäkningen framgår av tabell 5.

Tabell 5. Indata för kostnadsberäkning

Poster	Apris
Jordmassornas densitet (ton/m ³)	1,7
Schaktning inkl. transport 50km [kr/ton] till deponering	150
Deponering av förorenad jord med halt över KM men under MKM [kr/ton]	300
Deponering av förorenad jord med halt över MKM men under FA [kr/ton]	450
Deponering av förorenad jord med halt över FA [kr/ton]	600
Schaktning och återfyllnad [kr/ton] vid jordtvätt	200
Jordtvätt [kr/ton] MIN	300
Jordtvätt [kr/ton] MAX	500
Förlust av massor vid jordtvätt [%]	25
Nya massor 25 % vid jordtvätt kostnad per ton [kr/ton]	100
Borttransport av överskottsmassor under riktvärde [kr/ton]	200
Flytt av massor inom området [kr/ton]	20
Återfyllnad och uppfyllnad [kr/ton]	200

De slutliga kostnaderna är bland annat beroende av ytterligare faktorer som exempelvis hur utspridda de förorenade områdena är. Ju mer koncentrerat dessa är lokaliserade desto bättre förutsättningar kommer finnas för ett rationellt efterbehandlingsarbete.

Kostnaderna för de olika behandlingsmetoderna som anges i tabell 6 är att betrakta som ungefärliga och är beroende av behandlingsbarheten. Jordtvättskostnaderna avgörs bland annat av jordartens kornstorlekskurva vilket enbart har kunnat uppskattats utifrån provtagningsprotokoll. Även jordens geokemiska egenskaper kan påverka hur lätt föroreningarna går att avskilja från jorden. Innan en slutlig utformning och kostnadsuppskattning av jordtvättningen kan utföras, bör siktanalyser göras samt provtagning av siktresten. Eftersom jordarterna och föroreningarna varierar inom området bör flera prover uttas. I dagsläget har kostnaderna för jordtvätt därför angetts inom ett intervall. Kostnaderna för in situ-behandling kan också variera beroende på jordarter och föroreningarnas mottaglighet för behandling. Vid beräkningarna har det antagits att valda metoder kommer att vara så pass framgångsrika att eventuella resthalter inte kommer att begränsa framtida nyttjande av de behandlade jordmassorna.

Tabell 6 Överslagsmässigt beräknade kostnader för efterbehandling genom jordtvätt, in situ-behandling och deponering inom Svartåstrand Etapp 2. Kostnader för projektering och miljökontroll tillkommer.

Poster	A-pris	Antal	Kostnad
In situ [kr/ton]	500	6500	3 250 000
Schaktning inkl. transport 50km [kr/ton] till deponering	150	22200	3 330 000
Deponering av förorenad jord med halt över KM men under MKM [kr/ton]	300	8500	2 550 000
Deponering av förorenad jord med halt över MKM men under FA [kr/ton]	450	6600	2 954 000
Deponering av förorenad jord med halt över FA [kr/ton]	600	7100	4 270 000
Schaktning och återfyllnad [kr/ton] vid jordtvätt	200	5200	1 040 000
Jordtvätt [kr/ton] MIN	300	5200	1 560 000
Jordtvätt [kr/ton] MAX	500	5200	2 600 000
Nya massor 25 % vid jordtvätt kostnad per ton	100	1300	130 000
Borttransport av överskottsmassor under riktvärde [kr/ton]	200	2900	580 000
Lätt förorenade massor som flyttas inom området [kr/ton]	20	7700	155 000
Total kostnad min			19,8 milj.
total kostnad max			20,9 milj.

11.2 ALTERNATIVET MED DEPONERING

Ytterligare ett behandlingsalternativ har utretts, nämligen att deponera alla massor över riktvärde som inte kan användas inom området, se tabell 7. De slutliga kostnaderna kommer att påverkas av massornas fördelning i de olika föroreningsklasserna, som i detta läge bygger på en uppskattning.

Tabell 7 Överslagsmässigt beräknade kostnader för efterbehandling genom deponering inom Svartåstrand
Etapp 2. Kostnader för projektering och miljökontroll tillkommer.

Poster	Apris	Antal	Kostnad
Schaktning inkl. transport 50km [kr/ton] till deponering	150	33900	5 087 000
Deponering av förorenad jord med halt över KM men under MKM [kr/ton]	300	12900	3 870 000
Deponering av förorenad jord med halt över MKM men under FA [kr/ton]	450	13800	6 196 500
Deponering av förorenad jord med halt över FA [kr/ton]	600	7200	4 320 000
Återfyllnad med nya massor efter deponering och uppfyllnad [kr/ton]	200	6200	1 240 000
Lätt förorenade massor som flyttas inom området [kr/ton]	20	7800	156 000
Total kostnad			20,9 milj.

11.3 KOSTNADER FÖR UTREDNINGAR OCH MILJÖKONTROLL

Då stora mängder lätt förorenade massor förslås återanvändas i mindre känsliga områden ställer detta höga krav på att massorna är korrekt avgränsade och karakteriserade. Utredningarnas omfattning kan även komma att påverkas av den slutliga utformningen av detaljplanen. Faktorer som kan påverka utredningskostnaderna är bland annat val av marknivåer, den slutliga markanvändningen och om efterbehandlingsarbetena kommer att ske etappvis eller i ett svep. Även hur omfattande föroreningarna kommer visa sig vara då mer detaljerade undersökningar utförs påverkar.

Kostnad för detaljerade undersökningar, åtgärdsutredning, projektering samt anmälan till tillsynsmyndighet och miljökontroll har uppskattats till mellan fyra och fem miljoner kronor enligt tabell 8.

Tabell 8. Överslagsmässigt beräknade kostnader för projektering och miljökontroll.

Poster	Kostnad
Detaljerade provtagningar	700 000- 800 000
Analys	1 100 000- 1 500 000
Utredning och anmälan om avhjälpandeåtgärd	700 000- 800 000
Projektering	300 000- 400 000
Miljökontroll	800 000- 900 000
Rapportering och slutredovisning	400 000- 600 000
Total kostnad	4-5 milj.

12 FORTSÄTTNING

Den genomförda utredningen har utförts med indata som funnit tillgängligt. Fördelen med det upplägg som valts, att arbeta mot GeoBIM-databasens standardiserade informationsinnehåll, är att det möjliggör ett effektivt sätt att skapa underlag för nya beräkningar och modeller när det under projektets gång uppkommer behov av ändrade värden på beräkningsparametrar, förändrade krav eller ytterligare information kring de miljömässiga och geotekniska förutsättningarna. Då projektet ännu befinner sig i planeringsskedet kan ytterligare beräkningar efterfrågas, vilka på detta sättet kommer att kunna genomföras tidseffektivt. Exempel på detta är ändring av planerade markhöjder inom hela eller delar av området, justerade platsspecifika riktvärden eller justeringar av å-priskostnader.

Även om ett relativt stort antal provpunkter har funnits att tillgå, bör området betraktas som enbart översiktligt undersökt, detta på grund av sin storlek. Det innebär att resultaten är att betrakta som överslagsmässiga. Efter en förtätning av provpunkter i utpekade områden kan ytterligare data matas in i databasen och förnyade beräkningar kan utföras som ger ett resultat med högre säkerhet. Ytterligare databearbetning kan genomföras för att kunna klassa massor inför åtgärd med en högre säkerhet.

Innan en slutlig klassning av massorna utförs utifrån föroreningsgrad bör en översyn av indelning av influensområden utföras. I dagsläget har indelningen utförts så att varje provtagningsspunkt har fått representera ett influensområde som klassats utifrån analysresultaten. I slutskedet bör beslut fattas om hur stora enhetsvolymen som ska tillämpas och hur många analyser per enhetsvolym som kan krävas. Vad som styr detta är främst hur stora haltvariationerna är och detta kan variera för olika delområden inom Svartåstrand Etapp 2.

De geotekniska undersökningarna är få inom området, speciellt djupare provtagningar och sonderingar. Kompletterande geotekniska undersökningar kommer att krävas inom varje kvarter för att kunna dimensionera grundläggning. Det är också viktigt att utföra kompletterande undersökningar/utredningar där marknivåerna ska höjas för att se över stabilitet och sättningar på grund av uppfyllnad och således lastökning på marken.

Det underlag som tagits fram och presenterats i föreliggande utredning kan även ligga till grund för upprättade av tidplan för efterbehandlingsåtgärder av området. Även om den slutliga byggnationen sker etappvis av olika kvarter enligt särskild tidplan kan vissa åtgärder som jordtvätt och in situ-sanering behöva göras samlat. En jordtvätt är relativt kostnadsdrivande och bör nyttjas maximalt under den tidsperiod som den står uppställd. Även in situ-metoder kan vara rationellt att verkställa inom en begränsad tidsram.

13 REFERENSER

Naturvårdsverket, 2009

Tyréns AB, 2018

Riktvärden för förorenad mark -Modellbeskrivning och vägledning, Rapport 5976, 2009, rev. 2016.

Miljöteknisk markundersökning Svaråstrand Etapp 2. 2018-07-06

Bilaga 1 - Gruppering av unika jordartsklasser

Huvudjordart	Fyllning/Naturligt	In-Situ	Jordtvätt	Återanvändning Gata
Ash	Mg	Nej	Nej	Nej
B	N	Ja	Nej	Ja
Bricks	Mg	Nej	Ja	Ja
charcoal	Mg	Nej	Nej	Nej
Cl	N	Nej	Nej	Nej
Cl	Mg	Nej	Nej	Nej
Cl /Bricks	Mg	Nej	Nej	Nej
Cl coal	Mg	Nej	Nej	Nej
Cl dc	Mg	Ev	Nej	Nej
Cl dc	N	Ev	Nej	NEj
cl Sa	Mg	Ev	Ev	Nej
cl Sa	N	Ev	Ev	Nej
Cl/Si	N	Nej	Nej	Nej
Co	Mg	Ja	Ja	Ja
Co/Hu	Mg	Ja	Ev	Nej
Co/Ro	N	Ev	Ev	Ja
coal	Mg	Nej	Nej	Nej
Coal	Mg	Nej	nej	Nej
Fsa	N	Ev	Ev	Nej
FSa	N	Ev	Ev	Nej
Gr	Mg	Ja	Ja	Ja
Gr	N	Ja	Ja	Ja
Gr, cl	Mg	Nej	Nej	Nej
Gr/Asphalt	Mg	Nej	Nej	Ja
Hu	Mg	Nej	Nej	nej
Hu	N	Ev	Nej	Nej
hu Sa	Mg	Ev	Ev	Nej
hu Cl	N	Nej	Nej	Nej
hu cl Sa	N	Ev	Ev	Nej
hu Gr	N	Ev	Ev	Nej
hu Sa	Mg	Ev	Ev	Nej
hu Sa	N	Ev	Ev	Nej
hu Sa pr	Mg	Ev	Ev	Nej
hu Si	N	Ev	Ev	nej
hu Si	Mg	Nej	Nej	Nej
hu si Sa	Mg	Ja	Ev	Nej
huSa	Mg	Ev	Ev	Nej
Pt	N	Nej	Nej	Nej
Sa	N	Ja	Ja	Ja
Sa	Mg	Ja	Ja	Ja
Sa	N	Ja	Ja	Ja
Sa bricks	Mg	Nej	Ja	Ja
Sa coal	Mg	Ev	Ev	Nej
Sa, ash	Mg	Ev	Ev	Nej
Sa, bricks	Mg	Nej	Ja	Ja
Sa, charcoal, bricks	Mg	Nej	Ev	Nej
Sa, pr	Mg	Ev	Ev	Ja
Sa/ash	Mg	Ev	Ev	Nej
Sa/charcoal	Mg	Ev	Ev	Nej
Sa/Gr/Co/Ti	N	Ja	Ja	Ja
Saf	N	Ev	Ev	nej
Si	N	Ev	Nej	Nej
Si	Mg	Ev	Nej	Nej
si Gr, charcoal	Mg	Ev	Ev	Nej
si Sa	N	Ja	Ja	Nej
si Sa	Mg	Ja	Ja	Nej
st Hu	N	Ev	Nej	Nej
Ti	N	Ja	Ja	Ja