

Riskbedömning och åtgärdsutredning

AB Uppsala kommuns Industrihus

Marksanering Libroäck 7:2 och 7:3

Uppsala mars 2018

Marksanering Libroäck 7:2 och 7:3

Riskbedömning och åtgärdsutredning

Datum	mars 2018
Uppdragsnummer	1320015586-001
Utgåva/Status	

Karin Åkerhammar
Uppdragsledare

Kristina Jansson
Teknikansvarig

Daniel Nordborg, Benjamin Selling
Handläggare

Helen Svedberg
Granskare

Ramboll Sverige AB
Box 17009, Krukmakargatan 21
104 62 Stockholm

Telefon 010-615 60 00
Fax 010-615 20 00
www.ramboll.se

Unr 1320015586-001

Innehållsförteckning

1.	Administrativa uppgifter	1
2.	Inledning och syfte	2
3.	Bakgrund	2
3.1.1	Områdesbeskrivning	2
3.1.2	Nuvarande och planerad markanvändning	3
3.2	Historik.....	4
3.3	Tidigare utförda undersökningar och utredningar inom Librobäck 7:2 och 7:3	6
4.	Metodik för riskbedömning avseende hälsa och miljö	7
4.1	Övergripande åtgärds mål	8
4.2	Konceptuell modell	8
4.3	Bedömningsgrunder	10
4.3.1	Jord.....	10
4.3.2	Porluft	11
4.3.3	Grundvatten	12
4.4	Egenskapsområden	13
4.4.1	Aktuella egenskapsområden	13
4.5	Representativa halter	16
4.6	Aktuella representativa halter	17
5.	Sammanfattande föroreningsnivå och föroreningsmängd	18
5.1.1	Jord.....	18
5.2	Grundvatten	22
5.2.1	Ytligt grundvatten i deponin.....	22
5.2.2	Djupt grundvatten.....	22
5.3	Porluft	22
5.4	Föroreningsmängder.....	22
5.4.1	F.d. deponin/lertäkten (egenskapsområde 1).....	23
5.4.2	Utanför f.d. deponin/lertäkten - norra delen av området samt kontorsbyggnaden (egenskapsområde 2 och 3)	24
6.	Riskbedömning	25
6.1	Förorenings farlighet.....	25
6.2	Föroreningssituation	25
6.2.1	Egenskapsområde 1 - F.d. deponin/lertäkten	25
6.2.2	Egenskapsområde 2 - Norra delen av området.....	28
6.2.3	Egenskapsområde 3 - Kontorsbyggnaden	29

6.3	Föroreningsspridning	29
6.3.1	Spridning till djupt grundvatten.....	29
6.3.2	Spridning till ytvatten	30
6.4	Känslighet och skyddsvärde.....	30
6.5	Risk för deponigas.....	31
6.6	Sammanvägd riskbedömning	31
6.6.1	Egenskapsområde 1 - F.d. deponin/lertäkten	31
6.6.2	Egenskapsområde 2 – Norra delen av området	32
6.6.3	Egenskapsområde 3 - Kontorsbyggnaden	32
6.6.4	Egenskapsområde 4 – Övriga delar av området	32
6.7	Bedömning av riskreducering och åtgärdsbehov	32
7.	Översiktlig åtgärdsutredning	33
7.1	Inledning	34
7.2	Platsspecifika förutsättningar	34
7.2.1	Mätbara åtgärds mål.....	35
7.2.2	Erfarenhet från tidigare sanering av mindre del av f.d. deponin/lertäkten.....	36
8.	Åtgärdsstrategier	37
9.	Utvärdering åtgärdsalternativen	37
9.1	Noll-alternativ	38
9.2	Alternativ 1: Schakt, omhändertagande på extern deponi	38
9.2.1	Mekanisk sortering av jordmassor	39
9.2.2	Provtagning och klassning av massor.....	41
9.2.3	Kostnadskalkyl för alternativ 1 - urschaktning av området, deponering av jordmaterial	44
9.2.4	Övriga aspekter avseende alternativ 1 - Schakt, omhändertagande på extern deponi	47
9.3	Alternativ 2: Schakt, behandling av jordmaterial med jordtvätt.....	47
9.3.1	Sortering av jordmassor.....	48
9.3.2	Klassning av massor	48
9.3.3	Jordtvätt	48
9.3.4	Kostnadskalkyl för alternativ 2 - Schakt, behandling av jordmaterial med jordtvätt	49
9.3.5	Övriga aspekter avseende alternativ 2 - Schakt, behandling av jordmaterial med jordtvätt	49
9.4	Alternativ 3: Schakt, förbränning av deponimassor.....	50
9.4.1	Sortering av jordmassor.....	50
9.4.2	Klassning av massor	50

9.4.3	Förbränning av deponimaterial.....	50
9.4.4	Erfarenheter från förbränning av deponimassor vid Vattenfalls kraftvärmeverk i Uppsala	51
9.4.5	Platsspecifika förutsättningar för förbränning av deponimassor	51
9.4.6	Övriga aspekter avseende alternativ 3 – Schakt, förbränning av deponimassor ..	53
9.5	Alternativ 4: Inneslutning.....	53
9.5.1	Sortering av jordmassor.....	53
9.5.2	Klassning av massor	54
9.5.3	Stabilisering – solidifiering - Inneslutning	54
9.5.4	Kostnadskalkyl för alternativ 4 - Inneslutning	55
9.5.5	Övriga aspekter avseende alternativ 4 - Inneslutning	55
10.	Underlag till riskvärdering	56
11.	Förordat åtgärdsalternativ	60
11.1	Övriga utvärderade alternativ	60
11.2	Åtgärdskrav och hantering av mätbara åtgärds mål.....	61
12.	Skyddsåtgärder	62
12.1	Under efterbehandlingsåtgärd	62
12.2	Efter avslutad efterbehandlingsåtgärd	63
13.	Diskussion, osäkerheter mm. - åtgärdsutredning.....	63
14.	Referenser	64

Marksanering inom Börjetull PM

1. Administrativa uppgifter

Ramböll:s uppgifter

Uppdragsnamn: Marksanering inom Librobäck 7:2 och 7:3

Uppdragsnummer: 1320015586-001

Uppdragsledare: Karin Åkerhammar
Tel: 010-615 12 23
karin.akerhammar@ramboll.se

Teknikansvarig: Kristina Jansson
Tel: 010-615 65 90
kristina.jansson@ramboll.se

Handläggare: Daniel Nordborg
Tel: 010-615 64 66
daniel.nordborg@ramboll.se

Benjamin Selling
Tel: 010-615 64 82
benjamin.selling@ramboll.se

Beställarens uppgifter

Beställare: Uppsala kommuns Industrihus AB

Projektledare: Peter Hesselgren

2. Inledning och syfte

Uppsala kommun planerar att omvandla ett industriområde i Librobäck (benämnt Börjetull) till bostadsområde med förskole- och skolverksamhet där bland andra fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 ingår. I samverkan med berörda fastighetsägare inom området pågår för närvarande en planprocess för området Börjetull.

På uppdrag av Uppsala kommuns Industrihus har Ramböll genomfört en utredning avseende föroreningarna inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3. Syftet har varit att utreda miljö- och hälsoriskerna med avseende på föroreningarna som förekommer i mark samt att utreda åtgärdsbehovet inför planerna på förändrad markanvändning. Vidare är syftet att föreslå lämpliga åtgärdsmetoder för efterbehandling av de båda aktuella fastigheterna. Detta har genomförts i form av en åtgärdsutredning och underlag för riskvärdering.

Tidigare framtagna platsspecifika riktvärden för planområdet Börjetull (Ramböll, 2016-09-06) har tillsammans med kunskap som hämtats in från tidigare undersökningar i området, legat till grund för föreliggande riskbedömning och åtgärdsutredning.

3. Bakgrund

3.1.1

Områdesbeskrivning

Fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 är belägna i stadsdelen Librobäck i den nordvästra delen av Uppsala. Området är idag planlagt som industriområde, och denna del av Uppsala domineras av industriverksamheter men det genomgår en gradvis omvandling till att bli bostadsområden, se figur 1 nedan.

Cirka 100-200 m nordväst om området rinner Librobäcken, som mynnar ut i Fyrisån ca 300 m öster om området. Skyddsvärdet för Fyrisån bedöms vara stort bland annat eftersom den är en viktig vandringsväg för Apsen (Upplands landskapsfisk).



Figur 1. Utredningsområdet, markerat i svart, utgörs av fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3.

3.1.2

Nuvarande och planerad markanvändning

Det aktuella området är delvis bebyggt och har under senaste tiden använts som lagerutrymme samt för tillfälliga mindre verksamheter, bland annat vuxenutbildning.

Inom Librobäck 7:2 och 7:3 har Järlåsa brädgård haft verksamhet sedan den första byggnaden uppfördes på fastigheten 1971, byggnaderna har använts för kontor, lager och försäljning. Idag är fastigheterna delvis bebyggda, och lokalerna används som lagerutrymme samt för tillfälliga mindre verksamheter.

I figur 2 redovisas den senaste versionen av plankartan för området, daterad 2015-12-10. Inom området för Librobäck 7:2 och 7:3 kommer markanvändningen att utgöras av flerbostadshus. Inom området kommer det också att finnas förskoleverksamhet. Vidare kommer det att finnas ett större parkområde.



Figur 2. Pågående planprocessens senaste version av plankarta över planområdet Börjetull daterad 2015-12-10. Gulmarkerade områden är bostäder, grönmärkat område är parkmark, blåmärkat område är förskoleverksamhet och lilamärkat är mark för industriändamål. Fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 är inringade. Källa: Stadsbyggnadsförvaltningen, Uppsala kommun.

3.2

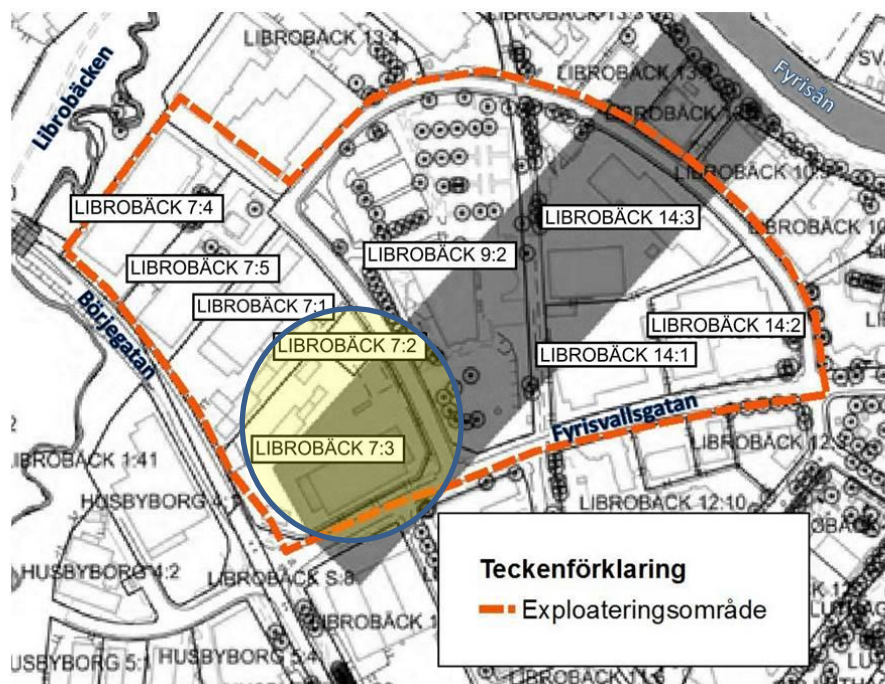
Historik

Ett stort område inom undersökningsområdet har brukats som lertäkt under 30- och 40-talet. Den sträckte sig från Börjegatan och nästan ända ner mot Fyrisån i östlig riktning, se figurerna 3 och 4 nedan. Den var en av S:t Eriks tegelbruks lertäkter under åren 1934-1945. Efter täktens avslutande användes den som deponi och fylldes igen med deponimassor av okänd härkomst fram till år 1957 (Theresa Weber-Qvarfort, 2011).

Från omkring 1940-talet fram till år 2001 bedrevs sågverksamhet och trävaruhandel inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3. I dagsläget finns inga säkra uppgifter på om det förekommit träimpregnering eller inte på fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3. De miljötekniska undersökningar som utförts har dock inte gett några indikationer på att det förekommit impregnering, se vidare avsnitt 3.4. Det finns även en uppgift om att det på 1950-talet förekommit skrotverksamhet inom fastigheten.



Figur 3. Ungefärlig utbredning av lertäkt i Librobäck. Källa: Theresa Weber-Qvarfort, 2011



Figur 4. Schematisk bild över utbredning av deponi samt aktuella fastigheter inom exploateringsområdet. Den del av exploateringsområdet för Börjetull där det planeras för bostäder och bostäder och förskola är markerat med orange linje. Librobäck 7:2 och 7:3 är markerade med en gul cirkel. Det grå fältet visar den f.d. deponins/lertäktens ungefärliga utbredning. Källa: Theresa Weber-Qvarfort, 2011

Geologi och hydrogeologi

Planområdet ligger inom yttre vattenskyddsområde för Uppsalaåsen, vilket är det grundvattenmagasin som till stor del utgör källan till Uppsala kommuns dricksvatten.

Ett lerlager överlagrar Uppsalaåsens grundvattenmagasin inom planområdet. Utanför lertakten/deponin har markundersökningar påvisat att jordlagerföljden utgörs av ca 0,5 – 1 m fyllning ovan postglacial lera, som överlagrar åsmaterial. Inom lertakten/deponin har fyllnadsjordens mäktighet tidigare påvisats vara uppemot 4 m.

Lerlagrets mäktighet har inom de undersökningar som genomförts i det nu aktuella området samt i närområdet konstaterats vara minst ca 10-15 meter mäktigt. Inom lertakten/deponin har lera avlägsnats och ersatts med fyllnadsmaterial, varför det tätande lerlagret inom deponin är några meter tunnare.

Skyddsområdet med avseende på grundvatten gäller i första hand för åsen, och det är grundvatten under lerlagret på platsen som främst kan anses vara ett grundvatten i egentlig mening.

Förutom detta djupa grundvattenmagasin under leran, kan infiltrerande vatten skapa en mer eller mindre utbredd förekomst av ytligare (mark-)grundvatten i fyllnadsjord/ytligare lera vilket potentiellt kan ge upphov till föroreningsspridning löst i vatten ytligare i jordprofilen. Spridningsriktningen för ytligt (mark-)grundvatten i fyllnadsjord/ytligare lera har inte klargjorts närmare. En spridning till Librobäcken såväl som till Fyrisån kan vara möjlig.

Resultatet av undersökningar som genomförts har påvisat att grundvattnet i det ytliga (mark-)grundvattnet förekommer vid ett djup av ca 3 meter under markytan (m u my), medan grundvattnet i det djupa grundvattnet under leran påvisats vid ett djup av ca 5 meter under markytan. När leran penetreras av ett grundvattenrör stiger vattnet till den höjd som motsvarar dess potentiometriska tryckhöjd (d.v.s. ca 5 meter under markytan i detta fall). Grundvattnet i det djupa magasinet förekommer dock i själva verket i friktionsmaterialet under leran och flödar på minst ca 15 meters djup under markytan.

3.3 Tidigare utförda undersökningar och utredningar inom Librobäck 7:2 och 7:3

Nedan listas de undersökningar och utredningar som gjorts inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 eller i närheten. Flertalet av dessa finns kort beskrivna i PM *Marksanering Librobäck inom Börjetull. Framtagande av platsspecifika riktvärden*, (Ramböll, 2016) samt i PM *Miljöteknisk undersökning. Marksanering Librobäck 7.2 och 7:3* (Ramböll, 2017a).

- Miljöteknisk markundersökning av 11 fastigheter i Librobäck och 1 fastighet i Fålhagen, Uppsala kommun (Golder Associates AB, uppdrag 0170303, 2001.) Undersökning av jord och grundvatten i några provpunkter, som var belägna inom Librobäck 7:2 och 7:3.
- Inventering och riskklassning enligt MIFO-metodiken, Länsstyrelsen Uppsala. Inventering enligt MIFO fas 1 av objektet Järlåsa Brädgård som omfattar de båda fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3.
- Lertäkter i Uppsala. Theresa Weber-Qvarfort, 2011. Inventering av f.d. lertäkter som sedan använts som deponier.
- PM Miljöteknisk undersökning av deponi i tidigare lertäkt (Bjerking AB 2015-02-11). Undersökning för att fastställa föroreningsgraden i jord och grundvatten i området för den tidigare deponin.
- Slutrapport efterbehandling, del av delområde 2, Librobäck 11:1, Uppsala kommun, Bjerking AB, 2016-01-15. Efterbehandlingsåtgärd har skett i ett närliggande område på fastigheten Librobäck 11:1. Saneringen utfördes delvis i en del av den nu aktuella deponin/lertäkten.
- Kartläggning av alla nedlagda deponier inom Uppsala kommun, Geosigma 2016-. På uppdrag av Uppsala kommun utförs en kartläggning och riskklassning enligt MIFO fas 1 av kommunala deponier. Arbetet pågår fortfarande, men ett arbetsmaterial och preliminär riskklassning har gjorts tillgänglig inför arbetet med denna rapport.
- Framtagande av platsspecifika riktvärden i Börjetulls planområde (Ramböll, 2016-09-06). Ramböll har tagit fram platsspecifika riktvärden inför bostadbyggandet i Börjetulls planområde.
- Miljöteknisk markundersökning av Librobäck 7:2 och 7:3 (Ramböll, 2017). En mer omfattande undersökning av jord, vatten och luft av fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3.

4. Metodik för riskbedömning avseende hälsa och miljö

Nedan beskrivs kort den metodik som använts för riskbedömning avseende hälsa och miljö. Riskbedömningen baseras på PM *Marksanering Librobäck inom Börjetull. Framtagande av platsspecifika riktvärden*, (Ramböll, 2016). I PM:et har förslag på platsspecifika riktvärden (PSRV) tagits fram. Miljöförvaltningen i Uppsala kommun har i ett meddelande angett att de platsspecifika riktvärdena kan användas för hela detaljplaneområdet under förutsättning att vissa krav uppfylls (Meddelande daterat 2016-09-13, dnr 2015-006935-MI), se vidare avsnitt 7.2.1.1. Underlaget till de beräknade PSRV omfattar bland annat förslag till övergripande åtgärds mål (se avsnitt 4.1), beskrivning av skyddsobjekt, exponeringsvägar, spridningsmekanismer samt en konceptuell modell som sammanfattar hur potentiellt miljö- och hälsofarliga ämnen från det förorenade området kan nå och exponera skyddsobjekten.

4.1

Övergripande åtgärds mål

Övergripande åtgärds mål anger vilken användning eller funktion ett område ska kunna ha efter en eventuell åtgärd eller vilken påverkan som kan, eller inte kan, accepteras i omgivningen. De övergripande målen beskriver vad området ska kunna användas till och vad som ska skyddas vid nuvarande markanvändning samt i framtiden. Vid framtagande av platsspecifika riktvärden för planområdet Börjetull, som även omfattade fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3, togs följande förslag på övergripande åtgärds mål fram:

- Människor (vuxna och barn) ska kunna bo och vistas i området utan oacceptabla risker för hälsa
- Människor (vuxna och barn) ska kunna äta vilda och odlade växter från området såsom svamp, bär, frukt och grönsaker utan oacceptabel risk för hälsa
- Barn/ungdom ska kunna vistas i skola och förskola utan oacceptabel risk för hälsa
- Människor ska kunna vara yrkesmässigt aktiva inom området utan oacceptabel risk för hälsa
- Markmiljön ska skyddas så att ekosystemets funktioner kan upprätthållas i den omfattning som behövs för den planerade markanvändningen
- Förekommande markföroreningar ska inte orsaka oacceptabel risk för negativ påverkan på miljön eller vattenkvaliteten i Fyrisån eller Librobäcken
- Förekommande markföroreningar ska inte orsaka oacceptabel risk för negativ påverkan på vattentäkten i Uppsalaåsen
- Förekommande markföroreningar ska inte orsaka risk för negativ påverkan på dagvattnet och/eller dagvattenhanteringen inom området

4.2

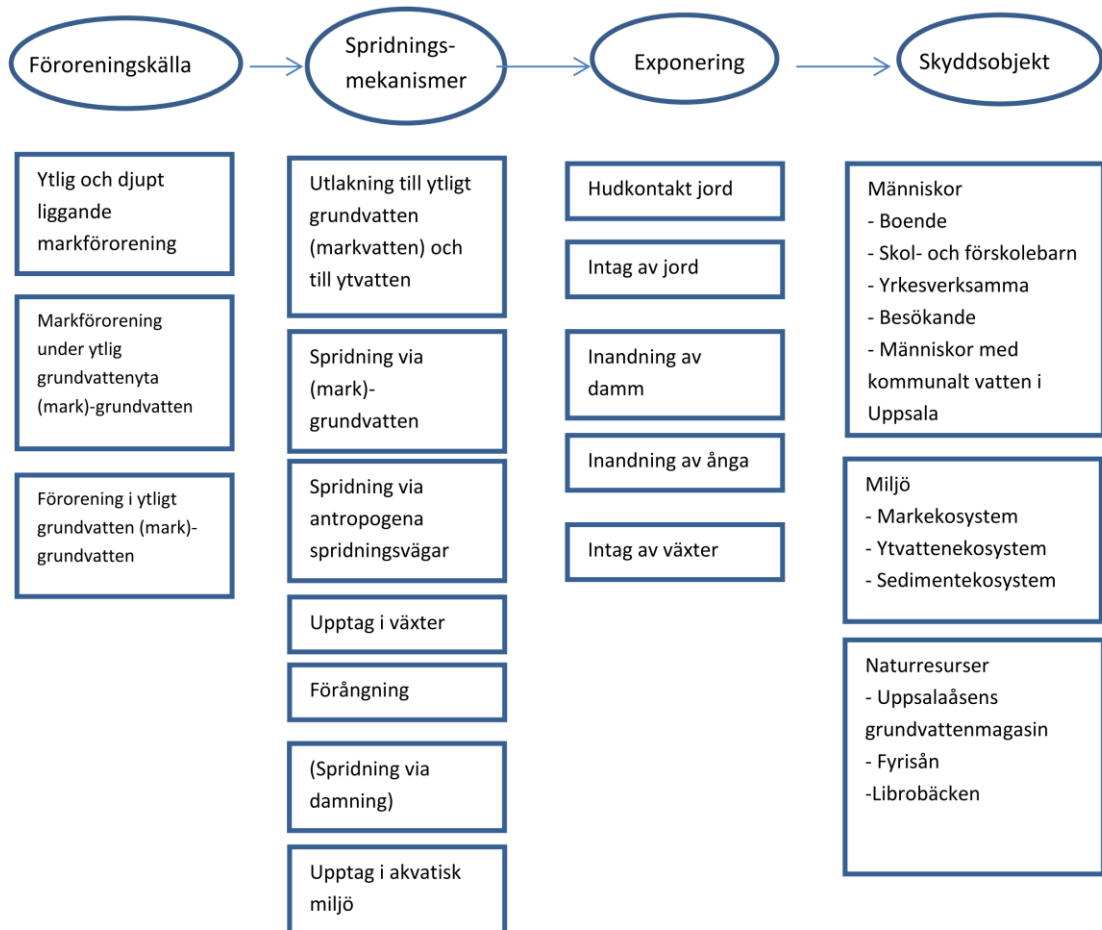
Konceptuell modell

En konceptuell modell sammanfattar hur potentiellt miljö- och hälsofarliga ämnen från det förorenade området kan nå och exponera skyddsobjekten. I den konceptuella modellen identifieras bland annat:

- Föroreningskällor och aktuella media (t ex jord, grundvatten och sediment)
- Spridnings- och exponeringsvägar
- Skyddsobjekt för vilka riskerna skall bedömas

I figur 5 nedan sammanfattas detta samt kopplingarna mellan dessa för hela planområdet Börjetull där fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 ingår, se vidare

även avsnitt 4 i PM *Marksanering Librobäck inom Börjetull. Framtagande av platsspecifika riktvärden*, (Ramböll, 2016) .



Figur 5. Konceptuell modell avseende föroreningarna vid planområdet Börjetull i Librobäck, Uppsala.

I avsnitt 4.3.4 i PM *Marksanering Librobäck inom Börjetull. Framtagande av platsspecifika riktvärden*, (Ramböll, 2016), redovisas de skyddsobjekt som identifierats inom området efter planerad omvandling till bostadsändamål. Av dessa är följande aktuella inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3:

- Människor (vuxna och barn) som bor inom området samt i närliggande områden
- Människor (vuxna och barn) som vistas tillfälligt inom området t ex i parker och på besök
- Markorganismer och markprocesser
- Den akvatiska miljön i Librobäcken och Fyrisån
- Det djupa grundvattnet under leran i egenskap som naturresurs (Uppsalaåsen)

4.3 Bedömningsgrunder

4.3.1 Jord

Uppmätta föroreningshalter i jord från samtliga tidigare undersökningar har jämförts med platsspecifika riktvärden (PSRV) för Börjetulls planområde i Librobäck, se bilaga 1 samt tabell 1 och 2 nedan. De föreslagna riktvärdena är framtagna för de markanvändningsscenarioer som kan komma att vara aktuella enligt Uppsala kommuns planprogram för Börjetulls planområde;
Bostäder/förskola och parkmark samt *Hårdgjorda ytor* med djupindelning 0 – 1 meter respektive > 1 meter under markytan. I detta fall har endast jämförelse gjorts med PSRV *Bostäder/förskola och parkmark 0-1 m* respektive *PSRV Bostäder/förskola och parkmark > 1 m*, eftersom det inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 endast är aktuellt med bostäder. De platsspecifika riktvärdena används även som bedömningsgrund i syfte att bedöma om de förorenade massorna kan återanvändas vid återfyllning av schaktgropar inom området eller om de måste omhändertas.

Tabell 1. Framtagna platsspecifika riktvärden PSRV för Boende/förskola och parkmark 0-1 m i Börjetulls planområde. Enhet mg/kg TS

Ämne	Hälsorisk-baserat riktvärde	Skydd av markmiljö (mg/kg)	Spridning (mg/kg)			Sammanvägt riktvärde (mg/kg)
			Skydd mot fri fas	Skydd av grundvatten	Skydd av ytvatten	
Arsenik	3,6	40	beaktas ej	3900	88	10
Barium	1000	300	beaktas ej	ej begr.	12000	300
Bly	81	400	beaktas ej	24000	880	80
Kadmium	4,9	12	beaktas ej	1300	3,9	4
Kobolt	64	35	beaktas ej	3900	59	35
Koppar	9400	200	beaktas ej	79000	590	200
Krom tot	83000	150	beaktas ej	99000	440	150
Kviksilver	0,39	10	beaktas ej	390	0,59	0,4
Molybden	430	150	beaktas ej	7400	24	25
Nickel	330	120	beaktas ej	7900	290	120
Vanadin	530	200	beaktas ej	79000	490	200
Zink	12000	500	beaktas ej	160000	2300	500
PAH-L	60	15	500	1900	70	15
PAH-M	7,2	40	250	6000	56	7
PAH-H	3,2	10	50	1900	72	3
Alifat >C10-C12	400	500	1000	ej begr.	37000	400
Alifat >C12-C16	1200	500	1000	ej begr.	870000	500
Alifat >C16-C35	85000	1000	2500	ej begr.	ej begr.	1 000
Aromat >C10-C16	970	15	500	5800	260	15
Aromat >C16-C35	880	40	250	3500	33	35

Tabell 2. Framtagna platsspecifika riktvärden PSRV för Boende/förskola och parkmark >1 m i Börjetulls planområde. Enhet mg/kg TS.

Ämne	Hälsorisk-baserat riktvärde	Skydd av markmiljö (mg/kg)	Spridning (mg/kg)			Sammanvägt riktvärde (mg/kg)
			Skydd mot fri fas	Skydd av grundvatten	Skydd av ytvatten	
Arsenik	27	50	beaktas ej	3900	14000	25
Barium	9300	870	beaktas ej	ej begr.	ej begr.	800
Bly	600	1100	beaktas ej	24000	140000	600
Kadmium	23	35	beaktas ej	1300	620	25
Kobolt	410	65	beaktas ej	3900	9300	70
Koppar	46000	430	beaktas ej	79000	93000	400
Krom tot	ej begr.	440	beaktas ej	99000	69000	400
Kviksilver	1,1	35	beaktas ej	390	93	1
Molybden	2300	150	beaktas ej	7400	3700	150
Nickel	4100	120	beaktas ej	7900	46000	120
Vanadin	8000	200	beaktas ej	79000	77000	200
Zink	56000	690	beaktas ej	160000	370000	700
PAH-L	150	60	500	1900	11000	60
PAH-M	16	110	250	6000	8800	15
PAH-H	24	15	50	1900	11000	15
Alifat >C10-C12	1200	1000	1000	ej begr.	ej begr.	1 000
Alifat >C12-C16	4600	1000	1000	ej begr.	ej begr.	1 000
Alifat >C16-C35	670000	1000	2500	ej begr.	ej begr.	1 000
Aromat >C10-C16	3900	60	500	5800	41000	60
Aromat >C16-C35	4200	40	250	3500	5200	40

4.3.2 Porluft

Generellt finns det få riktvärden för porluft och Naturvårdsverket har inte tagit fram några generella riktvärden för föroreningar i porluft i markmiljö. I Sverige och internationellt anges för vissa ämnen s.k. lågrisknivåer för människa. Exponering vid lågrisknivåer anses innebära en försumbar risk för påverkan på människa om man under hela sin livstid utsätts för en genomsnittskoncentration motsvarande lågrisknivån. För cancerframkallande ämnen uppskattas lågrisknivån orsaka 1 fall av cancer per 100 000 exponerande under en livstid. I Sverige har Institutet för Miljömedicin (IMM) vid Karolinska Institutet angett lågrisknivåer för flera cancerogena ämnen och internationellt anges dessa bl.a. av organ som WHO (World Health Organization) och EPA (Environmental Protection Agency) i USA. IAC (International Agency for Research on Cancer) indelar cancerframkallande ämnen i olika klasser med hänsyn till kunskapen om risken för människa.

För vissa ämnen har de svenska referensvärdena hämtade från IMM:s rapport 1/98, "Risk assessment of carcinogenic air pollutants" och WHO:s rapport NO 91, "Air Quality Guidelines for Europe, second edition" använts som bedömningsgrund. De jämförelsevärden som använts är NOEL (No observed adverse effect level) vilka är baserade på djurförsök med osäkerhetsfaktorer på 1000-5000 gånger. NOEL är så kallade "lågriskvärden" som anger en nivå där ingen risk för effekter ska kunna föreligga.

Halterna av vissa klorerade alifater, PAH samt bensen i markens poluft och luft i en kryptgrund har jämförts med s.k. humantoxikologiska lågriskreferenskoncentrationer RfC (referenskoncentration, icke genotoxiska ämnen) samt $RISK_{inh}$ (referenskoncentration, genotoxiska ämnen), som ingår i Naturvårdsverkets beräkningsmodell för generella riktvärden (Naturvårdsverket, 1999 och 2016). Grunderna för bedömning av hälsorisker vid inträngning av flyktiga ämnen i inomhusmiljö är vanligen uttryckt som referenskoncentration, det vill säga vad som beräknats vara tolerabelt med avseende på exponeringstid, exponeringsgrupp och ämnets farlighet. Vid ånginträngning sker en utspädning mellan koncentrationen i markens porgas och i inomhusluften. I Danmark har det empiriskt tagits fram en utspädningsfaktor mellan porgas och inomhusluft avseende klorerade alifater om 1:100 (Geosigma, 2012). Det betyder att om halten i porgasen understiger $100 \cdot RfC$ föreligger ingen oacceptabel risk. Eftersom det planeras för bostäder inom det nu aktuella området, anpassas dock riktvärdet från inomhusluft till porluft i marken genom att $RfC/RISK_{inh}$ multipliceras med en faktor 10. Detta kan därmed anses vara en konservativ anpassning.

4.3.3 Grundvatten

Analysresultaten för grundvatten har jämförts med SGU:s bedömningsgrunder för grundvatten (SGU, 2013:01) samt Livsmedelsverkets gränsvärden för tjänligt dricksvatten (LIVSFS 2011:3).

Bedömningsgrundernas klassindelning för grundvatten i SGU:s rapport utgår från bakgrundsvärden, Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten (LIVSFS 2011:3), Socialstyrelsens riktvärden för dricksvatten (SOSFS 2003:17 (M) och tidigare bedömningsgrunder (NV Rapport 4915) samt genrells riktvärden för grundvatten på nationell nivå och utgångspunkter för att vända trend (SGU-FS 2013:2).

För metaller har både Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten (LIVSFS 2011:3) samt bedömningsgrunder från SGU (SGU, 2013) använts. I SGU:s rapport har en bedömning utförts av tillståndsklassning och påverkansbedömning för grundvatten med avseende på olika metallhalter. SGU anger fem bedömningsklasser:

1. Mycket låg halt/Ingen eller obetydlig påverkan
2. Låg halt/Måttlig påverkan
3. Måttlig halt/Påtaglig påverkan
4. Hög halt/Stark påverkan
5. Mycket hög halt/Mycket stark påverkan

För petroleumkolväten har riktvärden för bensinstationer i drift använts (SPI, 2011; 2014), vilka tagits fram av oljebolagens miljösaneringsfond Svenska Petroleuminstitutet (SPI). Uppmätta halter har jämförts med riktvärden med avseende på ånginträngning till byggnader samt för skydd av ytvatten. För

bekämpningsmedel har Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten använts (LIVSFS 2011:3), vilka baseras på EU:s grundvattendirektiv.

Det finns idag inga gränsvärden för perfluorerade ämen (PFAA) i dricksvatten. Livsmedelsverket har därför tagit fram åtgärdsgränser för PFAA (Livsmedelsverket, 2014). Åtgärdsgränsen anges som den totala PFAA-halten för de sju PFAA Perfluorbutansulfonat (PFBS), Perfluorhexansulfonat (PFHxS), Perfluoroktansulfonat (PFOS), Perfluorpentanoat (PFPeA), Perfluorhexanoat (PFHxA), Perfluorheptanoat (PFHpA) samt Perfluoroktanoat (PFOA) och är bestämd till 90 ng/liter. Med hjälp av den åtgärdsgränsen ska dricksvattenproducenter och kontrollmyndigheter kunna avgöra om halterna av PFAA i vattnet är så höga att de kan utgöra en hälsofara.

Livsmedelsverket rekommenderar även att uppmätta totala PFAA-halten jämförs med det hälsobaserade riktvärdet (TDI, Tolerabelt Dagligt Intag) som är 900 ng/liter vatten.

SGI (Statens Geotekniska Institut) har tagit fram ett förslag på riktvärde (preliminärt riktvärde) för grundvatten förorenat av PFOS, vilket angetts till 0,045 µg/l det vill säga 45 ng/l (SGI, 2015).

4.4

Egenskapsområden

Vid bedömning av föroreningssituationen har en indelning i så kallade egenskapsområden genomförts. Syftet med detta har varit att identifiera egenskapsområden med så homogena egenskaper som möjligt. Riskerna för varje enskilt egenskapsområde kan då beskrivas tydligare. Indelningen av egenskapsområden har baserats på:

- Historisk information om tidigare markanvändning
- Topografiska geologiska och hydrologiska aspekter (höjder, diken etc.)
- Visuella intryck under fältarbetet.
- Koncentrationsdata från genomförd provtagning

För att en så bra avgränsning av områden som möjligt ska kunna göras, måste alla dessa aspekter vägas samman. Notera att resultaten (koncentrationsdata) från provtagningen inte får väga alltför tungt vid avgränsningen eftersom

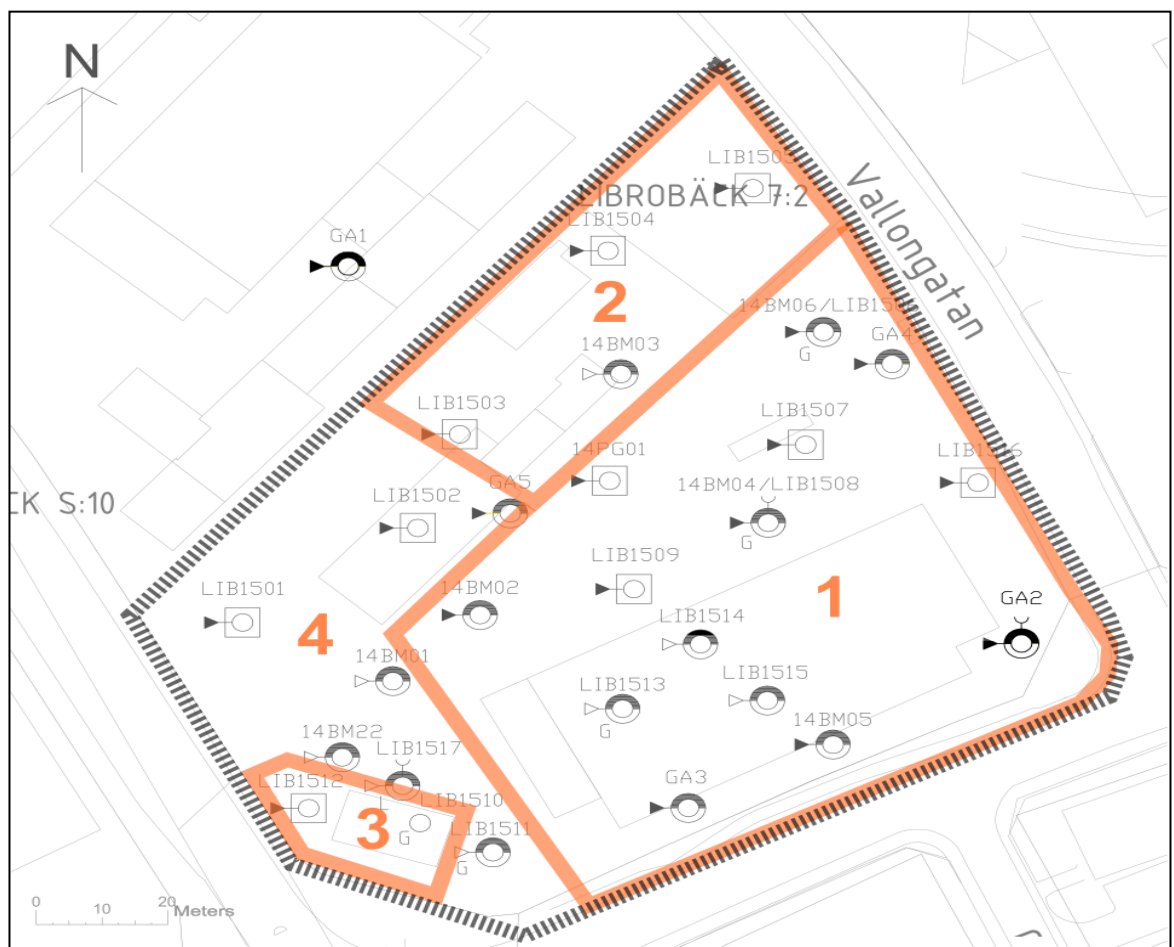
- Det kan finnas en stor slumpeffekt i dessa data på grund av att föroreningen inom ett utfyllt område är heterogent fördelad (framför allt gäller det i den f.d. deponin/lertäkten).
- Avståndet mellan provpunkterna är relativt stort.
- Antalet provpunkter är begränsat.

4.4.1

Aktuella egenskapsområden

I de delar av fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3, där föroreningar påträffats, har fyra olika egenskapsområden definierats, se figur 6:

1. *F.d. deponin/lertäkten*
 - a. Övre marklager bestående av sandigt grus och lera
 - b. Undre marklager bestående av deponimassor
2. *Norra delen av området*
3. *Kontorsbyggnad*
4. *Övriga delar av området*



Figur 6. Definierade egenskapsområden inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3.

Egenskapsområde 1 - F.d. deponin/lertäkten

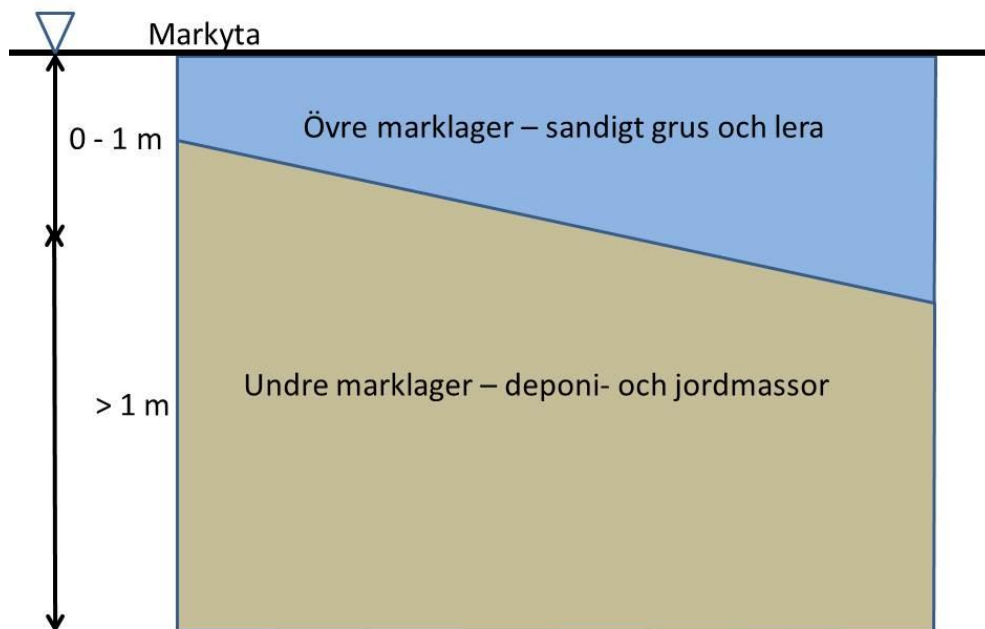
F.d. deponi- och lertäktområdet utgörs av ett övre marklager bestående av sandigt grus och lera samt ett undre marklager bestående av deponi- och jordmassor. Under deponi- och jordmassorna finns lera (naturligt jordlager). I figur 7 visas en förenklad schematisk skiss av markprofilen.

a. Övre marklager – sandigt grus och lera

I det översta markskiktet i deponiområdet förekommer ett lager av fyllningsmaterial av sandigt grus och ett lager av lera närmast deponimassorna. Mäktigheten på det sand- och gruslagret är ca 0,5 – 1,5 meter. Föroreningsnivån har generellt påvisats vara lägre i jordmassorna ovan deponimassorna.

b. Undre marklager – deponi- och jordmassor

De undersökningar som utförts har visat att det förekommer heterogena deponi- och jordmassor med tydliga skiktningar från ca 0,5 – 1,5 meters djup ner till lertäktens botten på ca 3 – 4 meter under markytan. Det fanns dock inte många likheter i de olika lagerföljderna mellan de olika provpunkterna i deponin. Föroreningar förekommer i varierande halter och sammansättning i jorden.



Figur 7. Förenklad schematisk skiss av markprofilen i egenskapsområde 1 – f.d. deponin/lertäkten.

Egenskapsområde 2 - Norra delen av området

I norra delen av området förekommer ca 0,5 meter fyllnadsmaterial bestående av sandigt grus. I fyllnadsmaterialet finns ställvis även ett ca en decimeter mäktigt gråfärgat gruslager, som misstänks vara arsenikförorenat grus från Dannemora gruva. På ca 0,5 meters djup påträffas lera.

Kontorsbyggnad

I anslutning till kontorsbyggnaden förekommer ca 0,5 – 1 meter fyllnadsmaterial bestående av sandigt grus ovanpå lera. Provtagning av luft i kontorsbyggnadens kryppgrund har påvisat att det kan förekomma organiska föroreningar. Det finns uppgifter om att det har funnits en diesel-/oljetank intill byggnaden.

Övriga delar av området

I de övriga delarna av området förekommer ca 0,5 – 1 meter fyllnadsmassor bestående av sandigt och grusigt material, vilket underlagras av lera. Det finns inga uppgifter om påträffade föroreningar vid de miljötekniska undersökningar som utförts.

Resultat från de jordprov som tagits i övriga delar av området har inte överskridit några platsspecifika riktvärden. Antalet provpunkter är dock relativt få, så det går inte att utesluta att det kan förekomma föroreningar som kan innebära oacceptabla risker för människors hälsa eller miljö. De undersökningar som utförts indikerar dock att det inte är troligt att det förekommit någon impregnering eller dopkning av virke, vilket sannolikt utesluter den typen av föroreningar. En förorening som skulle kunna förekomma är arsenik om det finns arsenikhaltigt grus i andra delar än i den norra delen (egenskapsområde 2). Enligt uppgift kan det finnas en nedgrävd oljetank som skulle kunna vara en potentiell källa till petroleumföroreningar. Eftersom uppgifterna om tankens läge är osäkra kan det inte uteslutas att den finns kvar. Då övriga ytor inom området inte omfattas av den f.d. deponin/lertäkten och det bedöms finnas lera på ca 0,5 – 1 meters djup under markytan, antas eventuella föroreningar endast förekomma i den översta metern av markprofilen, som består av sandigt, grusigt fyllnadsmaterial. Även utbredning av en eventuell förorening bedöms vara begränsad, då de prover som tagits inte visat på några höga föroreningshalter.

4.5

Representativa halter

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

UCLM₉₅ tar hänsyn till antalet prov, standardavvikelse samt medelhalter. Halten motsvarar en halt som områdets sanna medelhalt med 95 % säkerhet understiger. Detta statistiska mått kan anses vara ett konservativt jämförvärde för att bedöma om föroreningssituationen utgör en oacceptabel risk eller inte.

När ett förorenat område ska klassas som (a) i behov av åtgärder eller (b) ej i behov av åtgärder, så kan två typer av fel begås vid klassningen:

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

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

Om medelvärde av stickproverna används som representativ halt så blir sannolikheten för fel av typ 1 och 2 ungefär lika stora. För bedömning av risker för markmiljö och spridningsrisker kan många gånger medelhalten vara en rimlig representativ halt. Vid bedömning av hälsorisker bör typ 1-fel undvikas. I dessa fall bör istället UCLM₉₅-halten användas som representativ halt eftersom UCLM minskar sannolikheten för typ 1-fel. UCLM₉₅ är nämligen (när det finns en variaton) alltid högre än medelvärdet.

Sannolikheten för ett typ 1-fel är då 5 %. För medelvärdet är motsvarande sannolikhet 50 % (man skulle kunna beteckna medelvärdet som UCLM₅₀). Skillnaden illustrerar hur mycket säkrare UCLM₉₅ är än medelvärdet då man vill undvika typ 1-fel. Det innebär således att för UCLM₉₀ och UCLM₈₀ är sannolikheten för ett typ 1-fel då 10 % respektive 20 %.

4.6 **Aktuella representativa halter**

För Librobäck 7:2 och 7:3 har två olika representativa halter i form av medelvärde och UCLM₉₅ beräknats för f.d. deponin-/lertakten (egenskapsområde 1); dels för det övre marklagret bestående av sandigt grus och lera, dels för det undre heterogena lagret av deponi- och jordmassor. I övriga egenskapsområden har antalet utförda kemiska laboratorieanalyser varit för få. För dessa områden har istället maxhalter använts som representativ halt.

Med tanke på att det planeras för bostäder inom området samt föroreningens heterogenitet i deponimassorna används UCLM₉₅-halter som representativ halt för

bedömning av risker avseende hälsa. Då området till stor del planeras att utnyttjas för byggnader (flerbostadshus) och hårdgjord yta, bedöms förutsättningarna för markmiljön fortsatt vara begränsade. För bedömning av risker avseende markmiljön används därmed medelvärde (UCLM₅₀). För bedömning av risker avseende spridning görs en jämförelse med både UCLM₉₅-halter och medelvärde (UCLM₅₀) som representativ halt.

Följande bedömning har gjorts:

- 1) Om UCLM₉₅- understiger ett riktvärde bedöms föroreningsnivån inte utgöra någon oacceptabel risk.
- 2) Om UCLM₉₅-halten överstiger riktvärdet, men medelhalten understiger riktvärdet, kan föroreningsnivån utgöra en oacceptabel risk. Dock indikerar resultatet att det finns vissa osäkerheter i dataunderlaget. Exempelvis skulle ett större dataunderlag sannolikt göra att medel- och UCLM₉₅-halter närmade sig varandra.
- 3) I de fall då UCLM₉₅-halter och medelhalter överskrider riktvärdet är det troligt att föroreningsnivåer leder till oacceptabla risker.

5. Sammanfattande föroreningsnivå och föroreningsmängd

Nedan redovisas en bedömning av föroreningsnivån och föroreningsmängd inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 baserat på de resultat som redovisats från tidigare undersökningar, se avsnitt 3.4 samt angivna bedömningsgrunder i avsnitt 4.3.

5.1.1 Jord

Resultaten från jordproverna från de tre tidigare utförda undersökningarna har sammanställts och jämförts med PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m* respektive *PSRV Boende/förskola och parkmark > 1 m*.

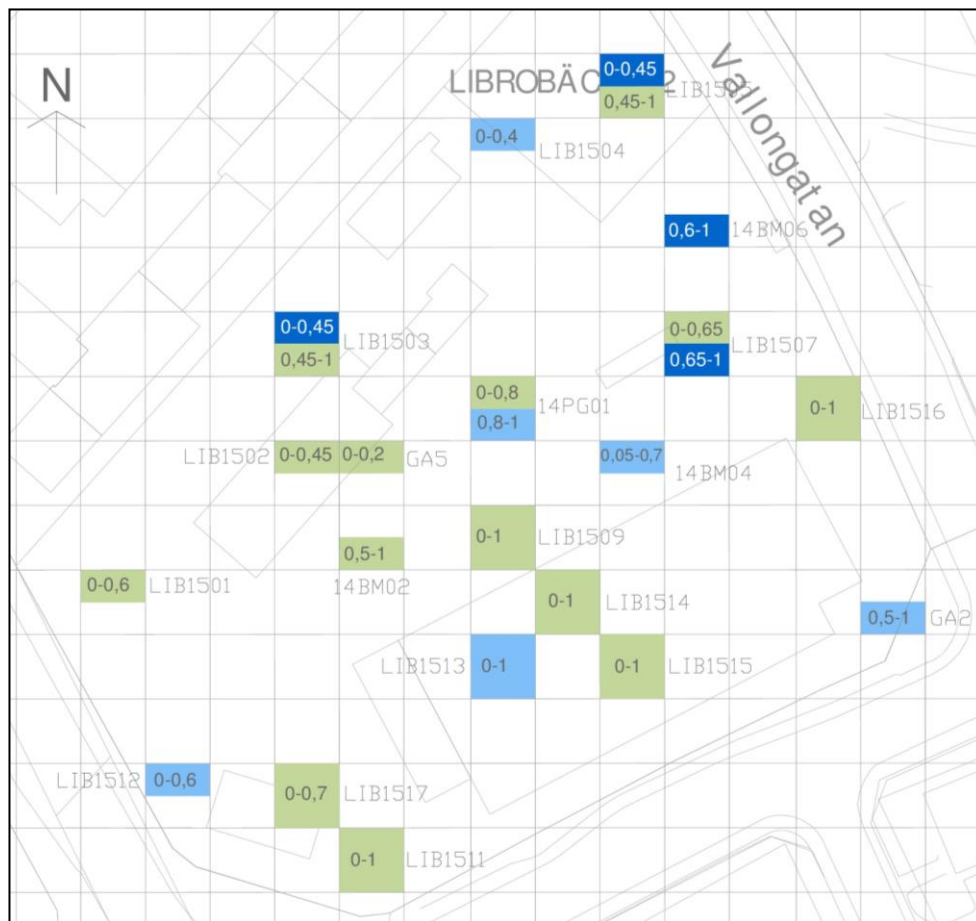
I samband med den senaste miljötekniska undersökningen delades området in i rutor om 10 x 10 meter (se Ramböll, 2017). Ett urval av vilka provrutor som skulle provtas gjordes och inom dessa utplacerades provpunkten slumpmässigt. I figur 7 redovisas en översiktlig bild över resultatet i de olika rutorna i den översta metern av marken. Rutor där prov uttagits är markerade med grön färg om båda PSRV underskrids och markerade med blå färg om PSRV överskrids för ett eller flera föroreningsämnen. I figur 8 redovisas resultaten på motsvarande sätt för jord på större djup än 1 meter under markytan. På det djupet har föroreningar endast påträffats inom deponiområdet.

Uppmätta halter i jorden jämfördes med framtagna platsspecifika riktvärden (PSRV *Boende/förskola och parkmark*). De föroreningar som har påträffades i jorden inom området var framförallt metaller och PAH. Generellt påträffades höga

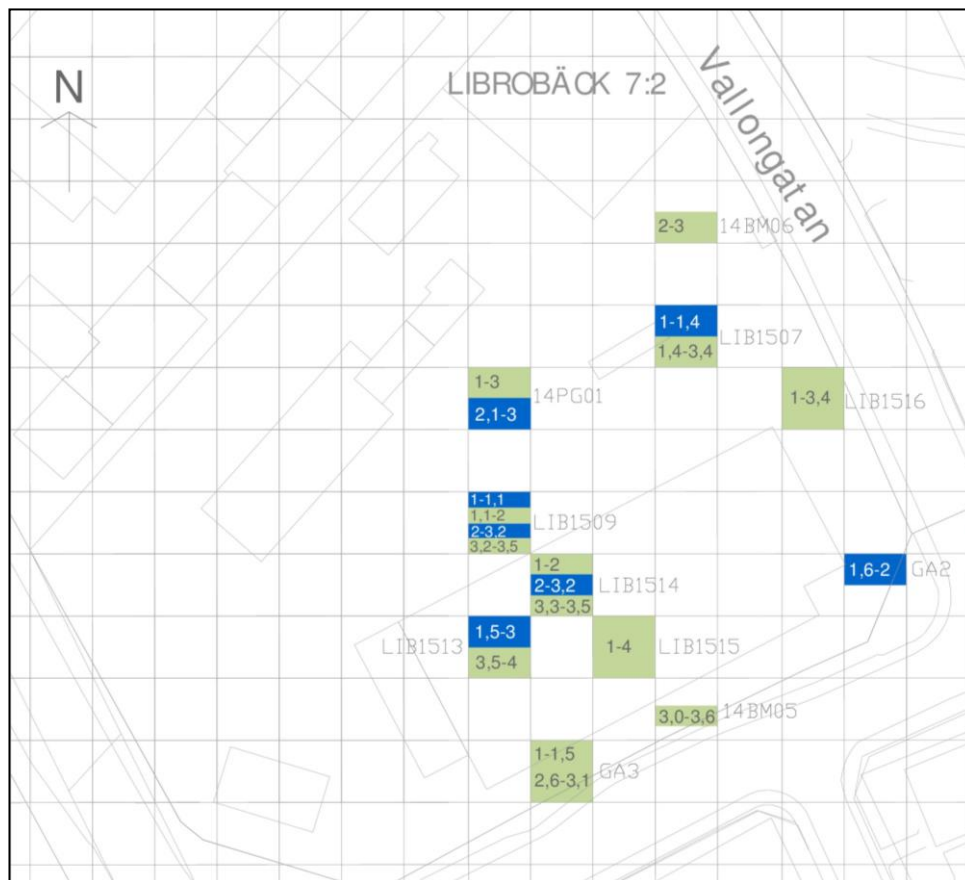
halter av föroreningar (över PSRV) i den del av området som tidigare använts som deponi. I det området fanns deponimassor från ca en meters djup ned till ca 3-4 meter. I några punkter uppmättes föroreningshalter över Avfall Sveriges rekommenderade haltgräns för farligt avfall (FA). Genomförda undersökningar av deponin visade på heterogena massor med tydliga skiktningar i deponimassorna, vilka var övertäckta av ett lager av fyllningsmaterial av sandigt grus och ett lager av lera närmast deponimassorna. Detta lager varierade i mäktighet mellan ca 0,5 och 1,5 meter och visade inte på några halter över PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m*.

I norra delen av fastigheten Librobäck 7:2 och utanför området för den f.d. deponin har höga halter av arsenik påträffats, vilka kan medföra risk för akuttoxiska effekter. De högsta halterna av arsenik påträffades i ett skikt med gråaktigt grus i provpunkt LIB1505 (0,35 - 0,45 m under markytan). Gruset bedöms kunna härröra från Dannemoragruvan där det förekommit höga halter av arsenik. Även i punkterna LIB1503 och LIB1504, påträffades halter av arsenik över PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m* i den översta halvmeteren. I punkten LIB1505 överskreds även uppmätta halter av bly och PAH-H PSRV.

I sydvästra delen intill en kontorsbyggnad, finns det uppgifter om att det tidigare funnits en oljetank. I provpunkten LIB1512 påträffades en något förhöjd halt av PAH-Höver PSRV *Bostäder/förskola och parkmark 0-1 m*. Inga halter av alifater och aromater uppmättes dock över PSRV i området. Det noterades heller ingen lukt av olja eller diesel här.



Figur 8. Djup 0-1 m under markytan. Den ljusare blå färgen anger halter av föroreningar över PSRV Boende/förskola och parkmark 0-1 m och den mörkare blå färgen anger halter över PSRV Boende/förskola och parkmark >1 m. Den gröna färgen anger halter under PSRV för båda djupindelningarna. Vissa rutor är uppdelade i flera nivåer i profilen för att visa på olika halter av föroreningar i samma ruta men på olika nivåer. Detta visas som halva rutor.



Figur 9. Figuren visar provtagna djup >1 m under markytan. Siffrorna anger provtagna djupintervall. Den mörkblå färgen anger intervall där en eller flera föroreningar påträffats i halter överstigande PSRV Boende/förskola och parkmark >1 m. Den gröna färgen anger att samtliga uppmätta halter understiger PSRV. Rutor med flera färgskikt representerar rutor där föroreningsbilden skiljer sig mellan olika djupnivåer i markprofilen.

Laktest har utförts på fyra samlingsprov av deponimassor från hela deponin/lertäkten i syfte att bedöma vilken mottagningsklass dessa massor skulle få på en mottagningsanläggning (Bjerking, 2015). Resultatet visade att inget av proven uppfyllde kraven för inert deponi, men de klarade kraven för icke farligt avfall och farligt avfall. Massorna får därmed deponeras på deponi eller deponicell för icke farligt avfall. Laktesterna visade att metallerna föreligger bundna till partiklar och att de är svårlakade.

Vissa något förhöjda halter av alifater och aromater har påträffats men inget prov visar på uppmätta halter som överskrider PSRV inom Librobäck 7:2 och 7:3. För några prov gjordes screenings- samt dioxinanalyser, se PM *Miljöteknisk undersökning. Marksanering Librobäck 7:2 och 7:3* (Ramböll, 2017a). Dessa visade bland annat att det inte uppmättes några höga halter av dioxin eller PCB.

Inga föroreningshalter över PSRV har uppmätts i den underliggande naturliga leran, varken i den del av området där deponin/lertakten är belägen eller i andra delar av området.

5.2 Grundvatten

5.2.1 Ytligt grundvatten i deponin

I det ytliga (mark-)grundvattnet i deponin (LIB1508) har måttlig halt av arsenik, nickel och zink uppmätts (enligt SGU:s bedömningsgrunder). Halterna understeg dock Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten. Även halten kvicksilver klassades som måttlig halt enligt SGU:s bedömningsgrunder. Övriga metallhalter klassades som mycket låga.

Vidare uppmättes bensen och rester av bekämpningsmedlet BAM (en nedbrytningsprodukt av ogräsmedlet diklobenil) i halter över Livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten. Uppmätta halter av PAH-L, PAH-M och PAH-H understeg detektionsgränsen, vilket även gäller för PCB.

Bjerking har inom deras undersökningar även uppmätt förhöjda halter av PAH och klorerade ämnen (vinylklorid och 1,1-Diklorethan) i 14BM04.

5.2.2 Djupt grundvatten

I det djupa grundvattnet (LIB1517) klassades samtliga uppmätta halter av analyserade metaller som mycket låg halt enligt SGU:s bedömningsgrunder (SGU, 2013). Uppmätta halter av de sju PFAA-ämnen (benämnt PFC), som ingår i Livsmedelsverkets åtgärdsgräns understeg rapporteringsgränsen och därmed understeg halterna den åtgärdsgränsen med stor marginal. Motsvarande gällde även PFOS där detektionsgränsen låg långt under SGI:s föreslagna riktvärde. Även uppmätta halter av samtliga övriga ämnen understeg detektionsgränsen.

5.3 Porluft

Uppmätta halter av de ämnen i porluften i deponin för vilka riktvärden finns, understiger aktuella riktvärden, se avsnitt 4.3.2. I punkten LIB1506 uppmättes en högre halt av VOC än i övriga punkter i deponin. Halten var dock lägre än IMM:s referensvärde.

I LIB1506 och LIB1513 har något högre halter av klorerade alifater uppmätts. Halterna understeg dock RfC och RISK_{inh} multiplicerat med utspädningsfaktorn 10.

I krypgrunden under kontorsbyggnaden uppmättes det något högre halter av VOC och PAH än i porluften i deponin. Halterna av bensen och fenantren (ett PAH-ämne) översteg RfC/RISK_{inh} för respektive ämne.

5.4 Föroreningsmängder

Nedan redovisas en översiktlig uppskattning av föroreningsmängd baserad på resultat från Rambölls miljötekniska undersökning (Ramböll, 2017a) samt tidigare utförda miljötekniska undersökningar. Mängduppskattningen har utförts för

egenskapsområde 1 samt 2 och 3, se tabellerna 3, 4 och 5 nedan. För egenskapsområde 4 har ingen mängduppskattning gjorts, då det inte uppmätts några föroreningshalter över PSRV i denna del.

5.4.1 F.d. deponin/lertäkten (egenskapsområde 1)

För att möjliggöra en bedömning av föroreningsmängden i området i stort, har andelen undersökningspunkter där jordprover påvisats vara förorenade i halter över PSRV *Bostäder/förskola och parkmark* använts som ett mått på graden av förorening. Ingen uppdelning mellan olika typer av föroreningsämnen har genomförts, utan förorenad jord har hanterats som en helhet.

Metoden använder resultaten av analyserade jordprov för att ge en uppfattning om hur förorenad deponin är betraktat som helhet. Det ger ingen uppfattning om vilka specifika områden av deponin som är förorenad, eller i vilken utsträckning som olika delar av deponin är förorenad. Metoden innebär ett antagande om att tolkningen av föroreningssituationen hade varit likartad oavsett hur provtagningspunkterna hade varit placerade. Detta stämmer troligen inte, då deponin antas vara heterogen. Det är dock en första ansats till att bedöma föroreningsmängden, men det är viktigt att komma ihåg att en förnyad klassning av jordmassornas föroreningsgrad vid urschaktning kan ge ett annat resultat. För beräkning av uppskattade föroreningsmängder, se tabell 3.

Tabell 3. Andel av provtagningspunkter där föroreningshalter överskridit framtagna platsspecifika riktvärden (PSRV Boende/förskola och parkmark) inom f.d. deponi på fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3.

Djup (m under markytan)	Antal provpunkter med laboratorie- analys	Antal provpunkter med halt > PSRV	Andel provpunkter med halt >PSRV (%)
0-1	13	6	46
1-2	11	4	40
2-4	10	4	40

Andelen av deponin som är belägen inom aktuella fastigheter har en area av ca 6750 m² vilket baserat på ett medeldjup av 4 m medför en volym som uppgår till 27 000 m³. Påträffad föroreningsförekomst har delats in enligt djupintervallen 0-1 meter, 1-2 meter samt 2-4 meter. Om flera jordprover tagits från intervallet 0-1 m i en punkt, och endast 1 av proven har påvisat förorening, har ändå hela den metern i den punkten konservativt ansetts vara förorenad.

Eftersom området utgörs av en f.d. deponi förväntas materialets karaktär vara heterogent och det är svårt att med hjälp av enstaka jordprov avgränsa

utbredningen av föroreningar. Vidare har analyserade jordprov representerat olika föroreningsintervall.

Det bör poängteras att det är en grov förenkling att basera mängden förorening på resultatet av utförda jordprovtagningar. Det är troligt att en förnyad klassificering vid utförande av åtgärd kan komma att avvika från den nu uppskattade mängden, se tabell 4.

Tabell 4. Uppskattad mängd förorenade massor med föroreningshalter som överskrider framtagna platsspecifika riktvärden (PSRV Boende/förskola och parkmark) inom f.d. deponin/lertäkten (egenskapsområde1).

Djup (m under markytan)	Total volym massor i lertäkten (m ³)	Total mängd massor i lertäkten (ton)	Uppskattad volym massor förorenade >PSRV bostäder (m ³)	Uppskattad mängd massor förorenade >PSRV bostäder (ton)
0-1	6750	12150	3115	5608
1-2	6750	12150	2700	4860
2-4	13500	24300	5400	9720
Totalt	27 000	48 600	11 215	20 188

5.4.2 Utanför f.d. deponin/lertäkten - norra delen av området samt kontorsbyggnaden (egenskapsområde 2 och 3)

I tabell 5 redovisas den uppskattade mängden förorenade massor med föroreningshalter > än PSRV bostäder 0 – 1 m utanför f.d. deponin/lertäkten - norra delen av området samt kontorsbyggnaden (egenskapsområde 2 och 3). Denna uppskattning är baserad på totalt nio provpunkter.

Tabell 5. Uppskattad mängd förorenade massor med föroreningshalter > än PSRV bostäder 0 – 1 m utanför f.d. deponin/lertäkten - norra delen av området samt kontorsbyggnaden (egenskapsområde 2 och 3).

Föroreningstyp och område	Djup (m under markytan)	Uppskattad mängd massor förorenade >PSRV bostäder (m ³)	Uppskattad mängd massor förorenade >PSRV bostäder (ton)
PAH-förorening - Norra delen	Ca 0-0,5	200	360
Arsenikförorening - Norra delen	Ca 1 dm skikt	160	288
PAH-förorening - Kontorsbyggnad	Ca 0-0,6	300	540
	Totalt	660	1188

6. Riskbedömning

6.1 Föroreningars farlighet

Flera av de föroreningar som förekommer inom området bedöms ha mycket hög farlighet enligt MIFO-metodikens bedömningsgrunder – PAH och metallerna arsenik, bly och kadmium. Därutöver förekommer metallerna koppar, nickel och vanadin samt aromatiska kolväten som bedöms ha en hög farlighet. I avsnitt 4.1 i PM:et *Marksanering Librobäck inom Börjetull. Framtagande av platsspecifika riktvärden* (Ramböll 2016), finns en kort beskrivning av de mest aktuella föroreningar som påträffats i jord och/eller grundvatten i förhöjda halter.

6.2 Föroreningssituation

Bedömning av föroreningssituationen vid fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 har genomförts med utgångspunkt i identifierade egenskapsområdena 1, 2, 3 och 4 samt tidigare erhållna resultat från provtagning av jord, porgas samt grundvatten. Beräknade representativa halter samt max-halter har jämförts med framtagna PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m* respektive *> 1 m*.

Nedan redovisas kort föroreningssituationen för de fyra egenskapsområdena

1. *F.d. deponin/lertäkten*
 - a. Övre marklagret bestående av sandigt grus och lera
 - b. Undre marklagret bestående av deponi- och jordmassor
2. *Norra delen av området*
3. *Kontorsbyggnad*
4. *Övriga området*

6.2.1 Egenskapsområde 1 - F.d. deponin/lertäkten

Inom f.d. deponi/lertäktområdet har en uppdelning gjorts baserat på typ av material och föroreningsnivå. Provresultat som representerar jord från det övre fyllnadsmaterialet (sandigt grus och lera på djupet 0 till ca 0,5–1,5 meter under markytan) samt från material som representerar de underliggande deponimassorna (på djupet ca 0,5–1,5 till ca 3–4 meter under markytan) har hanterats var för sig. Representativa halter, UCLM₉₅-värden, har därmed beräknats för båda dessa marklager.

Då det övre marklagret enbart förekommer i den översta metern, har UCLM₉₅-värdet endast jämförts med PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m* för riskbedömningen. För att kunna göra en bedömning av om massorna kan återanvändas på större djup utan oacceptabel risk, görs dock även en jämförelse med PSRV *Boende/förskola och parkmark > 1 m*.

Det undre heterogena lagret med deponimassor förekommer på större djup än 1 meter, men i vissa delar även i den övre metern i markprofilen. UCLM₉₅-värdet har

därför jämförts med båda djupindelningarna av PSRV, det vill säga med både PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m* och PSRV *Boende/förskola och parkmark > 1 m*.

Porluftsmätningar som utförts har inte påvisat någon tydlig påverkan av varken PAH eller klorerade kolväten i porluften, vilket tyder på begränsad vertikal föroreningstransport i gasfas.

- 6.2.1.1 *Övre marklagret bestående av sandigt grus och lera*
Resultatet visar att för det övre marklagret överstiger den representativa halten, UCLM₉₅, endast PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m* med avseende på människors hälsa för PAH-H (se tabell 1 och 6). För övriga ämnen understiger den representativa halten värdet för PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m* (se tabell 1). Beräknade medelhalter för det övre marklagret underskrider beräknade PSRV för samtliga ämnen (se tabell 1 och 6). Beräknade UCLM₉₅-halter för det övre marklagret överskrider PSRV enbart med avseende på människors hälsa (se tabell 1 och 6). Beräknade medelhalter för det övre marklagret underskrider PSRV med avseende på både markmiljö och spridning (se tabell 1 och 6). PSRV *Boende/förskola och parkmark > 1 m* underskrider för både medel- och UCLM₉₅-halter av samtliga ämnen (se tabell 2 och 6).

Medelhalten är för ett flertal ämnen betydligt lägre än UCLM₉₅, speciellt för PAH-H. Detta indikerar att föroreningsnivåerna varierar mycket mellan olika punkter. I detta fall är det endast i en punkt som halten överskrider PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m*. En förtätad provtagning skulle dock kunna visa på att UCLM₉₅ närmar sig medelhalten, eller möjligen att en ytterligare indelning i mindre egenskapsområden skulle kunna vara lämplig.

Tabell 6. Statistiska data med bl.a. UCLM₉₅, max- samt medelvärden av analysresultat i jordprover i det översta skiktet med fyllningsmaterial ovanpå deponimassorna i deponiområdet. SD anger standardavvikelse.

Ämne Djup	Enhet	Boende/förskola & Parkmark	Boende/förskola & Parkmark	Statistiska, representativa halter för samtliga provpunkter i fyllningsmaterialet ovanpå deponin				
		0 - 1 m	> 1 m	UCLM95	Max	Medel	SD	Antal prover
Alifater >C10-C12	mg/kg Ts	400	1000	-	2,5	2,5	-	9
Alifater >C12-C16	mg/kg Ts	500	1000	-	2,5	2,5	-	9
Alifater >C16-C35	mg/kg Ts	1000	1000	111	150	42	48	9
Aromater >C10-C16	mg/kg Ts	15	60	3,5	5,5	1,0	1,7	9
PAH- L	mg/kg Ts	15	60	0,26	0,34	0,17	0,06	10
PAH- M	mg/kg Ts	7	15	6,5	12	1,4	3,7	10
PAH- H	mg/kg Ts	3	15	7,7	14	1,7	4,3	10
Arsenik As	mg/kg Ts	10	25	6,0	7,3	3,0	2,3	11
Barium Ba	mg/kg Ts	300	800	127	150	58	52	11
Bly Pb	mg/kg Ts	80	600	74	130	26	36	11
Kadmium Cd	mg/kg Ts	4	12	0,29	0,49	0,14	0,12	11
Kobolt Co	mg/kg Ts	35	70	10	13	5,4	3,8	11
Koppar Cu	mg/kg Ts	200	400	38	41	20	14	11
Krom Cr	mg/kg Ts	150	400	95	170	33	47	11
Kvicksilver Hg	mg/kg Ts	0,4	1	0,05	0,07	0,02	0,02	11
Nickel Ni	mg/kg Ts	120	120	24	33	9,8	11	11
Vanadin V	mg/kg Ts	200	200	59	82	29	23	11
Zink Zn	mg/kg Ts	500	700	195	330	77	89	11

6.2.1.2

Undre marklagret bestående av deponi- och jordmassor

Resultaten för de djupare liggande deponi- och jordmassorna visar på en helt annan föroreningsituation och den representativa halten överskrider PSRV för flera föroreningsämnen. PSRV *Boende/förskola och parkmark > 1 m* överskrids för fyra ämnen (bly, kadmium, koppar och zink) och PSRV *Boende/förskola och parkmark 0 - 1 m* överskrids för både dessa samt ytterligare fem ämnen (PAH-M, PAH-H, arsenik, barium och kvicksilver). Beräknade UCLM₉₅-halter överskrider PSRV *Boende/förskola och parkmark 0 - 1 m* med avseende på både människors hälsa (arsenik, bly, kadmium, kvicksilver, PAH-M och PAH-H) och spridning till ytvatten (bly och kadmium) samt PSRV *Boende/förskola och parkmark > 1 m* med avseende på människors hälsa (se tabell 2 och 7). Beräknade medelhalter överskrider PSRV *Boende/förskola och parkmark 0 - 1 m* med avseende på både markmiljö (kadmium och koppar) och spridning till ytvatten. För PSRV *Boende/förskola och parkmark > 1 m* överskrider medelhalten inte riktvärdet för något ämne (se tabell 2 och 7).

Medelhalten är för ett flertal ämnen betydligt lägre än UCLM₉₅. Detta indikerar att föroreningsnivåerna varierar mycket mellan olika punkter. Eftersom deponi- och jordmassorna är så heterogena, görs dock bedömningen att en förtätad provtagning i deponimaterialet fortsatt skulle visa på en stor variation och att stora osäkerheter skulle kvarstå.

Underliggande naturlig lera som börjar på ca 3-4 meters djup under markytan bedöms vara opåverkad.

Tabell 7. Statistiska resultat med bl.a. UCLM₉₅, min-, max- samt medelvärden av analysresultat i jordprover i deponimassorna under det översta skiktet av fyllningsmaterial i deponiområdet. SD anger standardavvikelse.

Ämne Djup	Enhet	Boende/förskola & Parkmark		Statistiska, representativa halter för samtliga provpunkter i deponimassorna, ca >1m					
		0 - 1 m	> 1 m	UCLM95	Max	Medel	SD	Antal prover	
Alifater >C10-C12	mg/kg Ts	400	1000	4,1	5,0	3,1	1,1	25	
Alifater >C12-C16	mg/kg Ts	500	1000	4,1	5,0	3,1	1,1	25	
Alifater >C16-C35	mg/kg Ts	1000	1000	147	350	63	96	25	
Aromater >C10-C16	mg/kg Ts	15	60	8,6	12,5	3,9	5,4	25	
PAH- L	mg/kg Ts	15	60	1,9	5,5	0,8	1,3	27	
PAH- M	mg/kg Ts	7	15	7,3	17	3,6	4,4	27	
PAH- H	mg/kg Ts	3	15	11	27	5,3	6,5	27	
Arsenik As	mg/kg Ts	10	25	14	33	7,9	7,4	26	
Barium Ba	mg/kg Ts	300	800	546	960	288	271	21	
Bly Pb	mg/kg Ts	80	600	1187	5200	327	1006	26	
Kadmium Cd	mg/kg Ts	4	12	44	150	13	37	26	
Kobolt Co	mg/kg Ts	35	70	14	29	9,3	5,8	26	
Koppar Cu	mg/kg Ts	200	400	482	1100	208	320	26	
Krom Cr	mg/kg Ts	150	400	62	180	33	34	26	
Kviksilver Hg	mg/kg Ts	0,4	1	0,4	1,1	0,2	0,3	26	
Nickel Ni	mg/kg Ts	120	120	40	79	25	17	26	
Vanadin V	mg/kg Ts	200	200	45	68	33	14	26	
Zink Zn	mg/kg Ts	500	700	807	1700	415	459	26	

6.2.2 Egenskapsområde 2 - Norra delen av området

Inom norra delen av området har föroreningar endast påträffats i fyllningsmaterialen bestående av grus och sand, vars mäktighet uppgår till som mest 0,6 meter under markytan. Då endast ett fåtal provpunkter analyserades har max-halter använts som representativa halter. För tre ämnen (arsenik, bly och PAH-H) överskrider uppmätta maxhalter PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m* med avseende på människors hälsa, markmiljö och spridning till ytvatten (se tabell 1 samt PM *Miljöteknisk undersökning. Marksanering Librobäck 7.2 och 7:3* (Ramböll, 2017a).

Den uppmätta maxhalten av arsenik var 200 mg/kg TS. Det innebär att det bedöms föreligga akuta risker med avseende på arsenik. Vid nivåer av arsenik över 100 mg/kg bedöms risk för akut toxicitet föreligga om man får i sig större mängder jord, t ex om små barn stoppar jord i munnen. Akuttoxiska effekter vid exponering för arsenik i de halter som uppmätts kan orsaka illamående, buksmärta, kräkningar och diarré.

Den arsenikförorening som påträffats i halter som kan ge akuttoxiska effekter, förekommer troligen i det decimetertjocka grusskiktet. En kompletterande provtagning skulle därmed kunna göra det möjligt att ytterligare avgränsa arsenikföroreningens utbredning. Det skulle även kunna ge ett statistiskt säkrare underlag och förutsättningar för att ta fram representativ halt i form av UCLM₉₅. Det skulle också ge möjlighet att avgränsa den PAH-H-förorening som endast påträffats i en punkt.

Underliggande naturlig lera på 0,4-0,6 meters djup under markytan bedöms vara opåverkad.

6.2.3 **Egenskapsområde 3 - Kontorsbyggnaden**

Inom sydvästra delen av området har föroreningar endast påträffats i fyllnadsmaterialet bestående av huvudsakligen grus och sand, vars mäktighet uppgår till som mest 1 meter under markytan. Då endast ett fåtal provpunkter analyserats har max-halter använts som representativa halter. Uppmätta maxhalter av PAH-H överskrider PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m* i en punkt (se tabell 1 samt PM *Miljöteknisk undersökning. Marksanering Librobäck 7.2 och 7:3* (Ramböll, 2017a).

Påträffad markförorening samt de organiska föroreningar som påvisats i förhöjda halter i krypgrunden i kontorsbyggnaden inom egenskapsområde 3, indikerar att det kan finnas en förorening under eller i anslutning till kontorsbyggnaden, som skulle kunna innebära oacceptabla risker med avseende på hälsa och miljö.

För att kunna göra en säkrare riskbedömning rekommenderas att kompletterande provtagning görs efter det att kontorsbyggnaden rivits. Det finns även uppgifter om att det skulle ha funnits en oljetank i närheten. Den påträffades inte i samband med provtagningen, men det är inte uteslutet att den kan finnas kvar.

Underliggande naturlig lera på ca en meters djup under markytan bedöms vara opåverkad.

6.3 **Föroreningsspridning**

Nedan görs en bedömning av risker för spridning till det djupa grundvattnet i Uppsalaåsens grundvattenmagasin samt till ytvattenrecipienterna Librobäcken och Fyrisån. Enligt Bjerking's undersökning visar utförda lakteter samt det faktum att höga metallhalter i jord inte bedöms ha sin motsvarighet i höga metallhalter i vattnet, att metallerna föreligger bundna till partiklar och är svårakade.

6.3.1 **Spridning till djupt grundvatten**

Spridning till djupt grundvatten bedöms vara mycket liten eller obetydlig. Den bedömningen grundas på det faktum att...

- ... inga halter över PSRV *Boende/förskola och parkmark* har uppmätts i den underliggande naturliga leran varken i den del av området där deponi/lertakten är belägen eller i andra delar av området.
- ... det i området finns ett ca 17 meter mäktigt tätt jordlager - lera, som i de djupaste delarna av deponi/lertakten antas uppgå till ca 13 meter.
- ... uppmätta föroreningshalter i ett grundvattenrör som installerats i det djupa grundvattnet under det tjocka lerlagret inom fastighet 7:3 inte visat på någon föroreningspåverkan.
- ... underliggande naturlig lera i såväl deponi-/lertäktområdet som i övriga delar av fastigheterna Librobäck 7.2 och 7:3 bedöms vara opåverkad.

- ... beräknade UCLM₉₅-halter respektive uppmätta max-inom området underskrider PSRV *Boende/förskola och parkmark* med avseende på spridning till grundvatten med stor marginal.

Bedömningen av spridningsrisken på platsen är genomförd utifrån dagens situation, där det tjocka lerlagret avskiljer påträffade föroreningar och det skyddsvärda grundvattnet under leran.

6.3.2 **Spridning till ytvatten**

Det ytliga grundvattnet inom området bedöms i första hand kunna strömma till ytvattenrecipienterna Librobäcken och/eller Fyrisån. Antropogena spridningsvägar som ledningssystem för dagvatten, och ledningsgravar, bedöms kunna ha en större potential för transport av föroreningar lösta i vatten än via transport i (mark)-grundvatten i jorden på grund av det täta lerlagret på platsen. Efter omvandlingen av området kommer den större delen av området att utgöras av hårdgjorda ytor, och dagvatten kommer att tas omhand och ledas bort från platsen i dagvattensystem. Detta kommer att begränsa potentialen för utlakningen av föroreningar i mark och transport i (mark)-grundvatten från platsen.

Beräknade UCLM₉₅-halter överskrider PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m* med avseende på spridning till ytvatten för både bly och kadmium i deponi-/lertäktområdet (egenskapsområde 1) där det förekommer deponimassor (se tabellerna 1 och 7).

Uppmätta maxhalter överskrider PSRV *Boende/förskola och parkmark 0-1 m* med avseende på spridning till ytvatten för arsenik i den norra delen av området (egenskapsområde 2).

Resultatet av en grundvattenprovtagning påvisade höga halter av PAH i det ytliga grundvattnet (markgrundvattnet). Dock var proverna grumliga och påvisade halter kan ha varit partikulärt bundna. Det stöds även av att det i en kompletterande provtagning inte påvisades några PAH över detektionsgränsen. Generellt har inte metaller som påträffats i grundvatten uppmätts i motsvarande haltnivåer som uppmätts i jord. Utförda laktester har påvisat att metallföroreningarna i jord är partikulärt bundna och att de inte påträffats i lakningsbenägna former i någon stor utsträckning. Som redogjorts för tidigare har det i det ytliga grundvattnet även påträffats bensen, rester av bekämpningsmedel (BAM) samt klorerade ämnen (vinylklorid och 1,1-Diklorethan).

6.4 **Känslighet och skyddsvärde**

Riskerna beror på vilken känslighet exponerade grupper av människor har samt vilket naturskyddsvärde exponerad miljö har. Bedömning av känslighet och skyddsvärde utgår från de skyddsobjekt som definierats i avsnitt 4.2.

Känsligheten bedöms som mycket stor eftersom området planeras att används för bostäder och då det djupa grundvattenmagasinet används som dricksvattentäkt för Uppsala.

Naturskyddsvärdet för fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 bedöms vara litet eftersom ekosystemen antas vara kraftigt störda på grund av att området till stor del utgörs av en f.d. deponi/lertäkt samt att det bedrivits verksamhet (främst brädgård) under lång tid. Med hänsyn till skyddsobjekt utanför området, Fyrisån, bedöms dock skyddsvärdet som stort.

6.5 **Risk för deponigas**

Vid de undersökningar som utförts av deponin har organiskt material såsom diverse trämaterial påträffats. Vid nedbrytning av organiska material finns risk för bildning av deponigas, som huvudsakligen består av metangas och koldioxid. Vissa blandningar av metan och syre är explosiva. Även en mycket liten mängd deponigas kan orsaka olyckor om gasen ansamlas i små slutna utrymmen. Gasen kan även lätt sprida sig genom ledningar, ledningsgravar, kabelrör eller via dränerande lager under hårdgjorda ytor. Eftersom deponigas inte innehåller syre (eller bara lite syre), finns också risk för kvävning om man utsätts för den.

Om det skulle bli aktuellt att lämna kvar organiskt material, bör en undersökning med avseende på deponigas utföras.

6.6 **Sammanvägd riskbedömning**

Utifrån de resultat och bedömningar från tidigare utförda undersökningar samt utifrån framtagna platsspecifika riktvärden bedöms föroreningar inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 kunna innebära oacceptabla risker med avseende på människors hälsa och miljö om området omvandlas till bostäder. Därutöver bedöms det finnas risk för deponigasbildning.

6.6.1 **Egenskapsområde 1 - F.d. deponin/lertäkten**

Markföroreningarna i det övre marklagret bestående av grusig sand och lera i den översta metern av markprofilen (se även figur 7 avsnitt 4.4.1) bedöms kunna innebära att det föreligger oacceptabla risker med avseende på människors hälsa med planerad markanvändning. Föroreningshalterna i detta lager underskrider dock PSRV för bostäder > 1 meter och dessa massor bedöms därmed kunna återanvändas som fyllningsmaterial på större djup än en meter under markytan, utan att utgöra några oacceptabla risker.

Markföroreningarna som påträffats i det undre marklagret med jord- och deponimassor på djupet 0,5 – 1 meter under markytan (se även figur 7 avsnitt 4.4.1) bedöms kunna innebära att det föreligger oacceptabla risker med avseende på människors hälsa, markmiljö och spridning till ytvatten.

Markföroreningarna i det undre marklagret bestående av deponimassor på djupet > 1 m, bedöms kunna innebära att det föreligger oacceptabla risker med avseende på hälsa och spridning till ytvatten med planerad markanvändning.

Vidare bedöms skyddet av markmiljön inte uppnå den nivå som angetts vid beräkningen av de platsspecifika riktvärdena.

6.6.2 Egenskapsområde 2 – Norra delen av området

I den norra delen av området innebär förekommande markföroreningar i fyllnadsmaterialet, på djupet 0 – 0,5 meter under markytan, att det kan föreligga oacceptabla risker med avseende på hälsa, markmiljö samt spridning till ytvatten med planerad markanvändning. Det bedöms även kunna föreligga risker för akutttoxiska effekter med avseende på förekomsten av arsenik.

6.6.3 Egenskapsområde 3 - Kontorsbyggnaden

Påträffad markförorening i den översta metern i marken vid kontorsbyggnaden i den sydvästra delen av området samt de organiska föroreningar som påvisats i förhöjda halter i krypgrunden i kontorsbyggnaden inom egenskapsområde 3, tyder på att det kan finnas en förorening under eller i anslutning till kontorsbyggnaden, som skulle kunna innebära oacceptabla risker med avseende på hälsa, spridning eller markmiljö. För att kunna göra en säkrare riskbedömning rekommenderas att kompletterande provtagning görs efter det att kontorsbyggnaden rivits.

6.6.4 Egenskapsområde 4 – Övriga delar av området

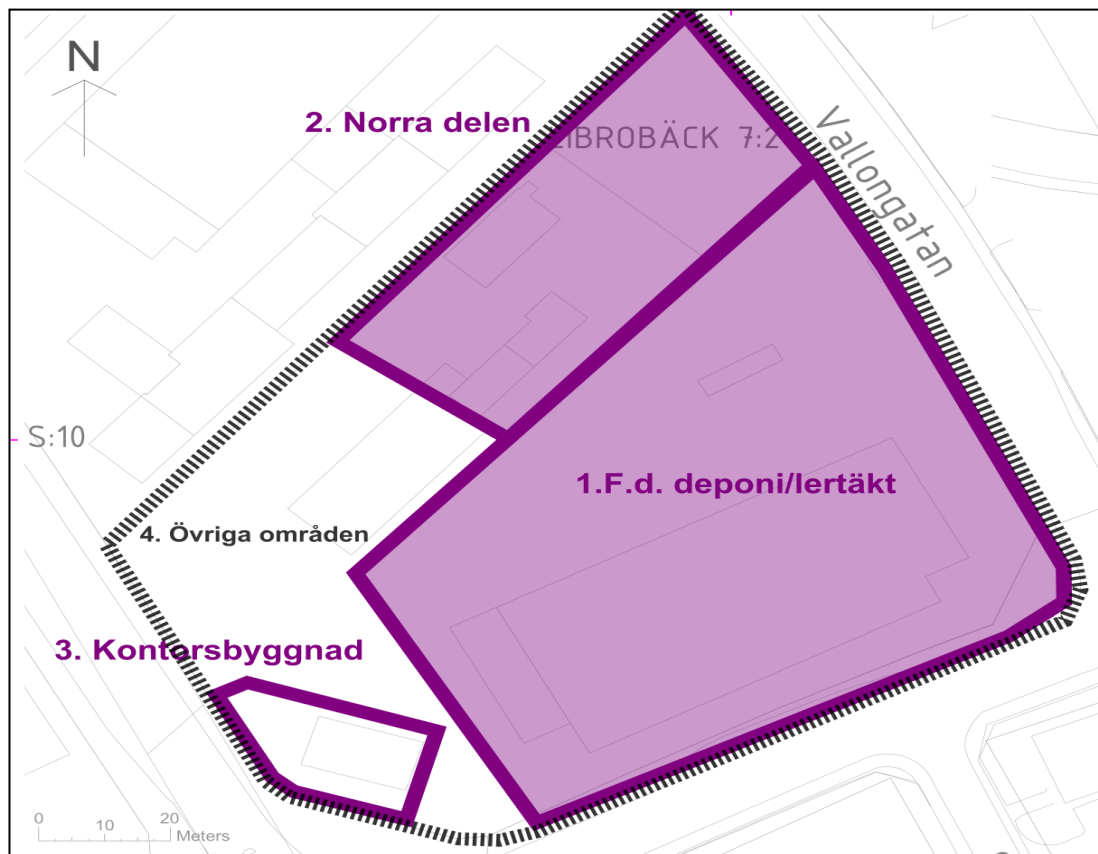
Resultat från de jordprov som tagits i övriga delar av området har inte överskridit några platsspecifika riktvärden. Antalet provpunkter är dock relativt få, så det går inte att med en större säkerhet utesluta att det kan förekomma föroreningar som kan innebära oacceptabla risker för människors hälsa eller miljö. De undersökningar som utförts indikerar dock att det inte är troligt att det förekommit någon impregnering eller doppling av virke, vilket sannolikt utesluter den typen av föroreningar. En förorening som skulle kunna förekomma är arsenik om det finns arsenikhaltigt grus i andra delar än i den norra delen (egenskapsområde 2). En annan möjlig förorening är petroleumföroreningar från en nedgrävd oljetank med tanke på att uppgifterna om tankens läge är osäkra och att varken den eller några oljeföroreningar påträffats. Då övriga ytor inom området inte omfattas av den f.d. deponi/lertäkten och det har påträffats lera på ca 0,5 - 1 meters djup under markytan, antas eventuella föroreningar endast förekomma i den översta metern av markprofilen. Även utbredning av en eventuell förorening bedöms vara begränsad, då de prover som tagits inte visat på några höga föroreningshalter.

6.7 Bedömning av riskreducering och åtgärdsbehov

Utgående från riskbedömningen bedöms det finnas ett behov av att reducera riskerna i delar av fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 vid exploatering av bostäder. Sammantaget bedöms det finnas ett behov av att utföra efterbehandlingsåtgärder i f.d. deponi-/lertäkten (egenskapsområde 1) och i den norra delen av området (egenskapsområde 2), se figur 9. Det bedöms även kunna finnas ett åtgärdsbehov i den sydvästra delen av området där en kontorsbyggnad finns (egenskapsområde 3).

För att med större säkerhet kunna utesluta att det inte förekommer några föroreningar i övriga delar av området, vilka kan innebära risker, kan en kompletterande provtagning göras inför eller i samband med en kommande sanering av den f.d. deponi-/lertäkten och den norra delen av området.

För att undvika risker med deponigas, bör organiskt material avlägsnas innan området bebyggs med bostäder.



Figur 10. Egenskapsområden inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3 där det bedöms föreligga åtgärdsbehov (lilafärgat område) samt där det kan finnas ett åtgärdsbehov (lila kantmarkering). Det är inte helt uteslutet att det även kan föreligga åtgärdsbehov av föroreningar med begränsad utbredning i övriga delar av området.

7. Översiktlig åtgärdsutredning

En förutsättning för åtgärdsutredningens avgränsning har varit att föroreningssituationen åtgärdas i sådan omfattning att området kan användas för

planerad framtida markanvändning. Hur byggnader ska uppföras och liknande är inte klarlagt. Insatser för att utföra återfyllning och återställning av markytor vid avslutad efterbehandling har därför inte ingått. Det vill säga att för åtgärdsalternativ med urschaktning av förorenade massor har insatsen ansetts avslutad vid en öppen schakt.

7.1

Inledning

Aspekter som bör vara vägledande vid val av efterbehandlingsåtgärder är, enligt Naturvårdsverket (2009b) att;

- Efterbehandlingsåtgärderna bör reducera miljö- och hälsoriskerna så långt det är tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt
- Åtgärderna bör vara av engångskaraktär
- Efterbehandlingsåtgärder bör utföras så att den planerade framtida markanvändningen begränsas så lite som möjligt
- Kvarlämnas förorening i fast fas bör skyddsåtgärder eftersträvas som reducerar riskerna i motsvarande mån eller som har motsvarande skyddseffekt som om massorna hade omhändertagits på deponi

För att en risk med en förorening ska uppstå krävs att det finns en obruten spridningsväg mellan källan och skyddsobjektet så att exponering kan ske. Med andra ord kan risker med en förorening undanröjas med flera olika möjliga metoder vilka inte nödvändigtvis innebär att föroreningen i sig försvinner, utan att man på annat sätt bryter kopplingen förorening – spridningsväg – skyddsobjekt.

Till utgångspunkt för åtgärdsutredningen ligger de övergripande åtgärds mål som presenterats för området. Åtgärdsutredningen syftar till att besvara följande för de olika åtgärdsalternativen:

- Måloppfyllelse jämfört med behov av riskreduktion
- Kostnader
- Risker vid genomförande
- Omgivningspåverkan
- Prövningsplikt
- Inverkan på kulturvärden
- Inverkan på landskapet
- Inverkan på övriga enskilda och allmänna intressen
- Uppfyllande av miljöförvaltningens krav.

7.2

Platsspecifika förutsättningar

Det finns ett antal platsspecifika förutsättningar som måste beaktas vid åtgärdsval. Förutsättningarna för åtgärder inom området är följande:

- Det har antagits att förorenade massor som ska schaktas ur kommer att skickas till Ragn-sells anläggning i Högbytorp. Denna anläggning har nödvändiga tillstånd för de föroreningsnivåer som påvisats. Avståndet från området till anläggningen är ca 60 km.
- Det bedöms vara möjligt att återanvända en del av jordmassorna för anläggningsändamål inom planområdet för bostäder. Denna hantering av jordmassor är anmälningspliktig. Jord med lägre föroreningsnivåer, kan beroende på vilken avfallsklassning som är aktuell, också omhändertas av lokala schaktmassetippar.
- Undersökningsområdet ska bebyggas med bostäder och kommer att utgöras av ett tätbebyggt område. Möjligheterna för in-situ sanering (d.v.s. åtgärder av förorening i marken på plats) bedöms vara begränsat av detta.
- Förorenade massor som ska transporteras från platsen till extern behandlingsanläggning/deponi transporteras med lastbil. Framkomligheten för lastbilstransporter till och från området bedöms vara relativt god. Förutsättningarna för detta är dock också beroende av hur övrigt arbete för planområdet planeras.
- Det är troligt att länshållning av grundvatten kommer bli nödvändigt vid schakt djupare än ca 2-3 m under markytan.
- Ytterligare förutsättningar som påverkar åtgärdsutredningen och bedömningen av åtgärdsalternativen tas upp i avsnitten nedan.

7.2.1 **Mätbara åtgärds mål**

Förutsättningar för åtgärderna inom det aktuella området är att de övergripande åtgärds målen uppfylls. De mätbara åtgärds målen preciserar vad som krävs vid en åtgärd för att de övergripande åtgärds målen ska kunna uppnås.

Inom föreliggande åtgärdsutredning föreslås föreslagna platsspecifika riktvärden (PSRV) för jord, (0-1 meter under markyta (m u my) samt > 1 m u my) och enligt markanvändning bostad, grönytor eller hårdgjord yta att utgöra utgångspunkt för mätbara åtgärds mål. Åtgärds målen ska användas som nivå för att till exempel bedöma schaktens omfattning vid schaktsanering.

Förslag till användning av mätbara åtgärds mål:

- Massor som överskrider de mätbara åtgärds målen måste avlägsnas från området.
- Överskottsmassor med halter som understiger mätbara åtgärds mål kan återanvändas inom området om behov av återfyllnadsmassor förekommer. Grövre material såsom t.ex. sten och block kan hanteras som icke-

förorenade och återanvänds eller skickas till deponi. Skrot och annat material separeras och hanteras enskilt.

- 7.2.1.1 *Miljöförvaltningens krav för mätbara åtgärds mål*
Miljöförvaltningen i Uppsala kommun har utfört en bedömning gällande användandet av framtagna platsspecifika riktvärden (PSRV) för Börjetulls planområde (*Miljöförvaltningens bedömning av förslag till platsspecifika riktvärden inom detaljplan Börje Tull, inklusive "Librobäcks-deponin", 2016-09-13*).

Följande specifika krav gäller för efterbehandling av den f.d. deponin (inom fastigheterna Librobäck 7:3, 9:2, 14:1 och 14:3 samt kommunala gator):

- Allt deponimaterial ska grävas ut och sorteras inför återanvändning inom området. Organiskt material och massor med halter överstigande PSRV ska omhändertas.
- Schaktmassor som eventuellt återanvänds inom området ska läggas längst ned i markprofilen och överlagras av massor som måste tillföras området.
- Ett program för att kontrollera eventuell spridning av föroreningar till Fyrisån ska upprättas. Riktvärden för länshållningsvatten som kan uppkomma ska tas fram.
- Dispens från vattenskyddsföreskrifterna krävs vid markarbeten djupare än 1 m över högsta trycknivå för grundvattenytan.

Vidare informerade miljöförvaltningen om att Länsstyrelsen och miljöförvaltningen kan komma att ha strängare krav gällande förekomst av markföroreningar än PSRV vid grundläggningsarbeten, t ex pålning. Utformningen av grundläggning och eventuell pålning kan påverka de krav som ställs.

- 7.2.2 **Erfarenhet från tidigare sanering av mindre del av f.d. deponin/lertäkten**
Ett avgränsat område inom fastigheten Librobäck 11:1, har efterbehandlats till nivån för Naturvårdsverkets generella riktvärde för känslig markanvändning (KM). Området ligger i östlig riktning från fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3, på motsatt sida nuvarande Fyrisvallsgatan. Saneringen bedöms delvis ha berört den f.d. deponin. Föroreningsämnen som hanterats inom saneringen omfattade alifater, aromater, PAH, PCB-7 och metaller (arsenik, barium, bly, kadmium, kobolt, kvicksilver, nickel, zink). Klorerade lösningsmedel har påträffats i markvatten från den f.d. deponidelen inom fastigheten. En särskild sanering av klorerade lösningsmedel i blöt lera har tidigare genomförts längre österut, och detta genomfördes i begränsad omfattning även inom denna insats.

Enligt erfarenheterna från saneringen innehöll marken en hel del skrot som t ex stora bildäck, stora stubbar, metallskrot. Sammantaget bedömdes marken vara mycket heterogen, och det bedömdes vara svårt att okulärt avskilja

föroreningsnivåer från varandra och att identifiera jordlager med lägre föroreningsnivåer. Jorden behandlades i enlighet med förbestämda enhetsvolymmer utifrån föregående provtagning enligt rutsystem.

8. Åtgärdsstrategier

Vid efterbehandling av förorenad mark kan olika metoder väljas för att minska risken för exponering och spridning av föroreningar. De åtgärder som kan vara aktuella för behandling av jord är:

- Ingen åtgärd
- Administrativa skyddsåtgärder
- Tekniska skyddsåtgärder
- Långtidsuppföljning
- Övervakad naturlig reduktion av förorening
- Massreduktion (ex. konventionell jordtvätt, jordtvätt med tillsatser, biologiskbehandling, termiskavdrivning, geooxidation, deponering, förbränning)
- Inneslutning (ex. övertäckning, inneslutning, stabilisering)

Eftersom området planeras för att exploateras med bostäder bedöms det inte lämpligt att använda administrativa åtgärder som att stängsla in förorenade delområden. Inte heller tekniska skyddsåtgärder, långtidsuppföljning eller övervakad naturlig självrening bedöms lämpligt.

Massreduktion inbegriper reduktion av föroreningsmängden genom antingen *in situ*-behandling (vilket innebär behandling på plats utan föregående uppgrävning) eller fysisk massreduktion med efterföljande *ex situ*-behandling (vilket innebär behandling eller deponering efter uppgrävning), tills det att åtgärds målen uppnås.

Inneslutning inbegriper reduktion av föroreningarnas spridning samt exponering för skyddsobjekt via direkt exponering.

9. Utvärdering åtgärdsalternativen

Följande åtgärdsalternativ har i någon grad övervägts som åtgärdsalternativ för att åtgärda områden där det bedöms föreligga åtgärdsbehov inom Librobäck 7:2 och 7:3:

Alternativ 1 Schakt, omhändertagande på extern deponi

Alternativ 2 Schakt, behandling av jordmaterial med jordtvätt

Alternativ 3 Schakt, förbränning av deponimassor

Alternativ 4 Inneslutning

Sortering ingår som en delåtgärd inom åtgärdsalternativ 1 och 2, samt till viss del inom åtgärdsalternativ 3. Detta beskrivs dock endast under alternativ 1, se avsnitt 9.2.1.

9.1

Noll-alternativ

Nollalternativet innebär i normalfallet att åtgärder inte vidtas, och att områdets användning förblir oförändrat. I detta fall är planen för området klarlagd vilket innebär att det ska exploateras och markanvändningen ändras till mer känslig.

I detta fall har därför istället noll-alternativet definierats så att inga saneringsåtgärder utförs inom området som bebyggs med bostäder.

Enligt planerna för området, kommer bostäder att byggas och området öppnas upp för allmänheten och möjliggöra rekreation. Därigenom kommer människor att kunna exponeras för föroreningarna i betydligt större utsträckning än med dagens markanvändning.

Åtgärdsalternativet bedöms inte uppfylla de mätbara åtgärdsmålen för området och exponeringen skulle snarare öka som en följd av den förändrade markanvändningen.

Alternativet innebär att miljöförvaltningens krav i dagsläget gällande hanteringen av området för den f.d. deponin inte uppfylls.

9.2

Alternativ 1:

Schakt, omhändertagande på extern deponi

I alternativet 1 ingår urschaktning, mekanisk sortering, mellanlagring, provtagning och klassning av allt deponimaterial i egenskapsområde 1, se avsnitt 4.4.1 och 6.6. Skrot/sopor sorteras ut och hanteras separat. Urschaktning av förorenade massor i övriga egenskapsområden genomförs i de delar där det bedöms föreligga ett åtgärdsbehov. Kompletterande provtagning kan behövas för att avgränsa påträffade föroreningar bättre i egenskapsområde 2) samt för att få ett säkrare underlag för bedömning av föroreningssituationen i egenskapsområde 3 och 4.

Omfattningen av provtagning och följande åtgärdsbehov avgörs utifrån faktorer som t ex plats och typ av husgrunder, planerat schaktdjup m.m. Då dessa behov avgörs i ett senare skede har kostnader för dessa inte bedömts i nuläget. Dessa kostnader bedöms inte skilja sig mellan alternativ 1, 2 och 3.

Hälften av jordmassorna från djupet 0-1 meter med föroreningshalter som klarar åtgärdsmålen för djupare marklager men som överstiger åtgärds mål för 0-1 m inom deponin har antagits kunna återanvändas.

Kostnader för att frakta bort jord som klarar mätbara åtgärds mål men som inte behövs för återanvändning har inte ingått i kalkylen. Utan att närmare känna till materialets kvalitet och behov av massor inom området anses omfattningen av dessa kostnader vara svåra att bedöma. Det kan dock påverka vilket åtgärdsalternativ som är mer fördelaktigt, eller värt att utreda mer ingående.

Deponimaterial med halter som klarar de mätbara åtgärds målen kan återanvändas på plats, alternativt skickas för omhändertagning på lokal schakttipp. Överskrids de mätbara åtgärds målen förs massorna till anläggning med tillstånd för mottagande av förorenade massor. Återfyllnad och återställning av det urschaktade området genomförs inte inom åtgärden, utan schakten lämnas öppna efter avslutad insats inför exploatering.

9.2.1 **Mekanisk sortering av jordmassor**

Samtliga sorteringsmetoder syftar generellt till att separera finkorniga jordmassor från mer grovkorniga jordmassor. Föroreningarna koncentreras i den finkorniga fraktionen som behöver hanteras i ytterligare ett steg, till exempel avlämnas för omhändertagande på deponi. De utsorterade grövre fraktionerna kan återanvändas till fyllning, eller hanteras i enlighet med lägre föroreningsgrad.

Sortering kan generellt delas in i torra och våta metoder. Den enklaste formen av torrsiktning är harpning, men torrsiktning avser ofta sortering med hjälp av skak-, trum- eller stjärnsikt. Inför behandling genom torrsiktning behöver gränsen i kornstorlek bestämmas för den finkorniga fraktionen. En låg gräns ger en mindre mängd finkorniga förorenade massor, dock ökar risken för inslag av finkorniga massor i de grövre fraktionerna. De nämnda metoderna för torrsiktning kan ge en typisk gräns för kornstorlek på 20 – 40 mm med ett inslag av 2 – 10 % finkorniga massor i de grövre fraktionerna.

Sortering är generellt mest lämpligt för jordmassor med låg andel finmaterial, det vill säga inte för jordmassor med silt eller lera. Sortering utförs med fördel på en tillfällig upplagsyta inom åtgärdsområdet dit massorna transporteras efter schakt och fraktioner tillfälligt kan lagras inför vidare hantering. Val av sorteringsmetod beror bland annat på kornstorleksfördelningen i de massor som ska behandlas.

Sammanfattningsvis kan utfallet från sortering sägas vara beroende av:

- Gränsen i kornstorlek mellan grova massor som kan återanvändas och finkorniga massor som behöver kontrolleras med avseende på föroreningsinnehåll
- Kornstorleksfördelning i jordmassorna
- Sorteringsresultat i utförandet. Detta beror av massornas innehåll av vidhäftande material, t ex organiskt material, inslag av skrot, vattenkvot, årstid med mera.

Inom aktuellt område för f.d. deponi, Egenskapsområde 1, kommer det vara i huvudsak fyllnadsmaterial som schaktas ur. Resultatet från undersökningar tyder på att materialet vid större djup kan vara mycket heterogent. Det kan förväntas att skrot som metallrester och byggnadsavfall, tegel, plåt och andra byggnadsrester tillsammans med sopor förekommer blandat med jordmaterial i olika fraktioner. Resultatet från en sanering i området (Bjerking, 2016) som berörde en mindre del av den f.d. deponin, visade att det var svårt att separera materialet enligt fraktioner eller andra egenskaper.

Det övre marklagret av sand och grus (0-1,5 m under markytan) har troligen fyllts ut senare, och här kan det vara möjligt att särskilja detta från material som deponerats i den egentliga deponin. Det har påvisats att den representativa halten för detta material understiger PSRV för nivåer under 1 meter. Detta innebär att jorden potentiellt kan användas som återfyllnad vid större djup.

Inom egenskapsområde 2 och 3 bedöms material kunna separeras under pågående schaktarbete och klassas utgående från de mätbara åtgärds målen.

Inom åtgärdsutredningen har det konservativt antagits att 5 % av jordmaterialet kan sorteras ut som grövre fraktioner som block och sten. Detta material kan separeras och hanteras separat och vid behov användas som återfyllnad, eller skickas till lokal schaktmassetipp. Vid behov kan tvättning av materialets yta genomföras.

9.2.1.1 *Landfill mining*

Att gräva upp och återvinna material från deponier har en stor ekonomisk och miljömässig potential och de senaste åren har så kallad landfill mining (LFM) i syfte att återvinna material från deponier fått ökad uppmärksamhet. När det gäller metaller har mängden deponerade metaller i svenska deponier uppskattats motsvara fem års metallförbrukning till ett värde av 50-75 miljarder kronor. Om de brännbara fraktionerna från deponier helt kunde tillföras svenska kraftvärmeverk bedöms deponierna ha ett energiinnehåll som motsvarar 260-350 TWh värme och 30-40 TWh elenergi.

Landfill mining utgår från mekanisk sortering av det uppgrävda materialet i olika steg. Vilka materialtyper som kan sorteras ut avgörs utifrån deponins sammansättning, men typiskt kan följande materialtyper vara möjliga att sortera ut: brännbart material, plast, metall (t ex järnhaltig metall, koppar, aluminium), inert material (tegel, glas, betong), farligt avfall, finjord samt grövre block och stenar.

I ett LFM-projekt ingår många olika variabler som påverkar de ekonomiska förutsättningarna. Deponins djup och dess förhållande mellan jord och avfall ses ofta som de två enskilt viktigaste faktorerna. Djupet påverkar kostnaden för utgrävningar medan förhållandet jord/avfall påverkar behovet av återdeponering

och transporter. Hur stor andel som utgörs av jordfraktion påverkar även indirekt, mängden tillgängligt material för återvinning och därmed möjligheten till intäkter. Att förutspå en deponis materialsammansättning på förhand är svårt och tidigare studier har visat att det finns stora osäkerheter förknippade med LFM. Med andra ord är det svårt att uppskatta en deponis innehåll utifrån ett standardiserat fall. Vidare är kvaliteten på materialet avgörande för hur mycket som går att separera ut.

Ca 5 % av materialet i Librobäcksdeponin antas bestå av material som främst utgörs av skrot. Det har antagits att detta material kommer att medföra deponikostnader i form av omhändertagande av förorenat material. Om gynnsamma förutsättningar förekommer, kan utnyttjandet av LFM istället innebära att detta material kommer att utgöra en resurs för projektet genom möjligheten att återvinna materialet, t ex metallskrot.

9.2.2 **Provtagning och klassning av massor**

Avlämning av förorenade massor på deponi ingår som en delåtgärd inom åtgärdsalternativ 1 och 2, samt till viss del inom åtgärdsalternativ 3. Det beskrivs dock endast under alternativ 1.

En kalkyl av kostnaderna för att utföra schakt och omhändertagande på extern deponi samt sortering kräver ett antal antaganden. Kostnaden för avlämning till deponi är beroende av massornas föroreningsinnehåll, vilket vanligen klassificeras enligt ett antal nivåer. För kalkyl av detta åtgärdsalternativ har fem klasser för avlämning av jord, samt en för avlämning av sopor/skrot använts enligt nedan:

1. KM - MKM, halter mellan generella riktvärdet för KM och MKM
2. MKM - 2*MKM, halter mellan MKM och en faktor två gånger MKM
3. 2*MKM – 5*MKM, halter mellan en faktor två och fem gånger MKM
4. 5*MKM-FA, halter mellan en faktor fem gånger MKM och haltgräns för Farligt avfall.
5. >FA (farligt avfall), halter överstigande haltgräns för farligt avfall
6. Förorenat material som till största delen innehåller skrot/byggnadsrester/sopor

Påträffad föroreningsförekomst har delats in i klasserna KM, MKM osv. för djupintervallen 0-1 meter, 1-2 meter samt 2-4 meter. Om flera jordprover tagits från intervallet 0-1 m i en punkt, och endast 1 av proven har påvisat förorening, har ändå hela den metern i den punkten konservativt bedömts vara förorenad. Vidare har föroreningssituationen definierats enligt följande:

- Total mängd förorening av olika föroreningsgrad
- Mängden massor som överskrider mätbara åtgärdsgränser (PSRV) och därför måste åtgärdas/schaktas ur/omhändertas

- Mängden massor som överskrider PSRV, men som kan återanvändas vid större djup
- Total mängd som slutgiltigt måste schaktas ur efter möjlig återfyllnad på annat djup

För att bedöma möjligheten till omhändertagande på olika typer av deponier kan utlakade mängder från laktestade massor jämföras med gränsvärden för deponering, enligt Naturvårdsverkets författningssamling (NFS 2004:10). Föreskrifterna styr deponering av avfall i tre klasser; deponi för inert avfall, deponi för icke-farligt avfall och deponi för farligt avfall. Laktester har endast utförts på några enstaka jordprover, resultaten har visat att föroreningar inte lakar ut från jorden i någon stor omfattning. Ett medelvärde baserat på de fåtal analyser av totalt organiskt kol (TOC) har visat en TOC-halt av 4 % (Bjerking, 2013).

Den sammanlagda slutsatsen är att åtminstone vissa av jordmassorna kan omhändertas på deponi för icke farligt avfall. Eftersom materialet i deponin kan antas vara heterogent kan det lokalt förekomma förorenade jordmassor med lägre såväl som högre TOC-halt, eller där förorening lakar ur i större omfattning. I samband med en åtgärd finns därför behov av ytterligare laktest.

Resultatet av uppföljande systematisk provtagning kommer att avgöra hanteringen av materialet efter att det har schaktats ur. Kostnader för åtgärdsalternativen har beräknats utgående från att jordmassorna kan omhändertas på deponi för icke farligt avfall.

9.2.2.1 *Egenskapsområde 1 - F.d. deponi inom Librobäck 7:2 och 7:3*
En klassning baserad på 34 kemiska laboratorieanalyser av jord från den f.d. deponin visar en fördelning enligt tabell 8 nedan.

Mängden massor som kan återanvändas har endast bedömts med hänsyn till föroreningsinnehåll och inte till andra egenskaper hos jordmaterialet såsom t ex geoteknisk kvalité. Enligt denna uppskattning kan ca 4 000 ton återanvändas vid ett större djup än 1 m inom området. Inom kostnadskalkylen som utförts har det antagits att endast hälften av denna mängd kan återanvändas när man beaktat dess geotekniska kvalité.

Tabell 8. Fördelning jordmassornas föroreningsklass och hantering. Baserat på utförda analyser och klassade för avlämning till deponi – egenskapsområde 1.

A) Total mängd massor och dess föroreningsgrad (ton)							
Djup	<KM	KM-MKM	MKM-2 MKM	2-5MKM	5 MKM-FA	>FA	Totalt
0-1	5 608	2 804	2 804	0	0	935	12 150
1-2	2 430	4 860	3 645	1 215	0	0	12 150
2-4	0	14 580	4 860	2 430	0	2 430	24 300
Summa	8 038	22 244	11 309	3 645	0	3 365	48 600
Andel av total mängd (%)							
0-1	46	23	23	0	0	8	100
1-2	20	40	30	10	0	0	100
2-4	0	60	20	10	0	10	100
Summa	16	46	23	8	0	7	100
B) Mängd massor som inte uppfyller aktuellt PSRV och därmed måste schaktas ur/flyttas (ton)							
Djup	<KM	KM-MKM	MKM-2 MKM	2-5 MKM	5 MKM-FA	>FA	Totalt
0-1	0	1 869	2 804	0	0	935	5 608
1-2	0	0	3 645	1 215	0	0	4 860
2-4	0	2 430	2 430	2 430	0	2 430	9 720
Summa	0	4 299	8 879	3 645	0	3 365	20 188
C) Mängd befintliga massor som inte klarar aktuellt PSRV (0-1) men som kan flyttas till större djup och därmed klarar PSRV (ton)							
Djup	<KM	KM-MKM	MKM-2 MKM	2-5 MKM	5 MKM-FA	>FA	Totalt
0-1	0	1 869	1 869	0	0	0	3 738
1-2	0	0	0	0	0	0	0
2-4	0	0	0	0	0	0	0
Summa	0	1 869	1 869	0	0	0	3 738
D) Total mängd som slutgiltigt måste schaktas ur/åtgärdas efter hänsyn tagits till att förorenad jord som inte klarar PSRV från 0-1 m kan återanvändas vid större djup (ton)							
Djup	<KM	KM-MKM	MKM-2 MKM	2-5 MKM	5 MKM-FA	>FA	Totalt
0-1	0	0	935	0	0	935	1 870
1-2	0	0	3 645	1 215	0	0	4 860
2-4	0	2 430	2 430	2 430	0	2 430	12 150
Summa	0	2 430	7 010	3 645	0	3 365	16 450

- 9.2.2.2 *Egenskapsområde 2 (Norra delen) och egenskapsområde 3 (kontorsbyggnaden)*
En klassning baserad på resultatet av kemiska laboratorieanalyser från analyser av jordprov från de 9 undersökningspunkterna inom norra delen och vid kontoret visar en fördelning enligt tabell 9 nedan.

Tabell 9. Fördelning av utförda analyser i klasser för avlämning till deponi – egenskapsområde 2 och 3.

Föroreningstyp och område	Djup (m)	Total (m ³)	Total (ton)	Mängd* >PSRV återanvändas (ton)	Mängd** >PSRV (2-5 MKM) deponeras (ton)
PAH-förorening - Norra delen	0-0,5	200	360	360	0
Arsenikförorening - Norra delen	1 dm skikt	160	288	0	288
PAH-förorening - Kontorsbyggnad	0-0,6	300	540	540	0
Totalt		660	1188	900	288

* Mängd som inte klarar aktuellt PSRV men som kan återanvändas på djup > 1 meter.

** Mängd som inte klarar aktuellt PSRV och som måste deponeras.

9.2.3 **Kostnadskalkyl för alternativ 1 - urschaktning av området, deponering av jordmaterial**

Kostnadskalkylen har utförts för följande:

Aktuellt område inom Librobäck 7:2 och 7:3 saneras separat det vill säga utan samordnad sanering av andra delar av f.d. deponin. Spontning genomförs mot resterande del av exploateringsområdet i riktning mot nuvarande Fyrisvallsgatan och Vallongatan för att motverka föroreningsspridning från kvarlämnad förorening.

Kostnadskalkyl av schakt och omhändertagande på extern deponi

I tabellerna 10 och 11 nedan redovisas kostnadskalkyl för alternativ 1, kostnadsposterna är översiktligt beräknade och har delats upp enligt:

- Kostnader för schakt
- Kostnader för transporter
- Kostnader för deponering av förorening
- Kostnader för miljökontroll och föroreningsklassning
- Kostnader för spontning mot kvarvarande förorenade områden

Kalkylen i tabell 10 nedan är givetvis behäftad med flertal osäkerheter.

En mycket enkel känslighetsanalys visar följande:

- Å-priserna ger en linjär påverkan på kostnaderna.
- Mängden schakt ger en linjär påverkan på kostnaderna.
- Utfallet från sortering har stor påverkan.
- Densitet har påverkan, antagen densitet är 1,8 ton/m³

Tabell 10. Kalkyl för schakt och omhändertagande på extern deponi samt mekanisk torr sortering för egenskapsområde 1.

Alternativ 1: Schakt och omhändertagande på extern deponi - egenskapsområde 1	Mängd, andel	Å-pris	Enhet	Avrundad kostnad (exkl moms)
Kostnader för schakt				
Mängd för jordschakt	27 000 ¹		m ³	
Hanterad jordmängd	200 ²		m ³	
Antal dagar	135		St	
Kostnad för arbetslag sortering/mellanlagring	135	40 000	kr/dag	10 800 000
Kostnad för arbetslag urschaktning från deponi	135	40 000	kr/dag	5 400 000
Summa				16 000 000
Kostnader Transporter				
5 lastbilar för transporter inom aktuell arbetsperiod	125	40 000	kr/dag	5 000 000
Milersättning	14 996	120	kr/mil	1 799 589
Summa				7 000 000
Kostnader för deponering av förorening³				
Utfall från sikting, andel grovkornigt	5		%	
Andel Skrot	5		%	
Skrot	2 430		ton	
Grovkornigt	2 430		ton	
Finkornig fyllning	43 740		ton	
Densitet jordmassor	1,8		kg/m ³	
Densitet skrot och rivningsrester	2,0		kg/m ³	
Föroreningsnivåer				
Andel KM-MKM	2 309	220	kr	507 870
Andel MKM - 2*MKM	6 660	400	kr	2 663 800
Avlämning 2MKM - 5*MKM	3 463	400	kr	1 385 100
Avlämning >FA	3 197	700	kr	2 237 725
Förorenat skrotmaterial och byggrester ⁴	2 430	400	kr	972 000

¹ Se mängduppskattning avsnitt 5.4

² Det har antagits att ca 200 m³ jord är möjligt att schakta ur och hantera med massortering och miljökontroll vid schakt per dag.

³ Kostnader för deponering gäller för föroreningsmängder som överstiger mätbara åtgärds mål (PSRV). Hälften av massorna som överskrider PSRV för 1 m men klarar åtgärds målen för större djup har antagits kunna återanvändas. Kostnad för att schakta ur och omhänderta jord som klarar de mätbara åtgärds målen, samt generella riktvärden och kan hanteras på lokala mottagningsanläggningar för schaktmassor har inte ingått. Det har antagits att dessa massor kommer att användas på platsen.

⁴ Om detta material istället kan utvinnas med hjälp av landfill mining kan dessa innebära en inkomst

Total mängd för avlämning ⁵	18 058		ton	
Summa				8 000 000
Kostnader för miljökontroll och klassning				
Konsultarvode	600	800	Kr/h	480 000
Analysen urschaktning	200	1000	Kr/st	200 000
Analysen schaktväggar och schaktbotten	50	1000	Kr/st	50 000
Summa				700 000
Spontning				
Tät spont, driven 8 m djup för schakt till 4 m	1000	4000	Kr/m ²	4 000 000
Avrundad totalsumma exkl. moms				36 000 000

Tabell 11. Kalkyl för schakt och omhändertagande på extern deponi för egenskapsområde 2 (norra delen) och egenskapsområde 3 (kontorsbyggnaden)

Alternativ 1: Schakt och omhändertagande på extern deponi - egenskapsområde 2 och 3	Mängd, andel	Å-pris	Enhet	Avrundad kostnad (exkl. moms)
Kostnader för schakt				
Kostnad för arbetslag urschaktning	2	12000	Kr/dag	24 000
				25 000
Kostnader Transporter				
5 lastbilar för transporter inom aktuell arbetsperiod	2	40 000	Kr/dag	80 000
Milersättning	120	120	Kr/mil	14 400
				95 000
Kostnader för deponering av förorening				
Andel MKM - 2*MKM	288	400	Kr	115 000
				115 000
Kostnader för miljökontroll och klassning				
Konsultarvode	24	800	Kr/h	20 000

⁵ Mängd massor för avlämning* om hälften av jorden som överskrider PSRV 0-1 m är lämplig för att återanvända vid 1-4 m.

Analyser urschaktning och schaktväggar/botten	10	500	Kr/st	5 000
				25 000
Avrundad totalsumma exl. Moms				250 000

9.2.4 **Övriga aspekter avseende alternativ 1 - Schakt, omhändertagande på extern deponi**

Alternativet innebär i övrigt att:

- Övergripande och mätbara åtgärds mål uppfylls
- Risker reduceras för både människa och miljö, både på kort sikt och på längre sikt.
- Risker vid genomförande är ekonomiskt små eftersom åtgärds metoderna är vanligt förekommande och kostnads bilden är känd. Arbetsmiljörisker vid genomförandet kan hanteras med normala skyddsåtgärder.
- Alternativet bedöms ge en större negativ påverkan på miljömålet "Begränsad klimatpåverkan" än alternativ 3 och 4.
- Åtgärden är anmälningspliktig.
- Både enskilda och allmänna intressen påverkas positivt eftersom stora delar av området kan utvecklas och tillgängliggöras för allmänheten.
- Vidare medför åtgärden en värdeökning av fastigheten.
- Alternativet innebär att miljöförvaltningens krav i dagsläget gällande hanteringen av området för den f.d. deponin uppfylls.

9.3

Alternativ 2:

Schakt, behandling av jordmaterial med jordtvätt

Alternativet innebär urschaktning, mekanisk sortering, mellanlagring, provtagning och klassning av allt deponimaterial. Skrot/sopor sorteras ut och hanteras separat.

Deponimaterial som klarar de mätbara åtgärds målen kan återanvändas, övrigt finmaterial genomgår jordtvätt. Efter jordtvätt kan massor som renats återanvändas om halterna klarar de mätbara åtgärds målen. Överskrider de mätbara åtgärds målen transporteras massorna till anläggning med tillstånd för mottagande.

Återfyllnad och återställning av det urschaktade området genomförs inte, utan schakten lämnas öppna efter avslutad insats inför exploatering. Det innebär att behovet av mindre mängd återfyllnadsmaterial som ett resultat av jordtvätt inte synliggörs i åtgärdsutredningen. Dock påvisas effekten av lägre deponeringskostnader.

Nedan beskrivs hanteringen och alternativet mer ingående.

9.3.1 **Sortering av jordmassor**

Sortering ingår som en delåtgärd inom åtgärdsalternativ 1 och 2, samt till viss del inom åtgärdsalternativ 3. Det beskrivs endast under alternativ 1.

9.3.2 **Klassning av massor**

Avlämning av förorenade massor på deponi ingår som en delåtgärd inom åtgärdsalternativ 1 och 2, samt till viss del inom åtgärdsalternativ 3. Det beskrivs endast under alternativ 1.

9.3.3 **Jordtvätt**

Jordtvätt utgör ytterligare ett sätt för att sortera jordmassor i olika fraktioner för att därigenom koncentrera föroreningarna till en mindre volym. Det kan därför anses vara ett komplement till mekanisk sortering. Metoden kan användas för både organiska och oorganiska föroreningar. Genom att tvätta bort finfraktionerna ur en förorenad jordmassa sorterar man samtidigt ut det mesta av föroreningarna. De grövre fraktionerna rengörs och kan återföras som rena massor medan de finare fraktionerna måste deponeras på ett säkert sätt.

Det finns uppgifter på att användning av denna behandling medför att 75-80 % av massorna kan återföras och återanvändas. En del av föroreningarna frigörs till processvattnet som därför renas för att inga föroreningar ska spridas till omgivningen. Normalt krävs detaljerad kännedom om jorden och föroreningarnas egenskaper såsom föroreningsmängd, koncentration och föroreningssammansättning, kemiska former av ämnen, fördelning av förorening mellan kornstorleksfördelning, lakningsegenskaper, förekomst av avfall, skrot m.m. innan en jordtvätt övervägs.

Den aktuella platsen utgörs av en f.d. deponi. Erfarenheterna från en efterbehandlingsåtgärd som berört en annan del av deponin visade att materialet inom den f.d. deponin var mycket heterogent (Bjerking, 2016). Det förekom skrot och andra sopor samt en del lera och organiskt material. Det var enligt uppgift svårt att separera innehållet med avseende på dess karaktär.

Det är oklart vilka förutsättningar som råder inom den nu aktuella delen av den f.d. deponin. Mot bakgrund av utförda undersökningar och tidigare erfarenheter är det dock troligt att jorden även här har en heterogen karaktär och att föroreningsförekomsten är ojämnt utbredd. Vidare kan det förväntas att olika typer av föroreningar förekommer på olika platser. Rambölls undersökningar har visat att det främst är den ytligaste jorden (varierande mellan 0,6-1,5 m tjockt lager) som kan vara möjligt att separera från f.d. deponimaterial i djupare skikt.

För att kunna använda jordtvätt krävs en detaljerad kännedom om föroreningen och förutsättningarna, samt en relativt tillförlitlig uppfattning om hur stor mängd jord som är förorenad. Baserat på den kunskap och erfarenheter som finns idag är det svårt att bedöma användbarheten av jordtvätt. Mer detaljerade undersökningar för att kartlägga situationen vore nödvändigt.

9.3.4 **Kostnadskalkyl för alternativ 2 - Schakt, behandling av jordmaterial med jordtvätt**

Kostnaderna för sortering bedöms för åtgärdsalternativ 2 motsvara de för åtgärdsalternativ 1, se tabell 12. Till detta kommer kostnader för jordtvätt, vilket har antagits ske på plats. Föroreningsförekomsten består av deponimaterial, kan förväntas vara heterogent förekommande och sammansättningen i deponin är relativt okänd. Därför finns inget tillräckligt bra underlag för att bedöma om jordtvätt kommer att fungera eller hur det skulle påverka kostnaderna. Dessutom tillkommer aspekter som rör tid för att erhålla tillstånd. Jordtvätt har antagits att totalt innebära en något minskad kostnad, då jord kan återanvändas/hanteras som mindre förorenad efter tvätt. Kostnaden för deponering och transport skulle därtill minska något. I exemplet nedan har ett antagande om en halverad mängd jord som ett resultat av jordtvätt använts.

Tabell 12. Kostnadskalkyl för alternativ 2 - Urschaktning av området som helhet samt användning av jordtvätt

Alternativ 2: Schakt och omhändertagande på extern deponi samt jordtvätt - samtliga egenskapsområden		Avrundad kostnad
Kostnader för schakt		16 000 000
Jordtvätt		4 000 000
Transporter		4 000 000
Deponering av förorening		4 000 000
Kostnader för miljökontroll och klassning		700 000
Spontning: tät spont, driven 8 m djup för schakt till 4 m		4 000 000
Alternativ 2 Avrundad totalsumma exl. moms		32 500 000

9.3.5 **Övriga aspekter avseende alternativ 2 - Schakt, behandling av jordmaterial med jordtvätt**

Alternativet innebär i övrigt att:

- Övergripande och mätbara åtgärds mål uppfylls
- Risker reduceras för både människa och miljö, både på kort sikt och på längre sikt.
- Risker vid genomförande är ekonomiskt små eftersom åtgärds metoderna är vanligt förekommande och kostnadsbilden är känd. Arbetsmiljörisker vid genomförandet kan hanteras med normala skyddsåtgärder.
- Alternativet bedöms ge en större negativ påverkan på miljömålet "Begränsad klimatpåverkan" än alternativ 4.
- Åtgärden är anmälningspliktig.
- Både enskilda och allmänna intressen påverkas positivt eftersom stora delar av området kan utvecklas och tillgängliggöras för allmänheten.
- Vidare medför åtgärden en värdeökning av fastigheten.

- Alternativet innebär att miljöförvaltningens krav i dagsläget gällande hanteringen av området för den f.d. deponin uppfylls.
- Stora osäkerheter råder gällande metodens användbarhet och dess inverkan på projektets ekonomi.

9.4

Alternativ 3:

Schakt, förbränning av deponimassor

Då deponiområdet som är aktuellt för efterbehandling bedöms innehålla massor med ställvis högt organiskt innehåll, har Ramböll utrett möjligheten att använda en förbränningsanläggning off site för destruktion av organiskt material och organiska föroreningar. Förbränning syftar till att reducera mängden organiskt material samt även att reducera mängden föroreningar, främst organiska föroreningar. Enligt Naturvårdsverkets föreskrifter NFS 2004:10 finns det begränsningar för vilka halter av TOC och glödförlust som är tillåtna vid deponering. Det kan medföra att massor med hög halt organiskt material inte tillåts att deponeras.

Utöver förbränning av deponimassor omfattar alternativet även provtagning, schaktning, mekanisk sortering, mellanlagring, klassificering, samt deponering av resterande icke brännbart förorenat material på extern mottagningsanläggning enligt vad som anges i alternativ 1.

9.4.1

Sortering av jordmassor

Sortering ingår som en delåtgärd inom åtgärdsalternativ 1 och 2, samt till viss del inom åtgärdsalternativ 3. Det beskrivs endast under alternativ 1.

9.4.2

Klassning av massor

Avlämning av förorenade massor på deponi ingår som en delåtgärd inom åtgärdsalternativ 1 och 2, samt till viss del inom åtgärdsalternativ 3. Det beskrivs endast under alternativ 1.

9.4.3

Förbränning av deponimaterial

Behandling av förorenade jordar med förbränning utgör vanligen inte förstahandsalternativet då kostnaden är förhållandevis hög. Däremot har förbränning i ett flertal fall använts för att destruera koncentrerade föroreningsextrakt från olika koncentrationsmetoder som t ex jordtvättning och termisk desorption. Två olika typer av förbränningsanläggningar tillämpas vanligen vid förbränning av förorenade jordar och farligt avfall:

- Roterande ugn
- Fluidiserande bädd

Förbränning i en roterande ugn sker i temperaturintervallet 1200 - 1400 grader Celsius. I den fluidiserande bädden sker förbränningen under samtidig inblåsning av luft/syre via en bädd som förutom förorenad jord/avfall även innehåller icke-brännbart material. Förbränningstemperaturen i en fluidiserande bädd är väsentlig

lägre än i en roterande ugn, ca 800 - 900 grader Celsius. Metoden är tillämpbar på organiska ämnen.

9.4.4 **Erfarenheter från förbränning av deponimassor vid Vattenfalls kraftvärmeverk i Uppsala**

Ett pilotförsök med förbränning av deponimassor i Vattenfalls kraftvärmeverk i Uppsala visade att det var fullt möjligt att förbränna deponimassorna då de blandades med annat avfall, utan att det uppstod några tekniska problem eller avvikelser vad gällde miljö (Ramböll, 2017b). Deponimassorna som förbrändes härrörde från en annan deponi inom Uppsala, vid kv. Brännugnen. Efter godkännande från tillsynsmyndigheten (Miljöförvaltningen i Uppsala kommun) har därefter efterbehandlingsåtgärder av andra delar av deponin vid kv. Brännugnen omfattat förbränning av ytterligare deponimassor. Dessa deponimassor innehöll precis som deponin vid Librobäck, en del förbränningsbart material såsom trärester, textilrester och oljeföroreningar. TOC-innehållet uppgick till som mest ca 10 %. Deponimassorna vid kv. Brännugnen var dock mer homogena än de deponimassor som påträffats vid Librobäck.

9.4.5 **Platsspecifika förutsättningar för förbränning av deponimassor**

Deponimassorna som provtogs utgjordes bland annat av jord- och schaktmassor, tegelrester, skrot och annat metallavfall samt material med större förbränningspotential såsom trärester, spån, kol, textilrester, svartfärgade organiska massor, oljeaktiga massor (Bjerking, 2015 och Ramböll, 2017a). Deponimassorna var heterogena, men i ett par provgröpar kunde olika lager urskiljas, se foto figur 11. Ett par lager bedömdes visuellt kunna innehålla större mängd organiskt material.

Vid Bjerking's miljötekniska undersökning analyserades glödförlust samt gjordes en beräkning av TOC i 9 stycken jordprov i deponiområdet (Bjerking, 2015). Resultaten för glödförlust visade en variation i intervallet 0,6 – 20 % TS och i intervallet 0,3–11% TS för TOC. Den stora spridningen kan förklaras av deponimassornas heterogenitet.

I flera prov på deponimassorna överskreds PSRV *Boende/förskola och parkmark* för framför allt metaller och PAH. I några punkter uppmättes föroreningshalter över Avfall Sveriges rekommenderade haltgräns för farligt avfall (FA), se även avsnitt 5.1.1.



Figur 11. Lagerföljd i provpunkt LIB1507 (Ramböll, 2017a).

Deponimassorna med den sammansättning som redogjorts för ovan, bedöms kunna klassas till följande avfallskategori och EWC-koder:

- 17 Bygg- och rivningsavfall (även uppgrävda massor från förorenade områden)
 - 17 02 04* Glas, plast och trä som innehåller eller som är förorenade med farliga ämnen och som enligt 13 b § ska anses vara farligt avfall.
 - 17 09 03* Annat bygg- och rivningsavfall (även blandat avfall) som innehåller farliga ämnen och som enligt 13 b § ska anses vara farligt avfall.

Sammantaget bedöms förutsättningarna för förbränning av deponimassor med höga TOC-halter samt material med större förbränningspotential vara goda. En förbränning vid en lokal förbränningsanläggning såsom Vattenfall kraftvärmeverk i Uppsala, skulle resultera i en miljövinst i och med minskade transporter, minskad volym deponerade massor och lägre föroreningshalter (framför allt oljeföroreningar och andra organiska föroreningar) i det material som efter en förbränning behöver deponeras. Därtill bör det beaktas att deponering av massor med hög TOC-halt inte alltid är möjligt, vilket kan innebära problem och stora kostnader att omhänderta dessa massor på annat sätt.

9.4.6 **Övriga aspekter avseende alternativ 3 – Schakt, förbränning av deponimassor**

Under förutsättning att de massor som inte är möjliga att förbränna omhändertas på annat sätt, innebär alternativet i övrigt följande:

- Övergripande och mätbara åtgärds mål uppfylls.
- Risker reduceras för både människa och miljö, både på kort sikt och på längre sikt.
- Risker vid genomförande är ekonomiskt små eftersom kostnadsbilden är känd. Arbetsmiljörisker vid genomförandet kan hanteras med normala skyddsåtgärder.
- Alternativet bedöms ge en större negativ påverkan på miljömålet "*Begränsad klimatpåverkan*" än alternativ 4, men mindre än alternativ 1 och 2 under förutsättning att deponimassorna kan förbrännas i en lokal förbränningsanläggning.
- Åtgärden är anmälningspliktig.
- Både enskilda och allmänna intressen påverkas positivt eftersom stora delar av området kan utvecklas och tillgängliggöras för allmänheten.
- Vidare medför åtgärden en värdeökning av fastigheten.
Alternativet innebär att miljöförvaltningens krav i dagsläget gällande hanteringen av området för den f.d. deponin uppfylls.

9.5 **Alternativ 4: Inneslutning**

Alternativet innebär ingen urschaktning av deponin annat än att det som är nödvändigt för anläggningsarbeten utförs. Vid schakt genomförs mekanisk sortering, mellanlagring, provtagning och klassning av berört jordmaterial. Skrot/sopor sorteras ut och hanteras separat.

Återanvändning av geotekniskt lämpliga jordmassor som klarar de mätbara åtgärds målen (platsspecifika riktvärden) med avseende på föroreningshalter inom området utförs vid behov.

Återfyllnad och återställning av det urschaktade området genomförs inte, utan schakten lämnas öppna efter avslutad insats inför exploatering

Kvarlämnat underliggande deponimaterial innesluts för att förhindra exponering och spridning av föroreningar som lämnas kvar på platsen.

Nedan beskrivs hanteringen och alternativet mer ingående.

9.5.1 **Sortering av jordmassor**

Sortering ingår som en delåtgärd inom åtgärdsalternativ 1, 2 och 3 samt till viss del inom åtgärdsalternativ 4. Detta beskrivs dock endast under alternativ 1.

9.5.2 **Klassning av massor**

Avlämning av förorenade massor på deponi ingår som en delåtgärd inom åtgärdsalternativ 1 och 2, samt till viss del inom åtgärdsalternativ 3 och 4. Detta beskrivs dock endast under alternativ 1.

9.5.3 **Stabilisering – solidifiering - Inneslutning**

Stabilisering/solidifiering tillämpas i första hand för efterbehandling av jordar, sediment och avfall som förorenats av metaller och andra oorganiska föroreningsämnen, men även för PCB, PAH och halogenerade pesticider. Metoden tillämpas i första hand på källzoner (området med höga föroreningshalter), för att reducera eller stoppa en pågående föroreningsspridning. Solidifiering/stabilisering syftar till att minska föroreningarnas rörlighet.

Vid **stabilisering** tillförs ett eller flera additiv som reagerar med de föroreningsämnena som finns i jorden eller avfallet. Vid de kemiska reaktioner som inträffar omvandlas de ingående föroreningsämnena till mindre spridningsbenägna former/ämnen.

Solidifiering innebär att föroreningen inkapslas i material med låg permeabilitet, t.ex. betong, bentonit eller andra barriärmaterial. I regel påverkas inte föroreningens kemiska form eller sammansättning. Inkapslingen av föroreningen motverkar spridningen av föroreningar från det förorenade materialet

Ler- och siltjordar, liksom jordar med hög halt organiskt material, är generellt mindre lämpade för solidifiering/stabilisering än sandjordar. Förekomst av avfallsrester och skrotfragment kan försvåra inblandningen av material. Det är därför viktigt att föroreningens kemiska sammansättning, kornstorlekssammansättning, organisk halt, vattenkvot och eventuellt avfallsinnehåll samt utbredning i yt- och djupled är noggrant kartlagd.

Dessa två metoder bedöms sammantaget inte vara lämpliga alternativ i förekommande deponimaterial.

Inneslutning är en enklare form av solidifiering. Metoden innebär att jordförorening helt eller delvis inkapslas med täta/lågpermeabla barriärmaterial, varvid utlakningen och spridningen av föroreningsämnena från jordföroreningen till omgivande mark- och vattenområden minskar eller helt upphör. En vertikal barriär kan anläggas i form av en spont eller en slitsmur/slurrybarriär. Syftet är att avlänsa grundvattenflödet samt minska utlakningen och spridningen av föroreningar till omgivande grund- och ytvatten. En horisontell barriär anläggs som "ett lock" ovanpå jordföroreningen för att reducera infiltrationen av nederbörd.

Området kring den f.d. deponi utgörs av lera vilket kan anses vara ett relativt tätt material, transporten i ytligt (mark)-grundvatten bedöms redan vara begränsad och det undre grundvattnet är skyddat av ett tjockt lager lera. Porluftsmätningar som utförts har inte påvisat någon tydlig påverkan av varken PAH eller klorerade

kolväten i porgasen, vilket tyder på begränsad föroreningstransport vertikalt i gasfas. Ytterligare inneslutningsåtgärder skulle dock krävas, speciellt i vertikal riktning.

Enligt tidigare utredningar förekommer skrot, sopor och organiskt material i det jordmaterial som skulle inneslutas. Föroreningssituationen är inte fullständigt utredd och föroreningsförekomsten kan antas vara ojämnt fördelad. Utgångsläget skulle därför troligen vara att hela den f.d. deponin skulle behöva inneslutas. Eventuell förekomst av deponigasbildning skulle behöva undersökas och hanteras efter inneslutning.

Åtgärdsalternativet anses vara ett bra alternativ utgående från att det starkt minskar behovet av att transportera jordmassor från platsen och därmed negativ klimatpåverkan.

9.5.4 **Kostnadskalkyl för alternativ 4 - Inneslutning**

Kostnaderna för sortering bedöms för åtgärdsalternativ 4 vara låga jämfört med för alternativ 2 och 3, se tabell 13. Till detta kommer kostnader för inneslutning. Sammantaget bedöms kostnaderna för alternativet vara betydligt lägre än för alternativ 2a. Kostnadsuppskattningen nedan är mycket översiktligt sammanställd och har konservativt baserats på att urschaktning/sortering av material är nödvändigt ned till 1,5 m djup. Kostnader för inneslutning är också översiktligt bedömda. Dessa beror på vilket ytterligare skydd som bedöms behövas utifrån platsens förutsättningar för föroreningsspridning/exponering

Tabell 13. Kostnadskalkyl för alternativ 4 - Inneslutning

Alternativ 4: Inneslutning för egenskapsområde 1, schakt och deponering för egenskapsområde 2 och 3		Avrundad kostnad (exkl moms)
Kostnader för schakt		6 000 000
Transporter		3 000 000
Deponering av förorening		3 000 000
Kostnader för miljökontroll, undersökningar, klassning		400 000
Inneslutning		6 000 000
Avrundad totalsumma		18 500 000

9.5.5 **Övriga aspekter avseende alternativ 4 - Inneslutning**

Alternativet innebär i övrigt att:

- Övergripande åtgärds mål uppfylls.
- Mätbara åtgärds mål uppfylls inte.
- Risker reduceras för både människa och miljö, kort sikt och troligen på längre sikt.
- Risker vid genomförande är ekonomiskt små eftersom åtgärds metoderna är vanligt förekommande och kostnads bilden är känd. Arbetsmiljörisker

vid genomförandet är mindre än för alternativ 2 och 3 och kan hanteras med normala skyddsåtgärder.

- En inkapsling av området skulle kunna begränsa vilka typer av byggnationer/grundläggning som kan placeras/användas på den f.d. deponin.
- Åtgärder för att ta hand om eventuell deponigas skulle vara nödvändig.
- Sammantaget skulle åtgärdsalternativet innebära restriktioner för hur marken kan användas/exploateras i framtiden.
- Åtgärden är anmälningspliktig.
- Både enskilda och allmänna intressen påverkas positivt eftersom stora delar av området kan utvecklas och tillgängliggöras för allmänheten.
- Vidare medför åtgärden en värdeökning av fastigheten.
- Alternativet innebär att miljöförvaltningens krav i dagsläget gällande hanteringen av området för den f.d. deponin inte uppfylls.

10. Underlag till riskvärdering

I en riskvärdering görs en sammanvägd bedömning av olika åtgärdsalternativ där hänsyn tas till vad som är miljömässigt motiverat, tekniskt möjligt och ekonomiskt rimligt. Nedan har de fyra föreslagna åtgärdsalternativen vägts mot varandra, se tabell 14.

Tabell 14. Sammanställning av de fyra åtgärdsalternativen

Åtgärds- alternativ	Noll alternativ	1: Schakt, omhändertagande av förorenade massor på extern deponi	2: Schakt, jordtvätt, omhändertagande av förorenade massor på extern deponi	3: Schakt, förbränning, omhändertagande av förorenade massor på extern deponi	4: Inneslutning
Måiluppfyllelse	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja, viss osäkerhet. Målet är att inga risker ska finnas, det är möjligt med inneslutning men osäkerhet finns. Uppfyller inte mätbara åtgärds mål som PSRV.
Riskreducering	Ingen riskreducering. Nuvarande påverkan och risker för människa och miljö består.	Riskreducering för människa och miljö. Risk för tillfällig negativ påverkan i samband med utförande skedet.	Riskreducering för människa och miljö. Risk för tillfällig negativ påverkan i samband med utförande skedet.	Riskreducering för människa och miljö. Risk för tillfällig negativ påverkan i samband med utförande skedet.	Riskreducering för människa och miljö. Risk för tillfällig negativ påverkan i samband med utförande skedet.
Risker vid utförande	Inga	Arbetsmiljörisker	Arbetsmiljörisker	Arbetsmiljörisker	Arbetsmiljörisker
Tillstånd/anmälan	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja
Landskap	Ingen påverkan.	Tillfällig inverkan i samband med utförande skedet. Om	Tillfällig inverkan i samband med utförande skedet. Om	Tillfällig inverkan i samband med utförande skedet. Om	Tillfällig inverkan i samband med utförande skedet. Om omfördelning av massor utförs

		omfördelning av massor utförs ger det en permanent inverkan på landskapsbilden.	omfördelning av massor utförs ger det en permanent inverkan på landskapsbilden.	omfördelning av massor utförs ger det en permanent inverkan på landskapsbilden.	ger det en permanent inverkan på landskapsbilden.
Naturresurser	Ingen påverkan.	Viss påverkan via utfyllnad med nya jordmassor	Viss, men bedömd lägre påverkan än alternativ 1 pga. mindre behov av utfyllnad med nya jordmassor.	Viss påverkan via utfyllnad med nya jordmassor	Viss, men bedömd lägre påverkan än alternativ 1, 2 och 3 pga. inget, eller mycket mindre behov av återfyllnadsmassor
Övriga intressen	Bör medföra restriktioner eftersom området inte bör användas för befintlig verksamhet eller föreslagna planer p.g.a. oacceptabla risker för människa och miljö.	Positiv påverkan för enskilda och allmänna intressen eftersom området kan utvecklas. Värdeökning av fastigheten. Negativ påverkan på miljömålet " <i>Begränsad klimatpåverkan</i> " genom långa transporter till extern deponi.	Positiv påverkan för enskilda och allmänna intressen eftersom området kan utvecklas. Värdeökning av fastigheten. Negativ påverkan på miljömålet " <i>Begränsad klimatpåverkan</i> " genom långa transporter till extern deponi. Den negativa påverkan är dock lägre än för alternativ 1 genom att mindre massor behöver omhändertas på extern deponi.	Positiv påverkan för enskilda och allmänna intressen eftersom området kan utvecklas. Värdeökning av fastigheten. Negativ påverkan på miljömålet " <i>Begränsad klimatpåverkan</i> " genom långa transporter till extern deponi. Den negativa påverkan är dock lägre än för alternativ 1 under förutsättning att förbränning sker på närbelägen förbränningsanläggning.	En lägre grad av påverkan på miljömålet " <i>Begränsad klimatpåverkan</i> " genom långa transporter till extern deponi undviks. Kan medföra restriktioner på markanvändning och exploatering efter avslutad åtgärd. Värdeökning av fastigheten bedöms vara mer tveksam.
Uppfyllande av övergripande åtgärds mål	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja

Uppfyllelse av mätbara åtgärds mål	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej
Uppfyllelse av miljöförvaltningens krav i dagsläget gällande hanteringen av området för den f.d. deponin	Nej	Ja	Ja	Ja	Nej
Kostnad [kr]	-	32 000 000 – 36 000 000 + 250 000 kr för område 2-3 (Schakt, omhändertagande av förorenade massor på extern deponi)	28 500 000 – 32 500 000 + 250 000 kr för område 2-3 (Schakt, omhändertagande av förorenade massor på extern deponi)		18 500 000 + 250 000 kr för område 2-3 (Schakt, omhändertagande av förorenade massor på extern deponi)

11. Förordat åtgärdsalternativ

Baserat på resultat och bedömningar från samtliga tidigare miljötekniska markundersökningar som utförts, uppskattas mängden förorenade massor som behöver åtgärdas uppgå till ca 20 000 ton förorenad jord med halter som överstiger PSRV inom fastigheterna Librobäck 7:2 och 7:3. Mängduppskattningen är dock osäker på grund av områdets heterogena karaktär.

Utifrån riskbedömning, åtgärdsutredning och underlag till riskvärdering som utförts föreslås följande efterbehandlingsåtgärder att utföras:

- Alternativ 3:
Schakt, förbränning av massor. Material mellanlagras inom området i avvaktan på klassificering enligt föroreningsgrad. Vid behov återanvänds material av lämplig geoteknisk kvalitet som klarar de mätbara åtgärds målen. Massor som inte klassas som förorenade, men som behöver transporteras bort kan hanteras av lokala mottagningsanläggningar för schaktmassor. Deponimassor med högt organiskt innehåll förbränns externt i en i första hand närbelägen förbränningsanläggning för destruktion av organiskt material och organiska föroreningar. Förorenade massor som inte tillåts eller kan förbrännas omhändertas på extern deponi enligt vad som anges i alternativ 1.

Som ett komplement till alternativ 3 förordas landfill mining (LFM) för att återvinna metallskrot eller annat återvinningsbart material. Det förutsätter dock att det är möjligt att separera dessa material från övriga deponimassor.

Valet motiveras utifrån befintlig kunskap om områdets status, förutsättningarna på platsen tillsammans med miljöförvaltningens krav för åtgärder i området vid tillämpning av platsspecifika riktvärden. De tekniska förutsättningarna för alternativet är tydliga, att riskerna för människa och miljö tydligt reduceras, förslaget till åtgärds mål uppfylls. Det negativa med åtgärden är att den innebär en negativ klimatpåverkan i och med att ett stort antal transporter av förorenad jord är nödvändigt, samt att störningsmoment för omgivningen uppstår vid utförandet av åtgärd. Under förutsättning att en del av deponimassorna kan förbrännas i en lokal förbränningsanläggning, blir den negativa klimatpåverkan mindre än för enbart alternativ 1.

11.1 Övriga utvärderade alternativ

Alternativet 2 - jordtvätt - bedöms i nuläget inte vara ett ekonomiskt försvarbart alternativ då platsens egenskaper förväntas vara heterogena och användbarheten av denna metod bedöms som osäker.

Utifrån dagens kunskapsläge och krav på kontroll av föroreningssituationen inom den f.d. deponin som krävs av miljöförvaltningen vid tillämpning av platsspecifika riktvärden, bedöms alternativ 4 - inneslutning - inte att vara ett aktuellt alternativ. Miljöförvaltningens krav gällande utförd åtgärd och kontroll av föroreningssituationen uppfylls inte. Vidare kan alternativet innebära restriktioner på hur området kan användas och grundläggas/bebyggas.

Alternativa åtgärder 2 och 4 kan dock vara möjliga. Om det bedöms kunna vara aktuellt utifrån övriga intressen (såsom enskilda och allmänna intressen) kan det vara lämpligt att utreda teknisk genomförbarhet av andra alternativ mer ingående inför val av åtgärdsmetod. Vidare studier och undersökningar kan då vara nödvändiga.

11.2 **Åtgärdskrav och hantering av mätbara åtgärds mål**

Åtgärdskraven beskriver hur åtgärds målen ska uppnås. På grund av deponins heterogena karaktär kommer jordmaterialet inom deponin, i enlighet med miljöförvaltningens krav, att schaktas ur för kontroll.

Jordmaterialet från deponin schaktas ur, grovt jordmaterial som sten och block samt skrot och förekomst av sopor sorteras ur materialet. Kvalitén på det resterande finmaterialet undersöks och säkerställs med hjälp av kemiska laboratorieanalyser som representerar förutbestämda enhetsvolymmer. Föreslaget åtgärdsalternativ utgår från att jordmassor med föroreningshalter som överskrider de mätbara åtgärds målen skickas för deponering på extern mottagningsanläggning.

Resultatet av kemiska laboratorieanalyserna tillsammans eventuella fältmätningar av föroreningsförekomst och bedömningar av jordens geotekniska kvalitet används för att avgöra hur stor mängd jord som sedan kan återanvändas på platsen. Föroreningsnivåerna som uppmätts och resultatet av ytterligare lakteter avgör till vilken anläggning som massorna ska skickas.

Jordmassor som klarar de mätbara åtgärds målen, men som inte behövs för återfyllnad eller är geotekniskt olämpliga skickas till mottagningsanläggning godkänd för aktuell föroreningsnivå. Jord med mycket låga föroreningshalter kan troligen hanteras av lokala mottagningsanläggningar för schaktmassor.

Under tiden för urschaktningen av området för den f.d. deponin kommer det troligen bli nödvändigt med en mellanlagrigg av massor inom exploateringsområdet för att kunna möjliggöra sortering och lagring av massor i väntan på svar från laboratorieanalyser.

Föroreningsnivån i kvarvarande schaktväggar och schaktbotten kontrolleras med hjälp av kemiska laboratorieanalyser.

12. Skyddsåtgärder

12.1 Under efterbehandlingsåtgärd

Risker i samband med att åtgärderna utförs kan hanteras med normala skyddsåtgärder. Risken för yrkesarbetares kontakt med förorenad jord kan reduceras med lämpliga arbetsmetoder och lämplig skyddsutrustning. Heltäckande arbetskläder ska användas (långbyxor, långärmade tröjor, arbetshandskar, arbetsskor/stövlar med trampskydd). Andningsskydd med kombinationsfilter för partiklar och organisk gas och ånga bör finnas med i beredskap tillsammans med relevanta miljöinstrument (PID-instrument) vid arbeten inom hela området. Vidare ska det finnas möjlighet till rengöring för både de som arbetar samt för utrustning.

Innan arbetena utförs informeras entreprenören om föroreningsituationen, hälso- och säkerhetsrisker samt skyddsåtgärder för planerade arbeten. Miljökontrollanten rekommenderar löpande om erforderlig skyddsnivå.

Risken för kontakt och inandning av förorenad jord samt förorenings spridning genom damning kan reduceras genom till exempel vattenbegjutning av schakter, samt övertäckning av last vid behov.

Storleken på schaktgropar bör minimeras för att minska risken för spridning och exponering av partikelbundna föroreningar. Bevattnings av upplagda massor bör utföras vid torrt väder då risk för spridning och exponering av partikelbundna föroreningar genom damning finns. Fordon, arbetsredskap etc. föreslås vid behov rengöras för att förhindra spridning av föroreningar.

Vid hantering, sortering och provtagning av jordmassor som grävs upp från deponiområdet är det troligt att behov av ett tillfälligt upplag av förorenade massor förekommer. Slutlig placering av förorenade massor för tillfällig lagring samt utformning av skyddsåtgärder kommer att beslutas inom ramen för anmälningsärendet om efterbehandling enligt 28 § i förordning (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd.

Under tiden för tillfällig lagring av förorenade massor, kommer tiden som massor mellanlagras begränsas i största möjliga mån. Mellanlagring av jord kommer att ske under tak eller presenning i väntan på resultat av laboratorieanalyser.

Påverkan på vattenkvaliteten genom att föroreningar sprids via yt- och grundvatten kan minskas med hjälp av rening av länshållningsvatten. Reningen kan ske med hjälp av t ex filtersystem. Vid behov kan oljeavskiljare användas. Inget vatten tillåts att avledas från området via t ex VA-system utan att man säkerställt att kvalitén är godkänd i jämförelse med aktuella kvalitetskrav. Riktvärden för yt- och länshållningsvatten tas fram innan start av aktuell åtgärd.

Risken för allmänheten att komma i kontakt med förorenad jord kan reduceras genom ovanstående skyddsåtgärder samt genom att sätta upp ett stängsel kring området som är aktuellt.

12.2 **Efter avslutad efterbehandlingsåtgärd**

Bortschaktning och hantering av förorenade massor inklusive återfyllnad av området kommer att utföras innan boende finns på området. Därigenom begränsas miljö och hälsoriskerna efter avslutad exploatering.

Utförd efterbehandlingsåtgärd syftar till att åtgärda förekommande föroreningssituation ned till halter som bedöms acceptabla med utgångspunkt från den planerade markanvändningen. Inga ytterligare skyddsåtgärder förutom att verifiera tillräckligt låga föroreningshalter i jord och grundvatten innan påbörjad byggnation inom området anses nödvändigt som skyddsåtgärder för avslutad åtgärd.

För att kontrollera föroreningsspridning till Librobäck 7:2 från delar av deponin som inte saneras, kommer det att behövas provtagning enligt ett framtaget kontrollprogram.

13. **Diskussion, osäkerheter mm. - åtgärdsutredning**

- De mängduppskattningar som genomförts av föroreningar är mycket osäkra, då området är heterogent och endast vissa delar har provtagits. Den upprepade provtagningen av jord vid urschaktning kan ge en annan bild av föroreningssituationen på platsen. Hur mycket jord som kommer att hanteras som förorenat beror också på kornstorleksfördelning och hur mycket större block och skrotmaterial som kan sorteras ur från övriga jordmassor.
- Kostnadskalkylerna som sammanställts bedöms därför som osäkra då någon systematisk karakterisering av jordmaterialet inte har utförts. Det är därför svårt att bedöma hur stor andel av jorden som schaktas ur som kommer att tillhöra de olika behandlingsklasserna. Det finns även osäkerheter avseende bedömning av jordmassorna som schaktats ur eftersom endast enstaka laktester har utförts. I samband med klassificeringen kommer laktester att utföras för att kunna göra en säkrare bedömning av hur jordmassorna ska klassificeras.
- För att kunna göra en säkrare uppskattning av mängd grövre material som kan sorteras bort genom torrsiktning, kan mer utförligare provtagning samt siktanalys genomföras på materialet. Möjlig mängd att utsortera och återanvända beror dock även på föroreningsgrad för grovfraktionen och förekomsten av organiskt material. Den översiktliga uppskattning som

gjorts av hur stor mängd massor som skulle kunna återanvändas inom området är sannolikt överskattad.

- Om det i samband med pågående åtgärd visar sig att det är möjligt att urskilja olika typer av material såsom metallskrot, plats och brännbart material, skulle en form av landfill mining kunna vara aktuellt som komplement till åtgärden.
- Det finns också osäkerheter för kostnader för entreprenadarbeten, inklusive avlämning av förorenade massor där det är aktuellt. Kunskapsläget är inte tillräckligt för att med säkerhet utvärdera användbarheten av samtliga åtgärdsalternativ fullt ut i nuläget.

14. Referenser

Avfall Sverige, 2007, Avfall Sverige, Uppdaterade bedömningsgrunder för förorenade massor, Farligt Avfall, Rapport 2007:01

Bjerking AB, 2015. PM Miljöteknisk undersökning av deponi i tidigare lertäkt, 2015-02-11

Bjerking AB, 2016. PM Slutrapport efterbehandling, del av delområde 2, Librobäck 11:1, Uppsala kommun, Bjerking AB, 2016-01-15

Golder Associates, 2001. Miljöteknisk markundersökning av 11 fastigheter i Librobäck och 1 fastighet i Fålhagen, Uppsala kommun (uppdrag 0170303)

Golder Associates, 2011. Librotvätten, Husbyborg 5:3, Uppsala kommun, Miljöteknisk undersökning MIFO fas II

Institutet för miljömedicin, IMM, 1998, Risk assessment of carcinogenic air pollutants, IMM-rapport 1/98

Livsmedelsverket, 2001, Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten, SLVFS 2001:30 och LIVSFS 2015:3

Livsmedelsverket, 2014, Risker vid förorening av dricksvatten med PFAA. Riskhanteringsrapport, Rådgivningsavdelningen, 2014-03-12

Länsstyrelsen i Uppsala län. Utdrag ur EBH-stödet (Länsstyrelsens databas över förorenade områden)

Naturvårdsverket 1999, Metodik för förorenade områden (MIFO), NV-rapport 4918

Naturvårdsverket 2009, Riktvärden för förorenad mark, modellbeskrivning och vägledning, Rapport 5976, september 2009

Naturvårdsverket 2009, Riskbedömning av förorenade områden, Rapport 5977, december 2009

Naturvårdsverket 2009, Att välja efterbehandlingsåtgärd, Rapport 5978, december 2009

WHO, Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, Regional Publications, European Series, No 91

Ramböll, 2017a, PM Miljöteknisk undersökning. Uppsala kommuns Industrihus. Marksanering Librobäck 7:2 och 7:3. 2017-02-16.

Ramböll, 2017b, Utvärdering av test med förbränning av deponimassor, PM 2017-06-19, Miljöförvaltningens diarienummer 2017-000618-MI

SIG, Statens Geotekniska Institut 2015, WP1 - Hållbart skydd av markmiljön – Inverkan av markens uppbyggnad och djup, SIG

SGU, Sveriges Geologiska Undersökning 2013, Bedömningsgrunder för grundvatten, SGU-rapport 2013:01

SGU, Sveriges Geologiska Undersökning, 2016. Grundvattenmagasin i jordlager.

Weber-Qvarfort, T, 2011. Lertäkter i Uppsala. Inventering och föroreningssituation. (Examensarbete vid Västerbergslagens utbildningscentrum)