

FÖRBEREDANDE ÅTGÄRDSUTREDNING
DETALJPLAN LOCKETORP, SKÖVDE



UPPDRAG

318683, Detaljplan Locketorp – geotekniska och miljötekniska undersökningar, Skövde

Titel på rapport:

Förberedande åtgärdsutredning Detaljplan Locketorp, Skövde

Status:

Koncept

Datum:

2022-03-21

MEDVERKANDE

Beställare:

Skövde kommun

Kontaktperson:

Linda Kjerfve

Konsult:

Tyréns Sverige AB

Uppdragsansvarig:

Hilda Dahlin Joklint

Handläggare:

Cecilia Mellander

Kvalitetsgranskare:

Kristin Elgh Dalgren

SAMMANFATTNING

Skövde flygplats i Locketorp är under avveckling och arbeten med att ta fram en ny detaljplan för området pågår. Planområdet ägs till största del av Skövde kommun och hör huvudsakligen till fastighet Locketorp-Törsatorp 1:14. Detaljplanen syftar till att möjliggöra etablering av en större industriverksamhet, vilket medför en ändring av befintlig detaljplan som tillåter flygverksamhet.

Miljötekniska markundersökningar som utförts inom området visar på höga halter av PFAS i jord, grundvatten och ytvatten. PFAS i jord har påträffats inom två delområden, dels vid den tidigare brandövningsplatsen och dels vid terminalbyggnaderna. Höga halter av PFAS i grundvattnet har påträffats inom samma två delområden som för jorden. Även ytvattnet i diken inom området är påverkat av PFAS som härstammar från verksamheten inom flygplatsen.

Tyréns Sverige AB har fått i uppdrag av Skövde kommun att utföra en åtgärdsutredning för att utreda riskreducerande åtgärder inför exploatering. Syftet med åtgärdsutredningen är att ta fram lämpliga åtgärdsalternativ för att reducera miljö- och hälsorisker inom området samt minska spridningen av PFAS ut från området.

I föreliggande rapport redovisas övergripande åtgärds mål samt bedömda åtgärdsbehov för jord, grundvatten respektive ytvatten. Dessutom redovisas metodik och bedömning för ett antal åtgärds metoder för PFAS. Uppskattningar har även gjorts över mängd förorenade massor, mängd PFAS i jord samt kostnader för åtgärds metoder.

Det finns många osäkerheter när det gäller riskbedömning och framtagande av åtgärdsförslag för PFAS-förorenade områden. PFAS-förorening har idag ett mycket stor fokus hos många myndigheter eftersom PFAS påträffas på många platser och utgör en hälsorisk för människor. Ett arbete pågår för att implementera nya forskningsrön avseende PFAS hälsoeffekter i normer för dricksvatten och förorenad jord. Dock har inte utvecklingen av behandlingsmetoder utvecklats i samma takt, och många av de metoder som beskrivs borde snarast beskrivas som i utvecklingsfas, snarare än som etablerade metoder.

Europeiska livsmedelsorganisationen EFSA har föreslagit att gränsen för tolererbart dagligt intag av PFAS ska sänkas. När detta räknas om till riktvärden är det sannolikt att dessa kommer sänkas drastiskt, vilket det finns anledning att "ta höjd för" när åtgärder planeras. Parallellt med EFSA:s sänkning av TWI har också nya bindande förslag till åtgärdsgränser för PFAS i dricksvatten tagits fram i EU:s nya dricksvattendirektiv. Direktivet är ett minimidirektiv och ska implementeras i nationell lagstiftning senast den 12 januari 2023. Dessa ändringar kommer att påverka riktvärden för jord, grundvatten och ytvatten. Vidare innebär de nya riktvärdena sannolikt att bedömningen av PFAS-förorening ska utföras för fler olika ämnen. I dagsläget utvärderas 11 olika ämnen, men i det nya dricksvattendirektivet ska undersökning av 500 olika ämnen utföras rutinmässigt.

Fortsatta arbeten som rekommenderas för att kunna fortsätta utreda lämpliga åtgärdsalternativ för området är att ta fram mätbara åtgärds mål, upprätta en hydrogeologisk grundvattenmodell, eventuellt utföra kompletterande provtagningar, upprätta ett kontrollprogram samt vid behov utföra pilotförsök gällande åtgärds metoder.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND	7
1.1	UPPDRAG OCH SYFTE.....	7
1.2	AVGRÄNSNINGAR.....	7
1.3	ORGANISATION	7
2	OMGIVNINGSFÖRHÅLLANDEN	7
2.1	OMRÅDESBESKRIVNING.....	7
2.2	GEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN	9
2.3	HYDROLOGISKA FÖRHÅLLANDEN.....	9
2.4	SKYDDSOBJEKT, SKYDDSVÄRDE OCH KÄNSLIGHET	9
3	VERKSAMHETSHISTORIK.....	10
4	ÖVERGRIPANDE ÅTGÄRDSMÅL	10
5	FÖRORENINGSSITUATION OCH ÅTGÄRDSBEHOV.....	11
5.1	JORD	11
5.2	GRUNDEVATTEN.....	11
5.3	YTVATTEN	12
6	ÅTGÄRDSMETODER - METODIK.....	12
6.1	ÅTGÄRDSMETODER FÖR PFAS-FÖRORENAD JORD.....	13
6.1.1	DEPONERING PÅ MOTTAGNINGSANLÄGGNING	13
6.1.2	DEPONERING PÅ PLATS	13
6.1.3	JORDTVÄTT	14
6.2	ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT BEGRÄNSA SPRIDNING AV PFAS FRÅN JORD	14
6.2.1	INNESLUTNING/BARRIÄRTEKNIK	14
6.2.2	STABILISERING.....	15
6.3	ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT RENA PFAS-FÖRORENAT GRUNDEVATTEN	15
6.3.1	RENING MED AKTIVT KOL.....	15
6.3.2	RENING MED JONBYTARMASSA	16
6.3.3	RENING MED LUFT (SAFF)	16
6.4	ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT MINSKA SPRIDNING AV PFAS I GRUNDEVATTEN	16
6.4.1	INNESLUTNING/BARRIÄRTEKNIK	16
6.5	ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT MINSKA EXPONERINGSRISKEN FRÅN GRUNDEVATTEN	16
6.5.1	ANSLUTNING AV BERÖRDA FASTIGHETER TILL KOMMUNALT DRICKSVATTEN.	16

6.6	ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT MINSKA SPRIDNING AV PFAS I YTVATTEN	16
6.6.1	MOBILT RENINGSVERK FÖR DIKE	16
6.6.2	OMLEDNING AV DIKEN	17
7	ÅTGÄRDSMETODER - BEDÖMNING	17
7.1	ÅTGÄRDSMETODER FÖR PFAS-FÖRORENAD JORD.....	17
7.1.1	DEPONERING PÅ MOTTAGNINGSANLÄGGNING	17
7.1.2	DEPONERING PÅ PLATS	17
7.1.3	JORDTVÄTT	18
7.2	ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT BEGRÄNSA SPRIDNING AV PFAS FRÅN JORD	18
7.2.1	INNESLUTNING/BARRIÄRTEKNIK	18
7.2.2	STABILISERING.....	19
7.3	ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT RENA PFAS-FÖRORENAT GRUNDVATTEN	19
7.4	ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT MINSKA SPRIDNING AV PFAS I GRUNDVATTEN	20
7.4.1	INNESLUTNING/BARRIÄRTEKNIK	20
7.5	ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT MINSKA EXPONERINGSRISKEN FRÅN GRUNDVATTEN	20
7.5.1	ANSLUTNING AV BERÖRDA FASTIGHETER TILL KOMMUNALT DRICKSVATTEN.	20
7.6	ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT MINSKA SPRIDNING AV PFAS I YTVATTEN	21
7.6.1	MOBILT RENINGSVERK FÖR DIKE	21
7.6.2	OMLEDNING AV DIKEN	21
8	MÄNGDUPPSKATTNINGAR	22
8.1	JORDMASSOR	22
8.2	MÄNGD PFAS I JORD.....	22
9	KOSTNADSUPPSKATTNINGAR	23
9.1	KOSTNADER FÖR ÅTGÄRDSMETODER FÖR PFAS-FÖRORENAD JORD	23
9.1.1	DEPONERING PÅ MOTTAGNINGSANLÄGGNING	23
9.1.2	JORDTVÄTT	24
9.2	KOSTNADER FÖR ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT BEGRÄNSA SPRIDNING AV PFAS.....	24
9.2.1	STABILISERING.....	24
9.3	KOSTNADER FÖR ÅTGÄRDSMETODER FÖR PFAS-FÖRORENAT GRUNDVATTEN	24

9.4	KOSTNADER FÖR ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT MINSKA SPRIDNING AV PFAS FRÅN GRUNDVATTEN.....	25
9.4.1	INNESLUTNING/BARRIÄRTEKNIK	25
10	PÅGÅENDE PILOTPROJEKT.....	25
11	OSÄKERHETER OCH REKOMMENDATIONER	26
11.1	OSÄKERHETER.....	26
11.1.1	ÄNDRING AV RIKTVÄRDEN.....	26
11.1.2	ÅTGÄRDSMETODER FÖR PFAS.....	26
11.1.3	KOSTNADER FÖR ÅTGÄRDER FÖR PFAS.....	26
11.2	RESTRIKTIONER.....	27
11.3	FORTSATTA ARBETEN.....	27
12	REFERENSER.....	28

Bilagor

Bilaga 1	Planritning med uppskattade föroreningsområden för jord
Bilaga 2	Uppskattade mängder och kostnader

1 BAKGRUND

Skövde flygplats i Locketorp är under avveckling och arbeten med att ta fram en ny detaljplan för området pågår. Den största delen av planområdet ägs av Skövde kommun och hör huvudsakligen till fastighet Locketorp-Törsatorp 1:14. Detaljplanen syftar till att möjliggöra etablering av en större industriverksamhet, vilket medför en ändring av befintlig detaljplan som tillåter flygverksamhet.

Miljötekniska markundersökningar har utfört mellan 2019 och 2022, vilka visar att delar av området är påverkat av PFAS, högfluorerade ämnen.

1.1 UPPDRAG OCH SYFTE

Tyréns Sverige AB har fått i uppdrag av Skövde kommun att utföra en åtgärdsutredning för att utreda riskreducerande åtgärder inför exploatering.

Syftet med åtgärdsutredningen är att ta fram lämpliga åtgärdsalternativ för att reducera miljö- och hälsorisker inom området samt minska spridningen av PFAS ut från området.

Åtgärdsutredningen redovisas i föreliggande rapport.

1.2 AVGRÄNSNINGAR

Åtgärdsutredningen baseras på resultat från tidigare provtagningar av jord, grundvatten och ytvatten. Då det enbart är PFAS som påträffats i halter över aktuella riktvärden så utgår åtgärdsutredningen enbart från PFAS-föreningen. Provtagning under befintliga byggnader har inte utförts.

1.3 ORGANISATION

Linda Kjerfve har varit kontaktperson på Skövde kommun.

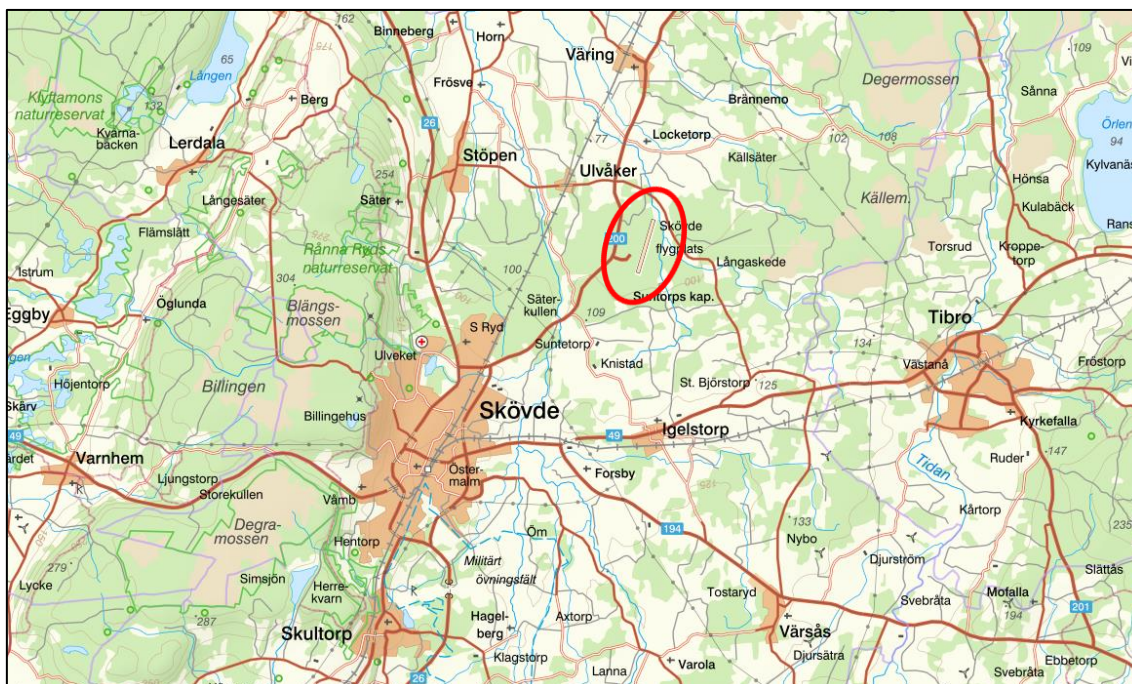
Uppdragsansvarig för Tyréns Sverige AB har varit Hilda Dahlin Joklint. Teknikansvarig för miljöteknik har varit Cecilia Mellander. Handläggare för miljöteknik har varit Cecilia Mellander. Kvalitetsgranskare för miljöteknik har varit Kristin Elgh Dalgren.

2 OMGIVNINGSFÖRHÅLLANDEN

2.1 OMRÅDESBESKRIVNING

Planområdet är beläget ca 8 km nordost om Skövde. Inom området finns idag en flygplats, en motorbana samt en halkbana för övningskörning. Planområdet är ca 2,8 km² stort.

Lokaliseringen av aktuellt område visas i Figur 1 och en närmare översikt visas i Figur 2.



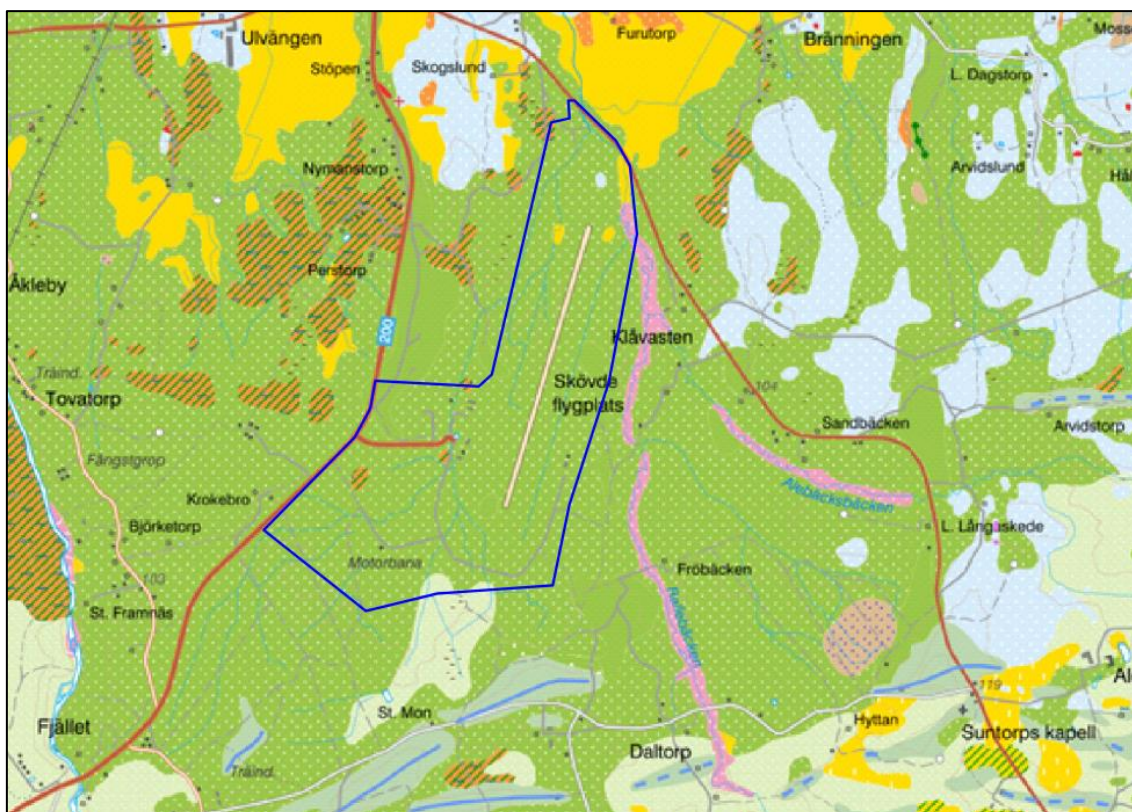
Figur 1. Lokalisering av undersökningsområdet, markerat med rött (Sveriges länskarta, 2021-10-29).



Figur 2. Översikt över undersökningsområdet, markerat med rött (©Eniro.se, 2021-10-29).

2.2 GEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

Enligt Sveriges geologiska undersökning (SGU, 2021) utgörs ytliga, naturliga jordlager inom området främst av isälvsediment (klargrön färg i Figur 3). Söder om planområdet finns ett område med glacial grovsilt/finsand (ljusgrön färg). Längs med Rallebäcken öster om flygplatsen finns svämsediment bestående av sand (rosa färg). Det finns även mindre områden med glacial lera (gul färg) och flygsand underlagrad av glacial grovsilt-finsand (orange färg med blå streck). Jorddjupet inom området uppskattas till mellan 10 och 20 meter.



Figur 3. Jordarter inom området (SGU, 2021). Undersökningsområdet markerat med blått.

2.3 HYDROLOGISKA FÖRHÅLLANDEN

Inom aktuellt område finns ett flertal diken för avvattnings av området. Flödesriktningen är i samtliga fall norrut och alla diken inom området ansluter norr om undersökningsområdet med Klämmabäcken som efter ca 9 km når fågelskyddssjön Östen.

Utifrån tidigare provtagningar (Tyréns, 2022 och Sweco, 2019) bedöms den lokala grundvattenriktningen inom området vara mot norr. Detta stämmer överens med ytvattnets strömningsriktning.

2.4 SKYDDSOBJEKT, SKYDDSVÄRDE OCH KÄNSLIGHET

Området är idag en flygplats och kommer även i framtiden att vara ett industriområde. Utifrån detta bedöms ingen förändring i markanvändning vara aktuell inom området. Markanvändningen inom området bedöms motsvara Naturvårdsverkets MKM, mindre känslig markanvändning (Naturvårdsverket, 2009).

De människor som kan komma att exponeras för föroreningar inom fastigheten är arbetande och tillfälligt besökande. Personal som arbetar inom berört område kan exponeras för eventuellt ytligt förekommande förorening på daglig basis (under arbetstid). Djupare belägen förorening kan innebära risk för exponering vid enstaka tillfällen, exempelvis vid markarbeten.

Inget dricksvattenuttag görs från planområdet, utan området är anslutet till kommunalt VA-nät. Enligt Sveriges geologiska undersökning (SGU, 2021) finns det flera potentiella dricksvattenbrunnar inom 1 km från undersökningsområdet. Den närmsta vattenbrunnen finns ca 500 meter öster om flygplatsen. I grundvattnets flödesriktning ligger närmsta brunn för dricksvattenuttag ca 600 meter från fastighetsgränsen.

Sjön Östen är belägen ca 9 km nordväst om flygplatsen. Sjön är en av landets mest värdefulla fågelsjöar och därför en skyddad vattenförekomst via fågeldirektivet. De diken som finns inom undersökningsområdet samt de bäckar som passerar området leder till Klämmabäcken som därefter leder till Östen.

3 VERKSAMHETSHISTORIK

Flygplatsverksamhet har bedrivits inom området sedan 1989. Flygbild från ca 1975 visar att området då bestod av orörd skogsmark (Lantmäteriet, 2021). Ingen annan verksamhet än befintlig ska ha funnits inom området enligt Skövde kommun.

Inom område för terminalbyggnader och hangarer har förvaring av brandskum skett i en av de södra byggnaderna.

Söder om terminalbyggnaden finns en yta där övning av brandsläckning tidigare har utförts. PFAS-innehållande skum har enligt uppgift använts inom brandövningsplatsen mellan åren 1992 och 2000. Ytan inom området är inte hårdgjord. Innan brandövningsplatsen fanns användes planen utanför (öster om) terminalbyggnaderna för släckningsövningar med brandskum.

1992 skedde en olycka med ett flygplan på landningsbanan som ledde till att i stort sett hela banan (ca 50 000 m²) behandlades med brandskum. Totalt användes 120 000 liter 3% koncentrerat skum.

Inom aktuellt utredningsområde finns två objekt i Länsstyrelsens EBH-databas för förorenade områden. De två objekten är flygplatsen (Id 162825) och motorbanan (Id 162833). Inget av objekten är riskklassat enligt MIFO-metodiken, utan endast identifierat. För att underlätta vid prioriteringen av potentiellt PFAS-förorenade platser har SGU tillsammans med Naturvårdsverket tagit fram en riskbedömningsmetod där risken för en eventuell påverkan på omkringliggande skyddsobjekt kvantifieras (SGU, 2020). Med detta angreppssätt ges Skövde flygplats en riskklass 3, vilket innebär att påverkan ej kan uteslutas och att osäkerheten är stor.

4 ÖVERGRIPANDE ÅTGÄRDSMÅL

Åtgärds mål anger vilken användning eller funktion ett område ska kunna ha efter en eventuell åtgärd eller vilken påverkan som kan accepteras i omgivningen. De övergripande åtgärds målen ska beskriva vad området ska kunna användas till och vad som ska skyddas vid nuvarande markanvändning och i framtiden. För aktuellt område föreslås nedanstående övergripande åtgärds mål.

- Området ska kunna användas för industriändamål utan risk för människors hälsa eller miljön
- Det ska vara möjligt att vistas inom området under arbetstid, både utom- och inomhus, utan risk för människors hälsa
- Det ska vara möjligt att utföra markarbeten inom området utan oacceptabel risk för människors hälsa eller miljön
- Skyddet av markmiljön ska säkerställa att den markfunktion som krävs för planerad markanvändning kan upprätthållas
- Föroreningarna inom området ska inte förhindra att grundvatten nedströms området ska kunna användas för dricksvattenkonsumtion eller bevattning
- Spridning av föroreningar ska inte ske i en omfattning som medför en oacceptabel påverkan på ytvattenrecipient utanför området

- Spridning av föroreningar ska inte ske i en omfattning som medför en oacceptabel påverkan på sjön Östen som fågellokal
- Fiske ska vara möjligt i sjön Östen utan risk för människors hälsa vid intag av fisk

5 FÖRORENINGSSITUATION OCH ÅTGÄRDSBEHOV

Miljötekniska markundersökningar som utförts inom området visar på höga halter av PFAS i jord, grundvatten och ytvatten (Tyréns, 2022). PFAS i jord har påträffats inom två delområden, dels vid den tidigare brandövningsplatsen och dels vid terminalbyggnaderna. Höga halter av PFAS i grundvattnet har påträffats inom samma två delområden som för jorden. Även ytvattnet i diken inom området är påverkat av PFAS som härstammar från verksamheten inom flygplatsen.

5.1 JORD

Med oförändrad markanvändning (MKM) utgör de halter som påträffats i jorden inte någon direkt hälsorisk för människor. Risker kan dock uppstå vid schaktarbeten inom områden med förhöjda halter av PFAS då exponeringen ökar och förorenade massor syresätts. Dessa risker bedöms dock som små, eftersom grävarbeten är av tillfällig karaktär och exponeringen därför bara blir tillfällig. Uppmätta halter utgör inte någon risk för markmiljön. För de fyra första åtgärds målen, avseende mänsklig exponering och hälsa samt markmiljön krävs således inga större åtgärder av jorden. Vid en exploatering eller andra markarbeten bör dock försiktighets- eller efterbehandlingsåtgärder utföras för att inte riskerna ska öka.

Då grundvatten alltid är en skyddsvärd resurs, finns ett inbyggt skydd för grundvatten i Naturvårdsverkets generella scenarier avseende markanvändning och föroreningar i jord. För scenariot MKM, där inget dricksvattenuttag sker på platsen, finns ett skydd av grundvatten 200 m nedströms. De halter som uppmätts i jorden inom området överskrider gränsen för skydd av grundvatten 200 m nedströms. På samma sätt ingår ett skydd av spridning till ytvatten, och även denna halt överskrider i jorden inom området. Så länge PFAS-föroreningarna i jorden ligger kvar finns alltså fortsatt en risk för spridning till grund- och ytvatten. Att ta bort källan och/eller minska läckaget från denna skulle därför vara gynnsamt för att minska föroreningsspridningen.

5.2 GRUNDVATTEN

Eftersom inget dricksvattenuttag sker från platsen, finns ingen direkt hälsorisk med påträffade halter inom fastigheten, däremot finns risk att föroreningen sprider sig i grundvattnet.

Grundvattenströmningen är riktad norrut. Boende norr om flygplatsområdet skulle därför kunna riskera att exponeras för PFAS-förorening genom grundvattenintag från dricksvattenbrunnar om spridning sker så långt. Uppmätta halter i det mest nordliga grundvattenröret understiger laboratoriets rapporteringsgräns. Detta rör är satt ytligt i det övre grundvattenmagasinet. Däremot har halter detekterats i ett djupare grundvattenrör i den norra delen av undersökningsområdet. Filtret i detta rör är satt i friktionsmaterialet mot berg på djupet 13 meter under markytan. Uppmätt halt är under SGI:s rekommenderade gränsvärde för grundvatten (0,045 µg/l), men eftersom förekomsten inte är avgränsad norrut går det inte att utesluta att spridning av PFAS sker ut från området i det undre grundvattenmagasinet.

Provtagningar av dricksvatten har påvisat detekterade PFAS-halter i två brunnar ca 800 norr om flygplatsen (Sweco, 2019). Eftersom ett hus på en av dessa fastigheter brann ner 1997 är det svårt att säkerställa källan till uppmätta PFAS-halter. Det saknas uppgifter om ifall släckskum användes vid branden eller inte. Provtagning från två andra dricksvattenbrunnar mer norrut visade inga halter över laboratoriets rapporteringsgräns.

Eventuella åtgärdsbehov för grundvattnet är svåra att uppskatta i nuläget då spridningen i det undre grundvattenmagasinet inte är avgränsad. För att utreda detta vidare kan kompletterande undersökningar och modelleringar utföras. Detta kan eventuellt behöva göras i ett senare skede om det bedöms som lämpligt vid planering av åtgärder.

5.3 YTVATTEN

Utförda provtagningar har visat att spridning av PFAS ifrån området sker i ytvatten, främst i de diken som rinner från brandövningsplatsen, väster om terminalområdet och som sedan mynnar i Klämmabäcken norr om flygplatsen. Halterna i ytvattnet längst norrut är förhållandevis låga men ligger ändå över aktuellt jämförvärde, vilket ligger till grund för miljökvalitetsnormen (MKN). För att nå MKN för PFOS i ytvattnet krävs åtgärder då halter nästan 50 gånger MKN har uppmätts inom området och en halt mer än fem gånger MKN har uppmätts i ytvattnet längst norrut vid fastighetsgränsen. Halter över MKN har även påträffats i Klämmabäcken ca 1 km norr om undersökningsområdet vid tidigare undersökningar (Sweco, 2019).

PFAS i ytvattnet påverkar sannolikt inte dricksvattenbrunnar i närområdet, men skulle kunna utgöra en risk vid exempelvis fiske i närliggande vattendrag och utgöra en miljörisk för fågelskyddsområdet i sjön Östen. Då det finns en stor källa av förorening inom området, skulle även detta förhållandevis lilla läckage på sikt kunna utgöra ett problem i ytvatten nedströms.

6 ÅTGÄRDSMETODER - METODIK

Då det finns ett åtgärdsbehov inom området för att reducera spridningsrisker av PFAS har en genomgång av lämpliga åtgärdsmetoder gjorts nedan. PFAS starka bindningar gör att det generellt sett är mycket mer komplicerat att utföra efterbehandling av PFAS-föroreningar jämfört med många andra föroreningar. De metoder som kan tillämpas är förenade med ett flertal osäkerheter såsom effekterna av åtgärderna, små erfarenheter av utformning och utförande, höga kostnader och långa behandlingstider (Naturvårdsverket, 2019). Det kan även vara svårt att hitta en enskild åtgärdsmetod som är lämplig för ett område då olika PFAS kan ha varierande egenskaper.

Det finns efterbehandlingsmetoder för PFAS i jord, men dessa är fortfarande under utveckling. Den dominerande reningsmetoden för att rena grundvatten från PFAS är idag pumpning följt av behandling med exempelvis aktivt kol, jonbytarmassa eller någon annan form av filtrering. Att rena vattnet är ett sätt att förhindra fortsatt spridning av PFAS. Pumpning innebär dock att åtgärden måste genomföras under mycket lång tid.

De åtgärdsmetoder som bedöms kunna vara aktuella för behandling inom området är följande.

- Åtgärdsmetoder för PFAS-förorenad jord
- Schaktning följt av deponering på mottagningsanläggning
- Schaktning följt av deponering på plats
- Jordtvätt

- Åtgärdsmetoder för att begränsa spridning av PFAS från jord
- Inneslutning/Barriärteknik
- Stabilisering

- Åtgärdsmetoder för att rena PFAS-förorenat grundvatten
- Pumpning och rening med aktivt kol
- Pumpning och rening med jonbytarmassa
- Pumpning och rening med luft (SAFF)

- Åtgärdsmetoder för att minska spridning av PFAS i grundvatten
- Inneslutning/Barriärteknik

- Åtgärdsmetoder för att minska spridning av PFAS i ytvatten
- Mobilt reningsverk för dike
- Omledning av diken

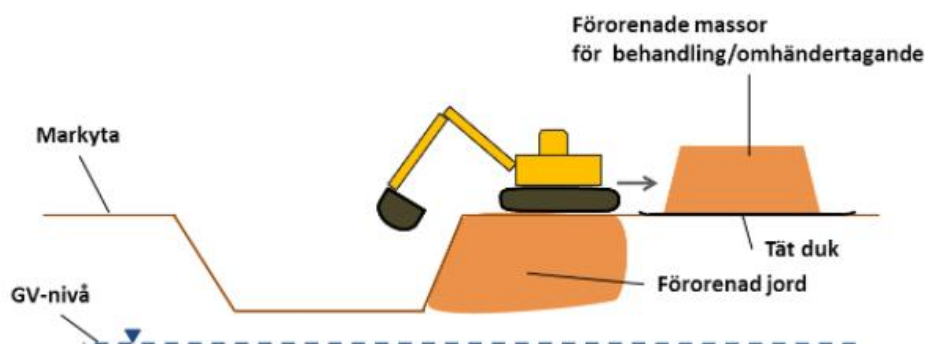
- Åtgärdsmetoder för att minska exponeringsrisken för människor från förorenat grundvatten
- Anslutning av berörda fastigheter till kommunalt dricksvatten

De olika åtgärdsmetoderna beskrivs i kommande avsnitt i detta kapitel.

6.1 ÅTGÄRDSMETODER FÖR PFAS-FÖRORENAD JORD

6.1.1 DEPONERING PÅ MOTTAGNINGSANLÄGGNING

Det vanligaste åtgärdsalternativet vid sanering av förorenad jord är schaktning följt av transport av de uppschaktade massorna till en godkänd mottagningsanläggning, Figur 4. På anläggningen kan massorna antingen deponeras eller efterbehandlas. Eftersom många deponier fått hårdare krav på sig avseende sina utsläpp av PFAS, har det på senare tid blivit alltmer vanligt att deponier inte tar emot massor med högt innehåll av PFAS. Det är alltså möjligt att massorna behöver transporteras längre bort än vad andra förorenade massor kräver och i vissa fall har även förbränning av PFAS-förorenade massor krävts, eftersom inga mottagningsanläggningar haft möjlighet att ta emot dessa.



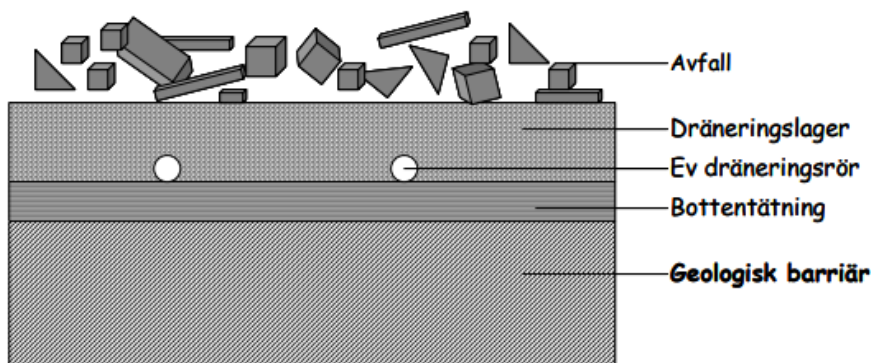
Figur 4. Illustration av åtgärdsmetoden schaktning med deponering på mottagningsanläggning (SGF, 2022).

6.1.2 DEPONERING PÅ PLATS

Ett alternativ till deponering på mottagningsanläggning kan vara att deponera uppschaktade massor inom fastigheten. För att göra detta krävs anläggande av en lokal deponi för att inte en ökad spridning av PFAS ska uppstå.

En deponi består nederst av ett tätskikt, vanligtvis av lera och/eller en tjock plastduk. Ovanpå detta finns ett dräneringsskikt för avledning av lakvatten till exempelvis en lakvattendamm. Ovanpå dräneringsskiktet läggs massorna som ska deponeras. I detta fall skulle lakvattnet kunna ledas till en reningsanläggning på samma sätt som beskrivs för grundvattnet under avsnitt 6.3. En principutformning av bottenkonstruktionen för en deponi visas i Figur 5.

För att anlägga en lokal deponi inom området krävs tillstånd enligt 9 kap. miljöbalken.



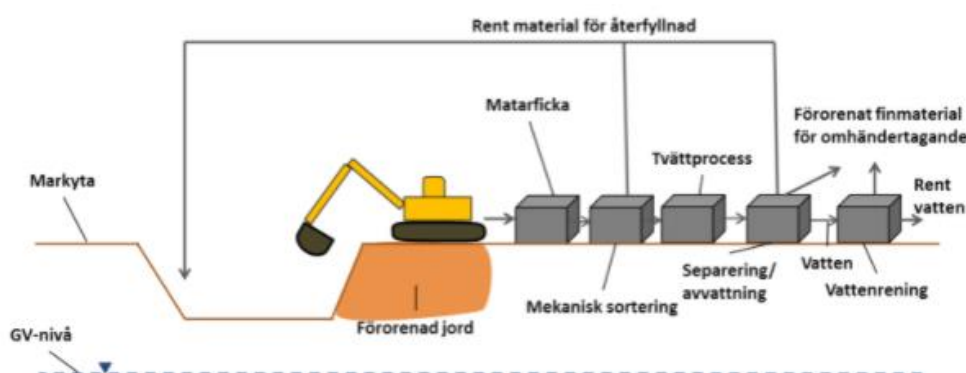
Figur 5. Principutformning av bottenkonstruktion för deponi (Naturvårdsverket, 2004).

6.1.3 JORDTVÄTT

Ett tredje alternativ som innefattar schaktning är jordtvätt av uppschaktade massor, Figur 6. Vid jordtvätt överförs föroreningarna från jorden till tvättvatskan. Denna vätska behöver renas med avseende på PFAS innan den släpps ut till exempelvis en recipient. Den tvättade jorden kan efter åtgärden återanvändas. Kapaciteten för en mobil jordtvätt ligger på ca 10-20 ton per timme.

Praktiska erfarenheter från jordtvätt av PFAS-förorenad jord och vilken reningsgrad som kan uppnås är begränsad. Lösligheten varierar kraftigt mellan olika PFAS och det är därför troligt att effektiviteten vid en jordtvätt kommer att variera mellan olika föroreningar. (Naturvårdsverket, 2019)

Metoden är inte lämplig för leriga eller siltiga massor, inte heller för massor med högt innehåll av organiskt material.

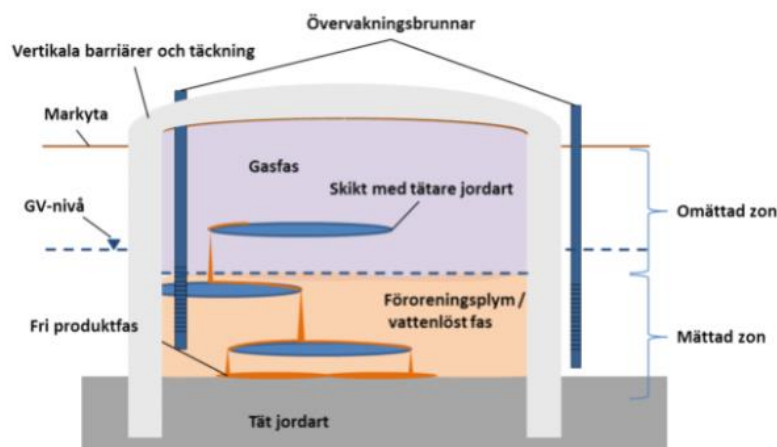


Figur 6. Illustration av åtgärdsmetoden jordtvätt (SGF, 2022).

6.2 ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT BEGRÄNSA SPRIDNING AV PFAS FRÅN JORD

6.2.1 INNESLUTNING/BARRIÄRTEKNIK

Denna metod innebär installation av vertikala och/eller horisontella barriärer av lågpermeabla material med hög mekanisk och kemisk beständighet, Figur 7. Installationen görs i syfte att förhindra att dag- och grundvatten tränger in till de förorenade jordmassorna och på detta sätt sprider förorening. En vertikal barriär kan anläggas som en spont, med syfte att grundvattenflödet ska passera vid sidan av den förorenade jorden. Detta gör att utlakningen och spridningen av föroreningen till omgivande grundvatten minskar. En horisontell barriär kan anläggas som ett lock ovanpå den förorenade jorden, med syftet att reducera infiltrationen av nederbörd till föroreningen. (Naturvårdsverket, 2019)



Figur 7. Illustration av åtgärdsmetoden inneslutning (SGF, 2022).

6.2.2 STABILISERING

Vid stabilisering används exempelvis tillsats av ett ämne som kemiskt reagerar med PFAS-föroreningen, vilket resulterar i en ny förening med lägre lakbarhet än den ursprungliga föroreningen. Föroreningen finns därmed kvar i marken, men spridningen med grundvattnet reduceras. Denna metod kan tillämpas in situ, men även på urschaktade massor. För stabilisering av PFAS-förorenade massor finns det idag kommersiellt tillgängliga metoder, dock saknas det i många fall tillämpning i full skala och metodutveckling pågår fortfarande. (Naturvårdsverket, 2019)

Det finns även stabiliseringsmetoder som använder ett behandlingsmedel i pulverform som binder till PFAS-föroreningarna och hindrar dem från att lakas till grundvattnet. Den förorenade jorden schaktas först upp och pulvret blandas med massorna innan de kan läggas tillbaka i marken, på annan plats inom området alternativt transporteras till deponi som inerta massor. Andel pulver i de förorenade massorna varierar mellan en och tre procent utifrån föroreningshalten.

6.3 ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT RENA PFAS-FÖRORENAT GRUNDVATTEN

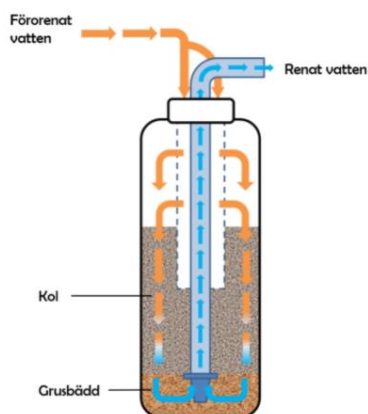
För att rena PFAS-förorenat grundvatten kan vattnet pumpas från grundvattenmagasinet till ett reningsverk. Rening kan ske genom olika metoder, exempelvis med aktivt kol eller jonbytar-massa som filter. De uttjänta filtren lämnas till mottagningsanläggning (Fortum Waste Solutions AB i Kumla) för förbränning i hög temperatur. Det finns även en ny metod för rening av vatten med hjälp av luft (SAFF).

Pumpning innebär ofta att åtgärden måste utföras under en mycket lång tid. Det är därför fördelaktigt om den förorenade marken inom området kan saneras och föroreningskällan därmed minskas. Hur lång tid en behandling tar påverkas främst av grundvattnets beteende inom området, vilket styrs av områdets hydrogeologi. För att utreda dessa förhållanden kan en grundvattenmodell tas fram som beskriver exempelvis volymen grundvatten som behöver hanteras och vilket flöde som kan uppnås utan att sänka grundvattenytan för mycket.

Flödet för pumpning vid en storskalig reningsanläggning kan vara mycket stort, upp till 25 liter per sekund (2000 m³/dygn) under många år (ofta decennier). Detta innebär med största sannolikhet en sänkning av grundvattenytan, vilket räknas som vattenverksamhet. För att få utföra dessa åtgärder krävs därför en anmälan till Länsstyrelsen för bedömning om planerade åtgärder är anmälnings- eller tillståndspliktiga enligt 11 kap 9 § miljöbalken. Anmälan hanteras av Länsstyrelsen. Tillståndsansökan hanteras av Mark- och miljödomstolen.

6.3.1 RENING MED AKTIVT KOL

Vid kolfilterrening används filter bestående av granulärt aktivt kol. Metoden har ingen selektivitet, vilket innebär att allt organiskt material avskiljs. En fördel med metoden är att den är robust och har hög reningsgrad. Reningsgraden kan dock variera mellan olika PFAS, reningen fungerar sämre för föreningar med kortare kolkedjor. (Naturvårdsverket, 2019)



Figur 8. Illustration av kolfilterrening (SGF, 2022).

6.3.2 RENING MED JONBYTARMASSA

Den syntetiska jonbytarmassan som används för PFAS-rening består i huvudsak av adsorbenter med jonbytarfunktion. Den hydrofoba kolfluorsvansen i en typisk PFAS-molekyl adsorberar till jonbytarmassans hydrofoba ryggrad och tvärbindingar, och PFAS-molekylens negativt laddade huvud attraheras till massans positivt laddade jonbytarpunkt. Den PFAS-mättade jonbytarmassan kan även regenereras på plats och återanvändas, vilket minskar avfallshanteringen. (ECT2, 2022)

6.3.3 RENING MED LUFT (SAFF)

En ny teknik för rening av PFAS-förorenat vatten är SAFF, vilket står för Surface Active Foam fraction. Metoden innebär rening med hjälp av luft och använder inget filtermaterial. SAFF-processen utnyttjar PFAS-föroreningars fysiokemiska benägenhet att fästa vid fina luftbubblor. Vid tillsats av bubblor och genom att låta dem stiga i en smal vattenpelare, samlar bubblorna upp PFAS-föroreningar som är löst bundna till vattenmolekylerna. Det uppsamlade PFAS-koncentratet leds vidare till fler fraktioneringssteg för att koncentreras ytterligare och den lilla mängd som blir kvar kan förbrännas. (Envytech, 2022)

6.4 ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT MINSKA SPRIDNING AV PFAS I GRUNDVATTEN

6.4.1 INNESLUTNING/BARRIÄRTEKNIK

En annan typ av åtgärd för grundvatten är åtgärder som innebär minskning av spridning av PFAS-förorenat grundvatten. Detta kan göras på olika sätt, till exempel genom inneslutning/barriärteknik på liknande sätt som för jord. Denna metod innebär installation av vertikala och/eller horisontella barriärer. Inneslutning används normalt för att begränsa eller förhindra spridningen från en källzon, men vertikala barriärer kan även anläggas för att behandla en föroreningsplym. (Naturvårdsverket, 2019)

Inneslutning innebär alltså i detta fall en in situ-behandling för att förhindra spridning från en föroreningsplym i grundvattnet. Ingen grundvattenpumpning krävs därmed för denna metod. Injektion kan utföras med aktivt kol i flytande form (PlumeStop) som en barriär i den mättade zonen för att minska spridning av PFAS-föroreningar. Injektionen utförs med hjälp av en borrhög med ett visst avstånd mellan injektionspunkterna (ca 2,5-6 meter).

6.5 ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT MINSKA EXPONERINGSRISKEN FRÅN GRUNDVATTEN

6.5.1 ANSLUTNING AV BERÖRDA FASTIGHETER TILL KOMMUNALT DRICKSVATTEN.

Den största identifierade risken med föroreningsförekomsten vid Locketorp är risken för människor som tar sitt dricksvatten ifrån området nedströms. Det finns ingen storskalig dricksvattenproduktion eller större grundvattenförekomster nedströms, utan risken finns hos enskilda hus som har egen dricksvattenbrunn. Inom fastigheten har grundvattnet lågt skyddsvärde eftersom området även fortsatt ska ha MKM som markanvändning och inget dricksvattenuttag ska ske.

I dagsläget har enbart låga halter av förorening påträffats hos enskilda hus. Någon mer heltäckande undersökning hos samtliga närboende har dock inte utförts. För att minska risken för exponering för närboende, kan därför anslutning av samtliga berörda hushåll nedströms fastigheten till kommunalt vatten, vara ett åtgärdsalternativ.

6.6 ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT MINSKA SPRIDNING AV PFAS I YTVATTEN

6.6.1 MOBILT RENINGSVERK FÖR DIKE

För att rena det PFAS-förorenade ytvattnet skulle en metod kunna vara installation av en pumpbrunn i diket med avledning av vattnet till en reningsanläggning på samma sätt som för grundvatten (se avsnitt 6.3).

Installationen skulle kunna placeras på olika platser inom området, till exempel precis norr om brandövningsplatsen där PFAS-halterna i ytvattnet är som högst eller i början av Klämmabäcken norr om flygplatsen för att minska spridningen ut från området.

6.6.2 OMLEDNING AV DIKEN

En annan metod för att minska spridningen av PFAS i ytvatten skulle kunna vara omledning av diken inom området för att förhindra att ytvattnet kommer i kontakt med PFAS-förorenade jordmassor och grundvatten. De diken som omger brandövningsplatsen utgör en stor spridningsväg för de PFAS-föroreningar som finns i ytvattnet nedströms detta område. För att förhindra spridning i ytvattnet från brandövningsplatsen skulle dessa diken kunna fyllas med exempelvis lera och nya diken grävas på en mer lämplig plats.

7 ÅTGÄRDSMETODER - BEDÖMNING

I följande avsnitt beskrivs åtgärdsmetoderna utifrån måluppfyllelse samt teknisk genomförbarhet. Fördelar och nackdelar med respektive metod redovisas.

7.1 ÅTGÄRDSMETODER FÖR PFAS-FÖRORENAD JORD

7.1.1 DEPONERING PÅ MOTTAGNINGSANLÄGGNING

Genom bortschaktning av förorenade massor flyttas den förorenade jorden till annan plats, vilket resulterar i reducering av risker för hälsa, miljö och spridning inom aktuellt schaktområde.

Fördelar med deponering på mottagningsanläggning

- Om de jordmassor som innehåller halter över riktvärdet för MKM schaktas bort bedöms riskerna för människors hälsa och miljön inom området som acceptabla. Exploatering av området enligt planerad markanvändning samt eventuella mindre markarbeten bedöms kunna utföras i den efterbehandlade marken utan restriktioner.
- Huvuddelen av källorna till förorening tas bort och spridningen av PFAS från dessa massor minskar därmed.
- Schaktning av förorenade massor är en snabb metod som tar bort alla PFAS-föroreningar i den jord som schaktas bort.

Nackdelar med deponering på mottagningsanläggning

- Stor resursförbrukning och koldioxidutsläpp från transporter, både av förorenade massor och rena massor för återfyllnad.
- De PFAS-förorenade massorna flyttas endast till annan plats, de finns fortfarande kvar i vår miljö.
- Kunskap om vad som händer vid schaktning av PFAS-förorenad jord är begränsad och en möjlig risk är att spridning av föroreningar ökar när jorden rörs om och syresätts.
- Lagstiftningen kring mottagning av PFAS-förorenad jord är osäker och kan ändras fort. Det finns mycket få mottagningsanläggningar som tar emot PFAS-förorenad jord då reningen av lakvattnet sällan är anpassad för PFAS.

7.1.2 DEPONERING PÅ PLATS

Vid anläggning av en lokal deponi inom området schaktas de förorenade massorna bort från de områden som idag är förorenade, vilket innebär minskade risker för hälsa, miljö och spridning inom dessa områden. Massorna flyttas dock till en annan plats inom området och det krävs en lämplig plats för detta. Det krävs även markarbeten samt någon form av reningsanläggning för lakvattnet.

Fördelar med deponering på plats

- Om de jordmassor som innehåller halter över riktvärdet för MKM schaktas bort bedöms riskerna för människors hälsa och miljön inom området som acceptabla. Exploatering av området enligt planerad markanvändning samt eventuella mindre markarbeten bedöms kunna utföras i den efterbehandlade marken utan restriktioner.
- En fördel med deponering på plats jämfört med deponering på mottagningsanläggning är att deponin som anläggs kan anpassas för de föroreningar som finns inom området.
- Metoden innebär minskade transporter i jämförelse med deponering på mottagningsanläggning.

- Källorna till förorening flyttas och spridningen av PFAS från dessa massor minskar därmed.

Nackdelar med deponering på plats

- Resursförbrukning och koldioxidutsläpp från markarbeten samt transporter av rena massor för återfyllnad.
- Kunskap om vad som händer vid schaktning av PFAS-förorenad jord är begränsad och en möjlig risk är att spridning av föroreningar ökar när jorden rörs om och syresätts.
- Tillståndsprocessen för att anlägga en lokal deponi kan vara omfattande.

7.1.3 JORDTVÄTT

Det går inte att i förväg veta hur effektiv jordtvätt skulle vara för de PFAS-förorenade massorna inom området då det styrs av jordens egenskaper samt vilka PFAS som finns och i vilka halter. Metoden är inte lämplig för leriga eller siltiga massor, inte heller för massor med högt innehåll av organiskt material. Enligt fältprotokoll från tidigare markundersökningar (Tyréns, 2022) består den förorenade marken (halter över MKM) inom terminalområdet av sand eller grusig sand, vilket är gynnsamt för jordtvätt. I en punkt finns organiskt material i ytan, men totalt organiskt kol (TOC) har inte analyserats i detta prov. Information om markens sammansättning inom brandövningsplatsen saknas då fältprotokoll inte finns med i Swecos undersökningsrapport (Sweco, 2019). För att undersöka om jordtvätt skulle vara en bra metod för området kan ett pilotförsök utföras.

Fördelar med jordtvätt

- Om jordtvätten fungerar väl för de jordmassor som innehåller halter över riktvärdet för MKM bedöms riskerna för människors hälsa och miljön inom området som acceptabla. Exploatering av området enligt planerad markanvändning samt eventuella mindre markarbeten bedöms kunna utföras i den efterbehandlade marken utan restriktioner.
- Mobil jordtvätt på plats innebär minskade transporter i jämförelse med deponering på mottagningsanläggning. Vid återanvändning av de rena massorna inom området krävs inte heller några transporter (eller färre) av massor för återfyllnad.

Nackdelar med jordtvätt

- Osäkert resultat då metoden inte är väl beprövad i dagsläget.
- Metoden är inte lämplig för alla typer av massor.
- Kunskap om vad som händer vid schaktning av PFAS-förorenad jord är begränsad och en möjlig risk är att spridning av föroreningar ökar när jorden rörs om och syresätts.
- Kompletterande markundersökningar med exempelvis siktcurvor behöver utföras som ett första steg, för att utreda förutsättningarna för jordtvätt. Därefter behöver ett pilotförsök utföras för att slutligt avgöra om metoden är lämplig.

7.2 ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT BEGRÄNSA SPRIDNING AV PFAS FRÅN JORD

7.2.1 INNESLUTNING/BARRIÄRTEKNIK

Installation av vertikala och/eller horisontella barriärer för inneslutning av PFAS-föroreningarna i jorden innebär att de förorenade massorna finns kvar i marken inom området, vilket påverkar en eventuell exploatering av berörda områden. Eftersom föroreningen finns i den ytliga jorden skulle inneslutning behöva göras vertikalt och/eller ovanpå nuvarande markyta.

Måluppfyllelsen för inneslutning av föroreningar i den omättade zonen är osäker då PFAS-föroreningarna finns kvar i jorden och spridning kan ske i den mättade zonen. Inneslutning i den mättade zonen för att minska spridning av PFAS från grundvatten bedöms istället som ett bättre alternativ, se avsnitt 7.4.1.

7.2.2 STABILISERING

Stabilisering skulle eventuellt kunna utföras in situ, men metoden bedöms vara som mest effektiv då PFAS-förorenade massor schaktas upp och behandlingsmedlet blandas med massorna. Behandlingsmedlet binder till PFAS-föroreningarna och hindrar dem från att lakas ut från jorden till grundvattnet, vilket vid ett lyckat resultat innebär minskade risker för hälsa, miljö och spridning.

De stabiliserade jordmassorna kan läggas tillbaka på samma plats i marken, på annan plats inom området alternativt transporteras till deponi som inerta massor. Resursförbrukningen blir som minst om massorna läggs tillbaka på samma plats och klart större om de transporteras till deponi.

För att undersöka om denna metod skulle kunna vara ett bra alternativ för området utifrån den aktuella platsens förutsättningar kan stabiliseringsförsök med PFAS-förorenad jord från området utföras på laboratorium.

Fördelar med stabilisering av massor

- Om metoden fungerar väl och de jordmassor som innehåller halter över riktvärdet för MKM stabiliseras bedöms riskerna för människors hälsa och miljön inom området som acceptabla. Exploatering av området enligt planerad markanvändning samt eventuella mindre markarbeten bedöms kunna utföras i den efterbehandlade jorden utan restriktioner.
- Källorna till förorening stabiliseras och spridningen av PFAS från dessa massor minskar därmed.
- Stabiliserade massor kan användas för återfyllnad, vilket innebär att massorna inte behöver transporteras bort från området. I jämförelse med deponering på mottagningsanläggning innebär detta mindre resursförbrukning och koldioxidutsläpp från transporter, både av förorenade massor och rena massor för återfyllnad.

Nackdelar med stabilisering av massor

- Osäkert resultat då metoden inte är väl beprövad i dagsläget. För att undersöka om stabilisering skulle vara en bra metod för området kan stabiliseringsförsök utföras på laboratorium.
- Metoden innebär schaktning av massor. Kunskap om vad som händer vid schaktning av PFAS-förorenad jord är begränsad och en möjlig risk är att spridning av föroreningar ökar när jorden rörs om och syresätts.
- Den långsiktiga hållbarheten hos stabiliseringsmedlet är inte helt utredd. Det kan därför bli aktuellt med kontrollprogram lång tid efteråt och eventuellt att stabiliseringsmedel behöver tillsättas flera gånger för att spridningen ska vara tillfredsställande över tid.
- Osäkerhet kvarstår rörande möjligheter att utföra markarbeten i de stabiliserade massorna ifall de återanvänds på platsen. Restriktioner kan krävas avseende markarbeten i just de områden där dessa massor kvarlämnas.

7.3 ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT RENA PFAS-FÖRORENAT GRUNDVATTEN

Reningsgraden vid pumpning av PFAS-förorenat grundvatten kan vara hög, men varierar bland annat mellan olika PFAS samt olika metoder för rening som beskrivits tidigare. För att undersöka förutsättningar för grundvattenrening på den aktuella platsen krävs pilotförsök. Detta har redan påbörjats genom att företaget ECT2 har påbörjat pilotskaleförsök med aktivt kol och jonbytar-massa i början av 2022. Om pumpning av grundvatten utförs ligger resultaten från pågående pilotprojektet till grund för vilken filtermetod som väljs. ECT2:s resultatrapport för pilotprojektet kommer att innehålla en grov dimensionering av ett fullskaligt system. Det är även möjligt att utföra rening av grundvattnet med luft (SAFF).

Fördelar med rening av grundvatten

- Om åtgärderna för grundvattnet fungerar väl minskar spridningen av PFAS-föroreningar utanför området. Vid en lyckad pumpning av grundvatten för rening kan spridning i både grundvatten och ytvatten minskas, vilket innebär att åtgärds mål för användande av vatten för dricksvattenkonsumtion, skydd av fisk och fågelskyddsområden nedströms kan uppnås.

- Det är lätt att följa reningsprocessen och om åtgärds målen inte uppnås kan till exempel extra rening genomföras.
- Relativt liten påverkan på verksamheter inom området då inga massor grävs upp. Vid pumpning av grundvatten etableras ett reningsverk som en fast installation inom området.

Nackdelar med rening av grundvatten

- Osäkerheter när det gäller resultat av åtgärderna. Det är exempelvis inte säkert att halterna i ytvattnet efter rening av grundvattnet kan hamna under MKN eller att spridningen av PFAS till det undre grundvattenmagasinet minskas.
- Om den PFAS-förorenade jorden ligger kvar i marken kan det innebära att pumpning av grundvattnet kan behöva pågå mycket länge, flera decennier eller till och med hundratals år.
- Det kan krävas förberedande utredningar, exempelvis framtagande av en grundvattenmodell för området för att med större säkerhet fastslå hur grundvattenrörelserna inom området sker och därmed de mest sannolika spridningsvägarna för PFAS. Om detta inte görs, finns risk att förorenade grundvattenflöden inte inkluderas i pumpningen och att förorenings spridningen fortsätter, trots reningsåtgärd.
- Eftersom flödet för pumpning vid en storskalig reningsanläggning inom området kan vara mycket stort under en lång tid innebär denna metod med största sannolikhet en sänkning av grundvattenytan, vilket räknas som vattenverksamhet. Tillståndsprövsprocessen för att få utföra dessa åtgärder kan vara omfattande.

7.4 ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT MINSKA SPRIDNING AV PFAS I GRUNDTVATTEN

7.4.1 INNESLUTNING/BARRIÄRTEKNIK

Injektering med aktivt kol kan utföras som en barriär i den mättade zonen för minskning av spridning från PFAS-plymen i grundvattnet. Metoden påverkar därmed inte de föroreningar som finns i jorden ovanför grundvattenytan. Metoden är lämplig att använda inom områden där det inte finns ett behov av att skydda grundvattnet på platsen, men där man vill minska spridningen av föroreningen nedströms. Rätt dimensionerad kan metoden ses som en engångsåtgärd, men det finns osäkerheter kring hur den fungerar i ett långsiktigt perspektiv då inga PFAS-föroreningar försvinner från området. Föroreningar som sprids i grundvattnet koncentreras istället i området för barriären och det skapas ett sekundärt källområde.

Fördelar med inneslutning i mättad zon

- Om metoden fungerar väl minskar spridningen av PFAS-föroreningar till grundvattnet utanför området. Vid en lyckad installation av barriärer kan spridning i både grundvatten och ytvatten minskas.
- Relativt liten påverkan på verksamheter inom området då inga massor grävs upp. Inneslutning innebär fältarbeten med injektering under en begränsad tid.

Nackdelar med inneslutning i mättad zon

- Osäkerheter när det gäller resultat av åtgärderna. Det är exempelvis inte säkert att halterna i ytvattnet efter rening av grundvattnet kan hamna under MKN eller att spridningen av PFAS till det undre grundvattenmagasinet minskas.
- Långsiktigheten för inneslutning är osäker då föroreningarna i grundvattnet koncentreras i barriären, vilket kan leda till mättnad efter en viss tid.
- För att säkerställa exakt lokalisering av barriären är det lämpligt att göra en fördjupad undersökning av hydrogeologin inom området och till exempel ta fram en grundvattenmodell, för att få bättre kunskap om grundvattenrörelserna inom området.

7.5 ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT MINSKA EXPONERINGSRISKEN FRÅN GRUNDTVATTEN

7.5.1 ANSLUTNING AV BERÖRDA FASTIGHETER TILL KOMMUNALT DRICKSVATTEN.

För att skydda de enskilda hus som har egen dricksvattenbrunn från eventuell exponering av PFAS i dricksvattnet kan berörda fastigheter nedströms området istället anslutas till kommunalt dricksvatten.

Fördelar med anslutning till kommunalt dricksvatten

- Risken för människors hälsa genom intag av dricksvatten minimeras.
- Inga markarbeten, grundvattenpumpning eller andra åtgärder inom planområdet behöver utföras om inte föroreningar bedöms utgöra en risk när det gäller andra exponeringsvägar än dricksvatten.

Nackdelar med anslutning till kommunalt dricksvatten

- Föroreningen finns kvar i grundvattnet och behöver dokumenteras på ett sådant sätt att det även i framtiden finns restriktioner för användandet av grundvattnet inom området, till exempel vid nybyggnationer.
- Åtgärden avser enbart grundvatten, eventuella risker i jord och ytvatten kvarstår.

7.6 ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT MINSKA SPRIDNING AV PFAS I YTVATTEN

7.6.1 MOBILT RENINGSVERK FÖR DIKE

På samma sätt som vid rening av grundvatten kan reningsgraden vid pumpning av PFAS-förorenat ytvatten vara hög, men den varierar bland annat mellan olika PFAS samt olika metoder för rening. En skillnad från rening av grundvatten är att rening av ytvatten i ett dike inte innebär en sänkning av grundvattenytan inom området. Det kan däremot ändå krävas anmälan eller tillstånd vid denna metod då det blir en avledning av ytvatten, men tillståndprocessen bör inte bli lika omfattande.

Fördelar med rening av ytvatten

- Om metoden fungerar väl minskar spridningen av PFAS-föroreningar till ytvattnet inom och/eller utanför området.
- Relativt liten påverkan på verksamheter inom området då inga massor grävs upp.

Nackdelar med rening av ytvatten

- Pumpning av vatten för rening av PFAS innebär ofta att åtgärden måste utföras under en mycket lång tid.
- Osäkerheter när det gäller resultat av åtgärderna. Det är exempelvis inte säkert att halterna i ytvattnet efter rening av ytvattnet kan hamna under MKN.

7.6.2 OMLEDNING AV DIKEN

Omledning av diken i området för brandövningsplatsen är en metod som kan utföras för att minska spridning av PFAS till ytvattnet. Hur det skulle gå till rent praktiskt behöver mer utredning. Exempelvis skulle nya diken kunna grävas på en mer lämplig plats och material från denna plats kunna användas för att fylla befintliga diken.

Fördelar med omledning av diken

- Om metoden fungerar väl minskar spridningen av PFAS-föroreningar till ytvattnet inom och utanför området.
- Metoden behöver bara utföras en gång och kräver inget underhåll.

Nackdelar med omledning av diken

- Osäkert resultat då det är svårt att uppskatta en rimlig spridningsminskning i ytvattnet.
- Kontroll av uppschaktade massor kan krävas med avseende på PFAS.

8 MÄNGDUPPSKATTNINGAR

8.1 JORDMASSOR

Jordmassor med PFAS-halter över MKM har påträffats inom tre delområden, vilka är brandövningsplatsen samt två delområden inom terminalområdet (ett område benämns terminalområde och ett benämns bränsledepå). Inom brandövningsplatsen har halter över riktvärdet för MKM uppmätts ner till en meters djup och halter över KM ner till två meters djup. Inom terminalområdet har PFAS-halter över riktvärdet för MKM uppmätts ner till två meters djup i en punkt, men provet var sannolikt kontaminerat av material ovanifrån, trolig nivå är en meters djup även här. Halter över KM har även inom detta område påträffats ner till två meters djup. Inga analyser av PFAS har utförts på större djup. På grund av markförlagda ledningar gick det inte att provta överallt inom terminalområdet, vilket kan påverka mängduppskattningen.

Uppskattade mängder av förorenad jord över riktvärde för KM och MKM redovisas i Tabell 1 och Bilaga 2. De tre delområdena redovisas på situationsplan i Bilaga 1. Observera att mängden PFAS-förorenad jord både kan vara mindre och större än vad som uppskattats. För att få fram en mer säker mängd krävs antingen kompletterande jordprovtagning innan åtgärd eller avgränsande provtagning i samband med åtgärd.

Tabell 1. Uppskattad mängd PFAS-förorenade massor inom undersökningsområdet.

Område och klassning	Djup (m)	Yta (m ²)	Mängd (m ³)	Mängd (ton)
Terminalområde				
>MKM	0-1	4 500	4 500	7 200
>KM	0-2	12 500	20 500*	32 800
				40 000
Bränsledepå				
>MKM	0-1	1 500	1 500	2 400
>KM	1-2	1 500	1 500	2 400
				4 800
Brandövningsplats				
>MKM	0-1	1 500	1 500	2 400
>KM	0-2	4 500	7 500*	9 600
				12 000
Samtliga tre delområden				
>MKM				12 000
>KM				44 800
				56 800

*Ej medräknat MKM-massorna

8.2 MÄNGD PFAS I JORD

Utifrån mängd förorenad jord och uppmätta föroreningshalter kan mängden PFAS i jorden uppskattas. Uppskattningarna redovisas i Tabell 2 och Bilaga 2. Beräkningarna visar att den största mängden PFAS finns i massorna med halter över riktvärdet för MKM, i snitt 83 procent. Totalt beräknas det finnas ca 2,7 kg PFAS-11 i jorden inom aktuella områden på djupet 0-2 meter under markytan.

Tabell 2. Uppskattad mängd PFAS i jord inom undersökningsområdet.

Klass	Mängd (ton)	Maxhalt PFAS-11 (mg/kg)	Mängd PFAS-11 (kg)	Andel PFAS-11 (%)
Terminalområde				
>MKM	7 200	0,230	1,66	85
>KM	32 800	0,009	0,30	15
	40 000		1,96	
Bränsledepå				
>MKM	2 400	0,160	0,38	92
>KM	2 400	0,014	0,03	8
	4 800		0,42	
Brandövningsplats				
>MKM	2 400	0,092	0,22	66
>KM	9 600	0,012	0,12	34
	12 000		0,34	
Samtliga tre delområden				
>MKM	12 000		2,26	83
>KM	44 800		0,45	17
	56 800		2,71	

9 KOSTNADSUPPSKATTNINGAR

Kostnadsuppskattning avseende sanering av PFAS-förorening är svåra att utföra eftersom det inte utförts så många åtgärder ännu. Utvecklingen av nya metoder pågår, men det är fortfarande bara ett fåtal objekt som har åtgärdats och där det finns siffror avseende faktiska kostnader att tillgå.

Till föreliggande åtgärdsutredning har kontakt tagits med ett flertal leverantörer av åtgärds-metoder avseende sanering av PFAS-förorening. Kostnaderna är alltså generella kostnadsuppskattningar från företag som säljer dessa tjänster, och ger således inte en fullständig bild av de faktiska kostnaderna för att genomföra saneringsåtgärder. Dessa kostnader är inte anpassade efter de förutsättningar som finns i Locketorp och till detta kommer det sannolikt tillkomma kostnader för exempelvis pilotförsök, ytterligare undersökningar m.m.

9.1 KOSTNADER FÖR ÅTGÄRDSMETODER FÖR PFAS-FÖRORENAD JORD

9.1.1 DEPONERING PÅ MOTTAGNINGSANLÄGGNING

Lagstiftningen kring mottagning av PFAS-förorenad jord är osäker och kan ändras fort. Det finns mycket få mottagningsanläggningar som tar emot PFAS-förorenad jord då reningen av lakvattnet sällan är anpassad för PFAS. En mottagningsanläggning som gör detta i dagsläget är Fortum Waste Solutions AB i Kumla som tar emot massor med halter upp till 200 µg/kg PFOS. Då endast ett prov uppvisat halter strax över detta värde och övriga prover med halter över MKM ligger mellan 21 och 150 µg/kg bör det inte vara några problem att deponera massorna där.

Uppskattade kostnader för deponering av PFAS-förorenade massor redovisas i Tabell 3 och Bilaga 2. Pris för deponering av PFAS-förorenade massor med halter över MKM ligger mellan 450 och 650 kr per ton. Pris för deponering av PFAS-förorenade massor med halter över KM, men under MKM ligger mellan 150 och 300 kr per ton. Till dessa kostnader tillkommer bland annat kostnad för transporter av förorenade massor samt massor för återfyllnad.

Tabell 3. Uppskattade kostnader för deponering av PFAS-förorenade massor på mottagningsanläggning. Se Bilaga 2 för mer utförliga beräkningar.

Klass	Djup (m)	Mängd (ton)	Pris (kr/ton)	Kostnad (Mkr)
>MKM	0-1	12 000	450-650	5,4-7,8
>KM	0-2	44 800	150-300	6,7-13,4
Totalt				12,1-21,2

9.1.2 JORDTVÄTT

Kostnader för mobil jordtvätt är svåra att uppskatta. För att kunna göra en rimlig bedömning krävs information om vilka PFAS-föreningar som förekommer och i vilka halter, till vilken nivå saneringen ska utföras samt även hur jordens kornstorleksfördelning ser ut. Uppskattningsvis handlar det om någonstans mellan 400 och 1700 kr per ton. Detta pris innefattar etablering på plats, men det innefattar inte några schaktarbeten.

Uppskattade kostnader för jordtvätt av PFAS-förorenade massor inom området redovisas i Tabell 4 och Bilaga 2.

Tabell 4. Uppskattad kostnad för jordtvätt av PFAS-förorenade massor. Se Bilaga 2 för mer utförliga beräkningar.

Klass	Djup (m)	Mängd (ton)	Pris (kr/ton)	Kostnad (Mkr)
>MKM	0-1	12 000	400-1700	4,8-20,4
>KM	0-2	44 800	400-1700	17,9-76,2
Totalt				22,7-96,6

9.2 KOSTNADER FÖR ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT BEGRÄNSA SPRIDNING AV PFAS

9.2.1 STABILISERING

Kostnad för stabilisering med hjälp av behandlingsmedel i pulverform baseras främst på hur mycket behandlingsmedel som krävs, vilket i sin tur beror på hur mycket föroreningar som finns i jorden. Uppskattade kostnader för stabilisering av PFAS-förorenade massor inom området redovisas i Tabell 5 och Bilaga 2. Kostnaderna innefattar endast behandlingsmedlet samt inblandning av detta i massorna.

Tabell 5. Uppskattad kostnad för stabilisering av PFAS-förorenade massor. Se Bilaga 2 för mer utförliga beräkningar.

Klass	Djup (m)	Mängd (ton)	Pris (kr/ton)	Kostnad (Mkr)
>MKM	0-1	12 000	700-1 020	10,7
>KM	0-2	44 800	380	17,0
Totalt				27,7

9.3 KOSTNADER FÖR ÅTGÄRDSMETODER FÖR PFAS-FÖRORENAT GRUNDVATTEN

För att kunna ta fram en rimlig kostnadsuppskattning för grundvattenrening inom området krävs resultaten från det pilotprojekt som just nu pågår inom området, se kapitel 10. ECT2:s resultatrapport kommer att innehålla en grov dimensionering av ett fullskaligt system, inklusive kapitalkostnader och operationella kostnader.

9.4 KOSTNADER FÖR ÅTGÄRDSMETODER FÖR ATT MINSKA SPRIDNING AV PFAS FRÅN GRUNDVATTEN

9.4.1 INNESLUTNING/BARRIÄRTEKNIK

Kostnad för injektering av aktivt kol som en barriär i den mättade zonen uppskattas till en miljon kronor för en barriär på 10 meter. Kostnadsuppskattningen är mycket grov och innefattar både fältarbeten och behandlingsmedel.

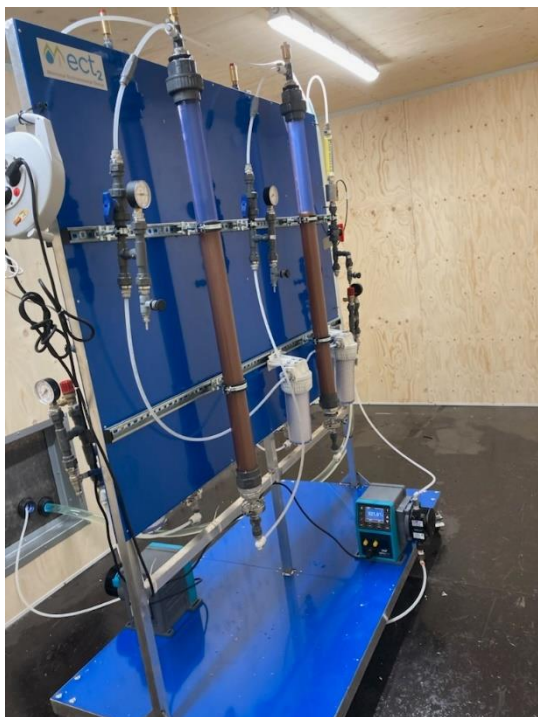
10 PÅGÅENDE PILOTPROJEKT

I januari 2022 startade ett pilotprojekt inom området för att undersöka förutsättningar för grundvattenrening med avseende på PFAS. Pilotprojektet genomförs av ECT2 och innebär pumpning av grundvatten för vattenrening med två olika metoder, jonbytarmassa samt aktivt kol (GAC), Figur 9. Flödet vid pilotprojektet är 1 liter per minut och pumpning sker från ett grundvattenrör öster om bränsledepån där höga halter av PFAS har uppmätts.

Målsättningen med pilotprojektet är följande.

- Utvärdera hur effektiv ECT2's SORBIX™ jonbytare är för att avlägsna PFAS från grundvattnet
- Utvärdera skillnaderna i effektivitet och kostnad mellan ECT2's SORBIX™ jonbytare och GAC (aktivt kol)
- Samla tillräckligt med data för att kunna generera genombrottskurvor av SORBIX™ jonbytaren/GAC
- Samla tillräckligt med data för att kunna dimensionera ett fullskaligt system samt utvärdera kostnader i form av både kapitalkostnader och operationella kostnader

Vattenreningen planeras att utföras under tre månader, med start i februari 2022. Efter avslutad grundvattenrening inom pilotprojektet kommer ECT2 att ta fram en rapport som sammanfattar PFAS-halter i inflödet och utflödet. Rapporten kommer även att innehålla en grov dimensionering av ett fullskaligt system, inklusive kapitalkostnader och operationella kostnader.



Figur 9. Pågående pilotprojekt för grundvattenrening med aktivt kol samt jonbytarmassa. 2022-02-25.

11 OSÄKERHETER OCH REKOMMENDATIONER

11.1 OSÄKERHETER

Det finns många osäkerheter när det gäller riskbedömning och framtagande av åtgärdsförslag för PFAS-förorenade områden. PFAS-förorening har idag ett mycket stor fokus hos många myndigheter eftersom PFAS påträffas på många platser och utgör en hälsorisk för människor. Ett arbete pågår för att implementera nya forskningsrön avseende PFAS hälsoeffekter i normer för dricksvatten och förorenad jord. Dock har inte utvecklingen av behandlingsmetoder utvecklats i samma takt och många av de metoder som beskrivs här ovan borde beskrivas som i utvecklingsfas, snarare än som etablerade metoder.

Det handlar om otroligt stora volymer av vatten som kan tänkas vara förorenade av PFAS eller som riskerar att förorenas om ingen åtgärd utförs. Och som med allt annat under marken, så finns det stora osäkerheter eftersom kunskapen om förhållandena är begränsade.

11.1.1 ÄNDRING AV RIKTVÄRDEN

Europeiska livsmedelsorganisationen EFSA har föreslagit att gränsen för tolererbart dagligt intag av PFAS ska sänkas, från dagens 150 ng/kg kroppsvikt/dag för PFOS till 4,4 ng/kg kroppsvikt/vecka för PFAS-4. När detta räknas om till riktvärden är det sannolikt att dessa kommer sänkas drastiskt, vilket det finns anledning att "ta höjd för" när åtgärder planeras för förorening som riskerar att förorena dricksvattenbrunnar. Parallellt med EFSA:s sänkning av TWI har också nya bindande förslag till åtgärdsgränser för PFAS i dricksvatten tagits fram i EU:s nya dricksvattendirektiv. Direktivet är ett minimidirektiv och ska implementeras i nationell lagstiftning senast den 12 januari 2023. Dessa ändringar kommer att påverka riktvärden för jord, grundvatten och ytvatten.

Vidare innebär de nya riktvärdena sannolikt att bedömningen av PFAS-förorening ska utföras för fler olika ämnen. I dagsläget utvärderas 11 olika ämnen, men i det nya dricksvattendirektivet ska undersökning av 500 olika ämnen utföras rutinmässigt.

11.1.2 ÅTGÄRDSMETODER FÖR PFAS

Jämfört med andra föroreningar ligger åtgärdsgränsen för PFAS i storleksordningen tusen, och ibland så lågt som en miljon, gånger lägre. De haltgränser som finns för ytvatten (MKN) och som förväntas komma för dricksvatten (se punkten ovan) är mycket låga och det är osäkert om åtgärdsmetoderna har den effektivitet som krävs för att nå dessa åtgärdsgränser. För de flesta metoder finns några få tidigare exempel på färdigsanerade områden, och någon egentlig extern granskning av metodernas effektivitet har så vitt vi känner till inte genomförts. Alla metoder är därför att betrakta som under utveckling och deras förmåga att nå åtgärdsgränserna är svår att förutsäga.

11.1.3 KOSTNADER FÖR ÅTGÄRDER FÖR PFAS

Eftersom antalet genomförda saneringar av PFAS-förorenad jord och grundvatten är begränsat, finns heller inte så många tidigare exempel på kostnads kalkyler att förhålla sig till. Inför avvecklingen av Bromma flygplats har en kostnadsbedömning i storleksordningen flera hundratals miljoner, kanske till och med miljardbelopp nämnts, men då ska nämnas att föroreningsförekomsten i Bromma är betydligt större än i Locketorp, samt att man i Bromma ser bostäder som framtida markanvändning (Niras, 2021).

De kostnader som anges i denna åtgärdsutredning kommer direkt från företag som utför mark- och grundvattensaneringstjänster. Detta är generella siffror och för många av metoderna behöver ytterligare undersökningar göras för att verifiera hur de fungerar på just detta område, för att få en bättre bild av utförandet och hur lång tid åtgärden skulle komma att ta. Dessutom saknas kostnader för:

- Kompletterande undersökningar för att avgränsa föroreningen och få en bättre bild av till exempel grundvattenflöden.
- Eventuella tillståndprocesser (till exempel för grundvattenpumpning och avledning av ytvatten).

- Markarbeten.
- Behov av nya massor.
- Miljökontroll, både under åtgärd och långsiktig resultatuppföljning.

11.2 RESTRIKTIONER

Om exploatering av området sker utan att några efterbehandlingsåtgärder vidtas bör restriktioner införas.

- För områden med höga PFAS-halter i jord och/eller grundvatten bör inga grävarbeten eller nybyggnationer utföras utan rutiner för försiktighetsåtgärder för att undvika en ökad exponering och spridning av PFAS.
- Restriktioner kan krävas avseende intag av växter, exempelvis bär och svamp, inom området.
- Restriktioner kan krävas avseende bevattning med grundvatten från området.
- Restriktioner kan även krävas avseende dricksvattenuttag samt fiske nedströms området.

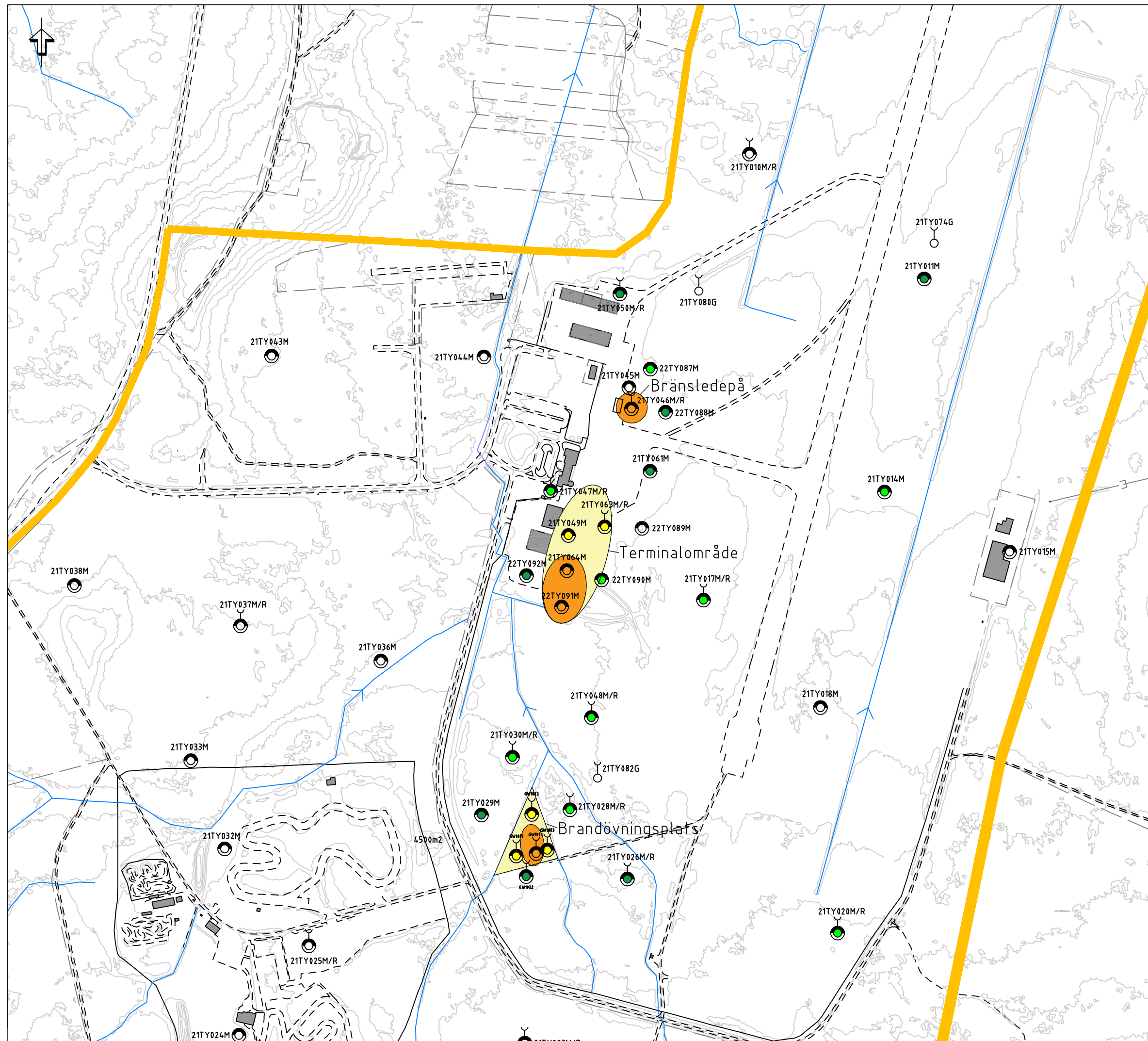
11.3 FORTSATTA ARBETEN

Följande arbeten rekommenderas för att kunna fortsätta utreda lämpliga åtgärdsalternativ för området.

- Mätbara åtgärds mål
För att kunna avgöra vilka åtgärder som krävs inom området behöver mätbara åtgärds mål fastställas. En diskussion bör utföras mellan Skövde kommun och tillsynsmyndighet för att komma fram till om det är rimligt att generella jämförvärden ska användas eller om platsspecifika mätbara åtgärds mål ska tas fram för området.
- Grundvattenmodell
För att utreda spridningen i grundvattnet närmare rekommenderas framtagande av en hydrogeologisk grundvattenmodell. Regelbundna mätningar av nivåer i grundvattenrör inom området (och om möjligt utanför området) vid exempelvis olika årstider underlättar framtagning av grundvattenmodell.
- Kompletterande provtagningar
Kompletterande undersökningar kan utföras för att kontrollera spridningsomfattning av PFAS i det undre grundvattenmagasinet. Kompletterande provtagningar kan även utföras av ytvatten för att utreda spridningen i Klämmabäcken. Dessutom kan provtagning av samtliga dricksvattenbrunnar inom exempelvis en kilometer utföras för att undersöka förekomst av PFAS inom ett större område än tidigare.
- Kontrollprogram
Framtagande av ett långsiktigt kontrollprogram för haltövervakning i grundvatten och ytvatten. Kontrollprogrammet bör starta i god tid innan planerade storskaliga åtgärder för att fastställa ett utgångsläge.
- Pilotförsök
Utförande av eventuella pilotförsök gällande exempelvis stabilisering av förorenade massor och/eller inneslutning om detta anses lämpligt.

12 REFERENSER

ECT2, 2022	ect2.com/pfas. Hämtad information 2022-02-22.
Envytech, 2022	http://envytech.se/pfas-vatten . Hämtad information 2022-03-07.
Lantmäteriet, 2021	Min Karta, lantmateriet.se. Hämtad information 2021-10-29.
Naturvårdsverket, 2004	Deponering av avfall. Handbok 2004:2. Maj 2004.
Naturvårdsverket, 2009	Riktvärden för förorenad mark – Modellbeskrivning och vägledning. Rapport 5976. 2009, rev. 2016.
Naturvårdsverket, 2019	Vägledning om att riskbedöma och åtgärda PFAS-föroreningar inom förorenade områden. Rapport 6871. Januari 2019.
Niras, 2021	Jönköpings flygplats. Fördjupad riskbedömning avseende PFAS på platser där brandsläckningsskum med PFAS har använts. Niras och Trafikverket. 2021-04-13.
SGF, 2022	SGF-Åtgärdsportalen, https://atgardsportalen.se/ . Hämtad information 2022-03-03.
SIG, 2015	Preliminära riktvärden för högfluorerade ämnen (PFAS) i mark och grundvatten. Statens geotekniska institut, SIG Publikation 21.
SGU, 2020	Utvärdering av påverkan på grundvatten från platser där släckskum hanterats. Oktober 2020. Sveriges Geologiska Undersökning och Naturvårdsverket.
SGU, 2021	SGU:s kartvisare, Jordarter, Jorddjup samt Brunnar. Hämtad information 2021-10-29.
Sweco, 2019	Rapport Skövde flygplats undersökning av PFAS. Utredningar på och kring en brandövningsplats med avseende på PFAS. Sweco Environment AB, 2019-11-26.
Tyréns, 2022	Miljöteknisk markundersökning Detaljplan Locketorp, Skövde. Tyréns Sverige AB, 2022-02-18.



Bilaga 1

Uppskattade föroreningsområden - Jord

Förberedande åtgärdsutredning

Dp Locketorp, Skövde

Förklaringar:

Skruvborring för jordprovtagning

Grundvattenrör och jordprovtagning

Grundvattenrör för vattenprovtagning

Halt PFAS-11 i jord och sediment:

ND (under laboratoriets rapporteringsgräns)

>ND<KM (3 ug/kg)

>KM<MKM

>MKM (20 ug/kg)

Provpunkter utan färg har inte analyserats med avseende på PFAS i jord eller sediment

BET	ANT	ÄNDRINGEN AVSER	DATUM	SIGN
UPPDRAG NR 318683	RITAD AV C.Mellander	HANDLÄGGARE C.Mellander		
DATUM 2022-03-21	ANSVARIG H. Dahlin Joklint			
500m				
SKALA 1:5 000 (A3)	KOORDINATSYSTEM SWEREF 99 1330	BET		
FASTIGHET Locketorp-Törsatorp 1:14				

Uppskattade mängder och kostnader

Uppdrag: 318683, Miljöteknisk markundersökning Dp Locketorp
Beställare: Skövde kommun

Uppskattade massor					Mängd PFAS			Deponering				Jordtvätt				Stabilisering	
	Djup (m)	Yta (m2)	Mängd (m3)	Mängd (ton) *	Maxhalt PFAS-11 (mg/kg)	Mängd PFAS-11 (kg)	Andel PFAS-11 (%)	Minpris (kr/ton)	Maxpris (kr/ton)	Minkostnad (Mkr)	Maxkostnad (Mkr)	Minpris (kr/ton)	Maxpris (kr/ton)	Minkostnad (Mkr)	Maxkostnad (Mkr)	Pris (kr/ton)	Kostnad (Mkr)
Terminalområdet																	
>MKM	0-1	4 500	4 500	7 200	0,230	1,66	85	450	650	3,2	4,7	400	1 700	2,9	12,2	1 020	7,3
>KM	0-2	12 500	20 500	32 800	0,009	0,30	15	150	300	4,9	9,8	400	1 700	13,1	55,8	380	12,5
Totalt				40 000		1,96				8,2	14,5			16,0	68,0		19,8
Bränsledepå																	
>MKM	0-1	1 500	1 500	2 400	0,160	0,38	92	450	650	1,1	1,6	400	1 700	1,0	4,1	700	1,7
>KM	1-2	1 500	1 500	2 400	0,014	0,03	8	150	300	0,4	0,7	400	1 700	1,0	4,1	380	0,9
Totalt				4 800		0,42				1,4	2,3			1,9	8,2		2,6
Brandövningsplats																	
>MKM	0-1	1 500	1 500	2 400	0,092	0,22	66	450	650	1,1	1,6	400	1 700	1,0	4,1	700	1,7
>KM	0-2	4 500	7 500	9 600	0,012	0,12	34	150	300	1,4	2,9	400	1 700	3,8	16,3	380	3,6
Totalt				12 000		0,34				2,5	4,4			4,8	20,4		5,3
Samtliga områden																	
>MKM				12 000		2,26	83			5,4	7,8			4,8	20,4		10,7
>KM				44 800		0,45	17			6,7	13,4			17,9	76,2		17,0
Totalt				56 800		2,71				12,1	21,2			22,7	96,6		27,7

* En kubikmeter jord beräknas väga 1,6 ton