

Rapport

Uppdragsledare
Philip Brown Linden
Tel
+46105054846
E-mail
Philip.Brown@afry.com

Datum
2024-01-23
Projekt ID
D0104599

Kund
Mönsterås kommun

Miljöteknisk markundersökning på Ramsås brandövningsfält



Rapporten upprättad av: Erica Junehammar
Granskad av: Daniel Karlsson

Innehållsförteckning

1	Organisation	4
2	Bakgrund och syfte	4
3	Områdesbeskrivning	5
3.1	Lokalisering	5
3.2	Geologiska och hydrogeologiska förhållanden	5
3.3	Skyddsområden och recipienter	7
4	Historik	7
4.1	Tidigare markanvändning	8
4.2	Nuvarande markanvändning och planerad markanvändning	8
4.3	MIFO-objekt	8
4.4	Tidigare undersökningar	9
4.5	Potentiella föroreningar	9
5	Utförande och metodik	9
5.1	Jord	9
5.2	Grundvatten	10
5.3	Brunnsprovtagning	10
6	Fältobservationer	11
7	Jämförvärden	11
7.1	Jord	11
7.2	Grundvatten	12
8	Resultat	12
8.1	Jordprover	12
8.2	Grundvatten	12
8.3	Uttagsbrunnar för dricksvatten/bevattning	14
9	Bedömning av miljö- och hälsorisker	14
9.1	Problembeskrivning	14
9.1.1	Föroreningarnas egenskaper	15
9.1.2	Skyddsobjekt	15
9.1.3	Spridningsvägar	16
9.2	Exponering av förorening från PFAS	17
9.3	Osäkerheter	18
10	Slutsatser och rekommendationer	18
11	Referenser	19

Bilagor

Bilaga 1.....	Karta med utförda provpunkter
Bilaga 2.....	Fältprotokoll
Bilaga 3.....	Sammanställning resultat jord
Bilaga 4.....	Sammanställning resultat grundvatten
Bilaga 5.....	Analysrapporter

1 Organisation

Nedan redovisas projektets organisation och deltagare vid den miljötekniska markundersökningen som utfördes under år 2023.

Fastighetsbeteckning: Nyemåla 2:32
Beställare: Samhällsbyggnadsavdelningen i Mönsterås kommun
Kontaktperson,: Henrik Eriksson
Tel: 0499-171 56
E-post: henrik.eriksson@monsteras.se

Konsult AFRY
Uppdragsledare: Philip Brown Lindén
E-post: Philip.Brown@afry.com
Tel: + 46105054846

Handläggare: Erica Junehammar
E-post: Erica.junehammar@afry.com
Tel: +46720232002
Granskare: Daniel Karlsson
E-post: daniel.i.karlsson@afry.com
Tel: +46105052857

2 Bakgrund och syfte

ÅF Infrastructure AB (AFRY) har på uppdrag av Mönsterås kommun utfört en miljöteknisk markundersökning av jord och grundvatten på fastigheten Nyemåla 2:32. Fastigheten har använts som brandövningsplats (BÖP). Enligt räddningstjänsten har hela fastigheten använts för övning, i viss mån har det dock övats mer frekvent på den nordöstra delen av fastigheten. Den miljötekniska markundersökningen har undersökts i två omgångar med övergripande syfte att undersöka jord och grundvatten inom området samt att provta utvalda enskilda brunnar i angränsande bostadsfastigheter för att studera huruvida PFAS-föreningar förekommer i halter som kan utgöra risk för människors hälsa och miljön.

Anbud 2023-01-27: *”Den miljötekniska markundersökningen syftar till att undersöka jorden inom området för att visa huruvida PFAS-föreningar förekommer i halter som kan utgöra risk för människors hälsa och miljön. Den miljötekniska undersökningen besvarar följande frågor:*

- 1. Vilka risker kan det finnas från de påträffade föreningarna med avseende på människors hälsa och miljön?*
- 2. Finns det grundvatten som är förorenat och som kan riskera att sprida föroreningar?*
- 3. En kortfattad riskbedömning och eventuella åtgärdsförslag med avseende på påträffade föroreningar.*
- 4. Vid behov förslag på kompletterande undersökningar.”*

Ändringsanmälan 2023-06-08: *”Syftet med den föreslagna undersökningen är att kunna bättre bedöma miljö- och hälsobaserade risker associerat till de förhöjda*

halterna i området. Syftet är även att bedöma om PFAS sprids i någon större omfattning från fastigheten till omkringliggande mark.”

3 Områdesbeskrivning

Området är en brandövningsplats (BÖP) och består av en öppen grusad yta med ett fåtal byggnader. Längst i söder är undersökningsområdet skogbeklätt.

3.1 Lokalisering

Undersökningsområdet är beläget i Nyemåla i Mönsterås kommun. Den aktuella fastigheten Nyemåla 2:32 ligger utanför tätbebyggt område men gränsar till enstaka bostadshus. Fastigheten är belägen ca 1 kilometer från kusten. Se *Figur 1* nedan för en översiktsskarta över området.



Figur 1. Översiktsskarta över området med topografisk isolinjer. Undersökningsområdet med brandövningsplats är markerat med röd figur. Källa (Lantmäteriet, 2023).

3.2 Geologiska och hydrogeologiska förhållanden

SGU:s jordartskarta för området visar att den ytliga jorden inom det aktuella området utgörs av sandig morän. Området avgränsas söderut av svallsediment och grus, se *Figur 2*. SGU:s jorddjupskarta visar att jorddjupet inom området varierar mellan ca 5 och 10 m, förutom i fastighetens nordöstra hörn där det skattade jorddjupet är 3-5 m. se *Figur 3* (Sveriges geologiska undersökning, 2023).

Flera fastigheter i Ramsås by har egna enskilda brunnar men området är också anslutet till kommunalt dricksvatten. Brunnarna belägna på de närmast angränsande fastigheterna (Ramsås 3:8, 3:9 samt 3:15) bedöms finnas inom potentiellt påverkansområde från brandövningsfältet.



Figur 2. Utdrag ur SGU:s jordartskarta som visar att marken främst utgörs av sandig morän. Undersökningsområdet är ungefärligt markerat med blå figur.



Figur 3. Utdrag ur SGU:s jorddjupskarta som visar att jordlagrets mäktighet är ca 5–10 m med tunnare täckning i den nordöstra delen. Undersökningsområdet är ungefärligt markerat med blå figur.

Bedömd övergripande strömningsriktning för grundvatten inom området är mot öster och kustlinje. Marken lutar svagt ned i riktning mot nordöst enligt topografisk karta vilket indikerar att strömningsriktningen lokalt kan vara mot nordost (Lantmäteriet, 2023).

3.3 Skyddsområden och recipienter

Undersökningsområdet med brandövningsplatsen ligger inom Kalmarkustens sandstensformation som är en dricksvattenförekomst grundvatten (sedimentär bergförekomst) med god kemisk grundvattenstatus och god kvantitativ status med tidsfrist till 2027 (VISS ID WA22382365).

Närmsta skyddsvärda naturområde enligt Naturvårdsverket är Lövä naturreservat där art- och habitatskydd råder. Lövä naturreservat är beläget på och runt ön Lövä i Kalmarsund ca 2 kilometer från undersökningsområdet (Naturvårdsverket, 2023).

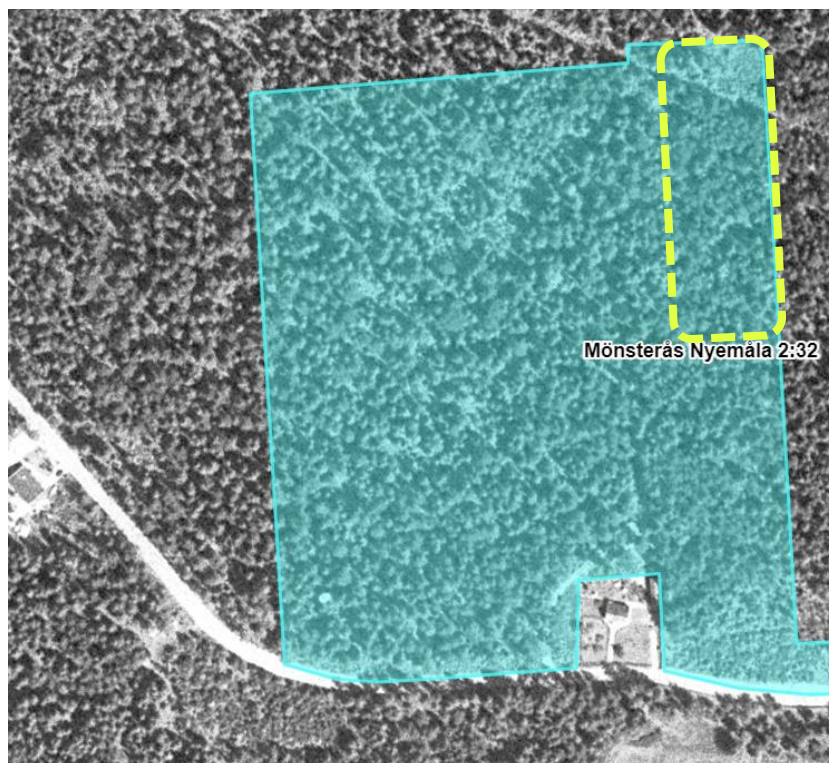
Det finns enligt SGU brunnsarkivet inga brunnar registrerade inom direkt närhet av undersökningsområdet men flera av bostadshusen har enskilda vattenbrunnar som främst används till bevattning.

Närmaste ytvattenrecipient är östersjön genom kalmarsundsviken på ett avstånd av ca 1 km i riktning mot öster.

4 Historik

Inför arbetet med provtagningsplanens framtagande utförde AFRY en översiktlig miljöhistorisk inventering på fastighet Nyemåla 2:32 med syfte att identifiera potentiella risker ur föroreningssynpunkt och verksamheter som kan ha gett upphov till negativ påverkan på marken inom området.

Enligt historiska flygfoton med tillhörande information dras slutsatsen att fastigheten tidigare har bestått av skogsmark och ingen industri eller verksamhet har förekommit på platsen före 1975. Byggnaden som syns på den avstyckade delen av fastigheten finns kvar i dagläget. Se *Figur 4* för utdrag ur lantmäteriets arkiv med historiska flygfoton.



Figur 4. Flygbild över undersökningsområdet från 1975. Källa (Lantmäteriet, 2023). Streckat område anger lokalisering av aktuellt undersökningsområde med BÖP.

4.1 Tidigare markanvändning

Området har använts som brandövningsfält av brandkåren i Mönsterås kommun.

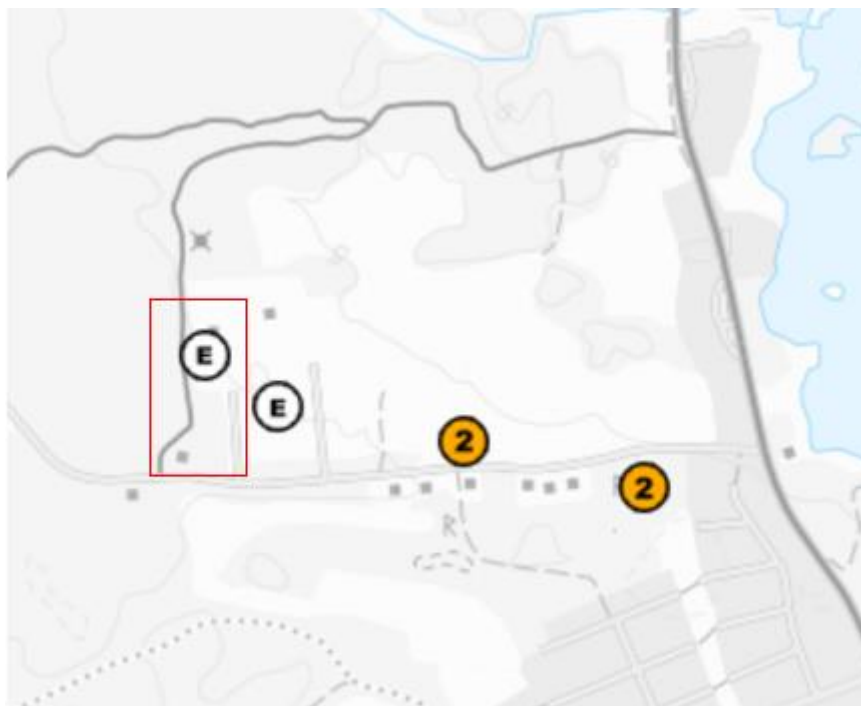
4.2 Nuvarande markanvändning och planerad markanvändning

Markanvändningen inom fastigheten är idag brandövningsfält för räddningstjänsten. Området som nyttjas består av grusade ytor med ett fåtal byggnader. En del av fastigheten är skogsbeklädd. Framtida markanvändning inom fastigheten planeras vara samma som idag med undantag för en del av fastigheten längst söderut som ska styckas av med tanke på bostadsändamål.

4.3 MIFO-objekt

Metodik för inventering av förorenade områden (MIFO) är en modell för bedömning av föroreningssituationen och vad den kan innebära för människors hälsa samt miljön inom ett begränsat område (Naturvårdsverket, 1999). MIFO delas in i två faser, 1 och 2. Fas 1 omfattar identifiering och historisk utredning av föroreningar för objektet och fas 2 omfattar provtagning av potentiellt förorenade medium. Riskbedömning enligt MIFO delas in i fyra riskklasser. 1 är mycket stor risk, 2 är stor risk, 3 är måttlig risk och 4 är liten risk.

Enligt EBH kartan (Länsstyrelsen, 2023) finns inga MIFO-/riskobjekt uppströms fastigheten (uppströms bedöms här vara väster om undersökningsområdet). Strax nedströms fastigheten finns en bilvårdsanläggning, som inte är riskklassad (E). Ännu längre nedströms fastigheten återfinns två MIFO objekt med riskklass 2, ett sågverk samt en deponi. Då objekten är belägna nedströms undersökningsområdet bedöms de inte påverka området. Se *Figur 5* för utdrag ur EBH kartan, där undersökningsområdet är markerat med en röd rektangel.



Figur 5. Utdrag ur EBH-kartan. Källa (Länsstyrelsen, 2023). Undersökningsområdet markeras med röd rektangel.

4.4 Tidigare undersökningar

Inga undersökningar har utförts på platsen tidigare så vitt AFRY känner till.

4.5 Potentiella föroreningar

Då undersökningsområdet använts som brandövningsfält av räddningstjänsten är sannolikheten stor att släckning skett med bland annat brandskum vilket medför att PFAS-föroreningar med stor sannolikhet förekommer på platsen.

PFAS, som är ett samlingsnamn för fler än 5000 olika industriellt framställda kemikalier, började användas i brandskum för mer än 25 år sedan. Gemensamt för alla PFAS-ämnen är att de är högflorenderande, extremt långlivade och svårnedbrytbara. PFAS började användas i brandskum på grund av sin egenskap att skapa en tunn vattenfilm mellan skummet och det brinnande objektet, vilket effektiviserar släckningen.

5 Utförande och metodik

Undersökningens första del omfattade 12 stycken undersökningspunkter varav det i tre punkter installerades grundvattenrör. Provpunkterna fördelades över hela brandövningsfältet med något större frekvens i det nordöstra hörnet av fastigheten. Detta då det enligt uppgifter från räddningstjänsten framgick att övning skett över hela området men i viss mån mer frekvent i den nordöstra delen av fastigheten. Några provpunkter samt ett grundvattenrör placerades på tomtens södra del, då det planeras för avstyckning och försäljning av den delen av fastigheten. Provtagning av jord samt installation/reenspumpning av grundvattenrör utfördes 2023-04-12 till 2023-04-13. Provtagning av grundvatten utfördes 2023-04-20.

Provtagning av privata brunnar i anslutning till aktuellt undersökningsområde utfördes 2023-04-20.

Resultaten från den första analysomgången visade på höga halter av PFAS, varvid de prov som sparats skickades på analys. Detta för att komplettera bilden av föroreningssituationen på området. Även dessa prover visade på höga halter av PFAS. Utifrån detta togs beslutet att genomföra ytterligare en provtagningsomgång för att kartlägga vidare utbredning och undersöka spridning av förorening ut från brandövningsområdet.

Undersökningens andra del omfattade 10 provpunkter. Sex provpunkter utgjordes av handgrävning i yttlig jord och i övriga fyra punkter utfördes skruvprovtagning med hjälp av borrhandsvagn samt installation av grundvattenrör. Från denna provtagningsomgång valdes 14 prover ut för analys. För grundvatten skickades ytterligare fem prover på analys. Provtagning av jord samt installation/reenspumpning av grundvattenrör utfördes 2023-10-09. Provtagning av grundvatten utfördes 2023-10-20.

Under provtagningsarna upprättades fältprotokoll, se *Bilaga 2*.

5.1 Jord

Jordprovtagning utfördes med hjälp av borrhandsvagn där prov uttogs halvmetersvis, såvida inte skiftning i jordlagerföljd föranledde annan indelning, ner till en meter i bedömd naturlig jord. Provtagningen avslutades tidigare vid kraftig inströmning av grundvatten, eller vid borrhandsstopp på grund av berg. Den kompletterande provtagningen utfördes med handgrävning.

Samtliga prover uttogs i diffusionstäta påsar tillhandahållna av laboratoriet ALS i Danderyd som är ackrediterat för de utförda analyserna.

Ett prov per provpunkt valdes ut för analys av PFAS på laboratorium medan övriga prover sparades i kyl. I 8 av proverna analyserades utöver PFAS, även metaller och polyaromatiska kolväten (PAH). Proverna valdes ut baserat på fältprotokoll samt geografisk lokalisering. Ytterligare prover valdes för analys efter sammanställning av det första resultatet.

5.2 Grundvatten

Tre grundvattenrör installerades under den första provtagningsomgången (våren 2023) med hjälp av borrhandsvagn (punkt 23AF02, 23AF06 23AF12), varav två placeras i bedömd strömningsriktning i den östra delen av undersökningsområdet.

Dessa rör provtogs en vecka efter installation. Inför provtagningen omsattes varje rör. Om möjligt (tillräcklig vattenmängd/tillrinning) omsattes rören tre rörvolymmer innan provtagning. Omsättningen utfördes med peristaltisk pump för att minska syretillförseln till grundvattnet. Provtagningen utfördes i provflaskor tillhandahållna av ALS laboratorium, dit proverna sedan skickades på analys. Se *Bilaga 2* för fältprotokoll från grundvattenprovtagningen.

Under hösten 2023 installerades 4 nya grundvattenrör för att undersöka spridningen från fastigheten. Rören rensumpades vid installationsdagen och provtogs 1,5 vecka efter installation. Före provtagning omsattes rören.

5.3 Brunnsprovtagning

På angränsande fastigheter finns brunnar som används för vattenuttag. Då dessa bedömdes finnas inom påverkansområdet från brandövningsfältet utfördes provtagning i dessa. De fastigheter som omfattades av provtagningen var Nyemåla 1:31 samt Nyemåla 2:170. I *Figur 6* nedan redovisas lägen för fastigheter omkring undersökningsområdet. Provtagningen utfördes direkt i brunn med hjälp av hink som sänktes ner i brunnen med rep. Hinken rengjordes innan provtagning för att undvika korskontaminering. Analys av vattnet från brunn utfördes med avseende på 34 st PFAS-ämnen.



Figur 6. Fastigheter i anslutning till undersökningsområdet.

6 Fältobservationer

Vid jordprovtagningen observerades att översta metern generellt bestod av grusigt fyllningsmaterial, med undantag för de tre provpunkterna i undersökningsområdets södra del, där även den översta marken bedömdes naturlig. Där bestod den översta halvmetern generellt av sandig mulljord. Underliggande lager bestod generellt för alla provpunkter av sandig morän. Berg påträffades i alla provpunkter med ett jorddjup från 1,4–2,2 m. Ingen lukt eller andra större avvikelser noterades.

Grundvattnet var vid både omsättning och provtagning brunrumligt med undantag för rör 23AF18 där klart och fint vatten observerades. I rören var det generellt god tillrinning.

7 Jämförvärden

Nedan presenteras de värden som används för resultatjämförelse.

7.1 Jord

Jordproverna jämförs mot Naturvårdsverkets generella riktvärden för känslig markanvändning (KM) och mindre känslig markanvändning (MKM) (Naturvårdsverket, 2022).

Känslig markanvändning (KM)

Med denna markanvändning gäller att markkvaliteten inte begränsar val av markanvändning. De flesta markecosystem samt grundvatten och ytvatten skyddas. Alla grupper av människor (barn, vuxna, äldre) kan vistas permanent inom området under en livstid, till exempel genom boende på platsen.

Mindre känslig markanvändning (MKM)

Markanvändningen begränsas av markkvaliteten. Marken kan utnyttjas för kontor, industrier eller vägar. De exponerade grupperna antas vara personer som vistas i

området under sin yrkesverksamma tid samt barn och äldre som vistas på området tillfälligt, dvs. utan boende på platsen.

Halter kommer även vid behov att jämföras med Avfall Sveriges rekommenderade haltgränser för farligt avfall (FA; Avfall Sverige, 2019). Resultat jämförs mot Statens geotekniska instituts (SGI) preliminära riktvärden för PFOS, KM och MKM (Statens geotekniska institut, 2015).

7.2 Grundvatten

Analysresultatet avseende PFAS-ämnen jämförs främst med SGI:s preliminära riktvärde för PFOS i grundvatten (Statens geotekniska institut, 2015). Som jämförelse används även Livsmedelsverkets åtgärdsgränser för PFAS summa 11 i dricksvatten på 90 ng/l.

För metaller och grundämnen tillämpas Bedömningsgrunder, SGU-rapport 2013:01 (Sveriges geologiska undersökning, 2013).

8 Resultat

Provpunkternas läge framgår av ritning i *Bilaga 1*. Fältobservationer och fältmätningar redovisas i *Bilaga 2*. Sammanställda analysresultat redovisas i *Bilaga 3* för jordprover och i *Bilaga 4* för grundvattenprover. Laboratoriets analysprotokoll redovisas i *Bilaga 5*.

8.1 Jordprover

I den första undersökningen, som utfördes våren 2023, detekterades för tre av punkterna halter av PFOS över riktvärdet för MKM (23AF01-03). Halter överstigande MKM detekterades både i ytlig jord (0–0,5 m) samt i den underliggande jorden. För provpunkt 23AF03 visar det djupare provet (1–1,9 m) på en avtagande PFOS halt, där överstigs riktvärdet för KM. Halter över KM uppmättes i ytlig jord även i provpunkterna 23AF05 och 23AF06. I ytterligare två punkter (23AF08, 23AF12) uppmättes halter av PFOS över laboratoriets rapporteringsgräns. För övriga PFAS ämnen saknas riktvärden, men det ses i resultatsammanställningen att de punkter med hög PFOS halt även har högre halter av övriga PFAS föroreningar, liksom i de punkter där ingen PFOS detekterades är det väldigt låga halter av övriga PFAS ämnen.

För hälften av jordproverna analyserades även alifater, aromater, PAH:er och metaller, där detekterades inga halter över gällande riktvärden.

I den andra provtagningsomgången, som utfördes hösten 2023, detekterades halter av PFOA överstigande det preliminära riktvärdet för MKM i två provpunkter. Halter överstigande riktvärdet för KM påträffades i ytterligare 4 provpunkter. Alla dessa 6 provpunkter är belägna på brandövningsfältet.

I avgränsningssyfte, i samband med installation av grundvattenrör, uttogs jordprov i fyra provpunkter utanför brandövningsfältet. Inga av dessa prover uppvisar PFAS-halter överstigande riktvärden.

8.2 Grundvatten

I områdets norra del påvisades tydligt förhöjda halter av PFAS, där högst halter uppmättes i rör 23AF03 omgång 2 (maxhalt summa PFAS-ämnen på ca 37 µg/l varav PFOS dominerar med ca 20 µg/l). De uppmätta halterna överskrider SGI:s preliminära

riktvärde för PFOS i grundvatten (0,045 µg/l). I rör placerat på den södra delen av fastigheten uppmättes generellt lägre halter av PFAS-ämnena.

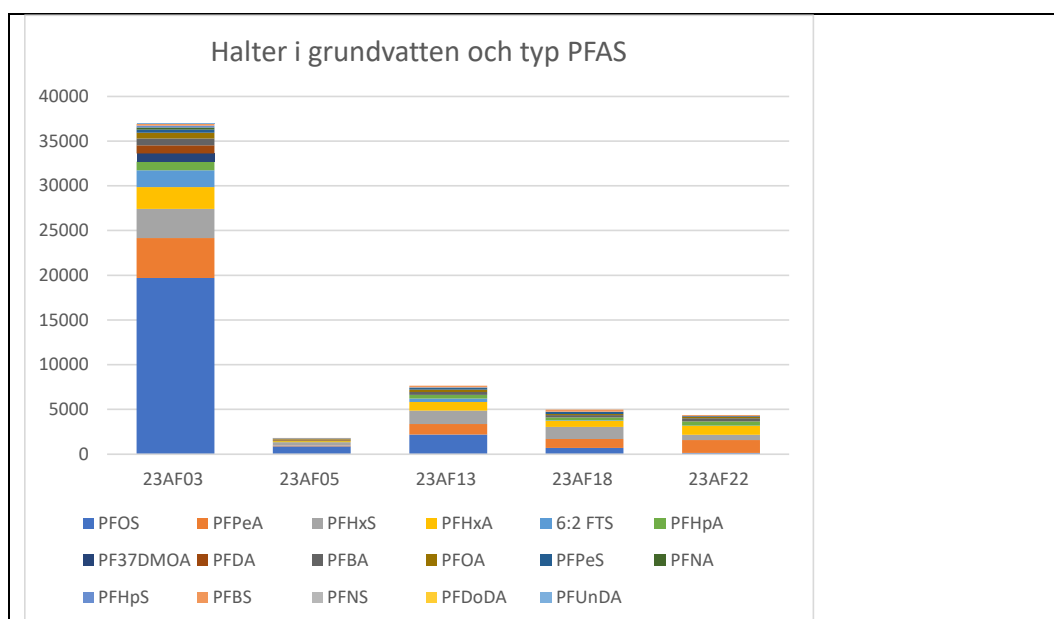
I grundvatten påvisades måttligt förhöjda halter av metaller.

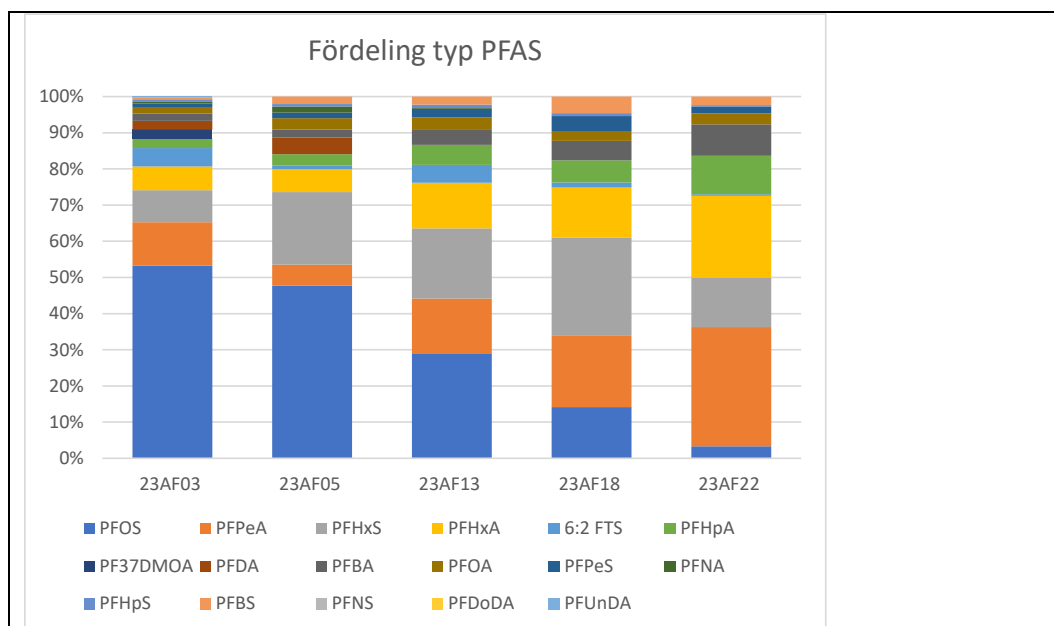
Under hösten 2023 installerades fyra nya grundvattenrör utanför undersökningsområdet för att undersöka eventuell spridning av PFAS. Ett rör placerades väster om BÖP, ett rör nordost och två rör österut (bedömd strömningssiktning för grundvatten).

I röret väster om BÖP (uppströms) detekterades inga mätbara halter av PFAS-ämnena. I de resterande tre rören påvisades förhöjda halter överstigande de preliminära riktvärden (SGU 2015).

Högsta halter utanför undersökningsområdet uppmättes i röret placerat nordost (23AF13) om BÖP, här var summahalt av PFAS-ämnena ca 7,7 µg/l vilket var ungefär dubbelt så högt som de uppmätta halterna i rören rakt öster om fastigheten.

Tabell 1 Visualisering av summerad PFAS-halt i grundvatten per provpunkt och fördelning av respektive PFAS-ämne.





Resultaten visar att halter i grundvatten är högst i det förmodade källområdet vid BÖP (provpunkt 23AF03) samt att det är PFOS som dominerar med ca 55 % av totala PFAS i källområdet. Med avstånd från BÖP minskar andel PFOS och mer kortkedjiga PFAS-ämnen ökar.

8.3 Uttagsbrunnar för dricksvatten/bevattning

Provtagning utfördes även i två brunnar hos privatpersoner med fastigheter inom det bedömda påverkansområdet från brandövningsfältet. I brunnarna identifierades halter över laboratoriets rapporteringsgräns för flera av PFAS ämnena men inga halter över riktvärden identifierades.

9 Bedömning av miljö- och hälsorisker

9.1 Problembeskrivning

Det aktuella undersökningsområdet är ett brandövningsfält där aktivitet med släckskum har förekommit under många år. Efter två provtagningsomgångar och analys av 32 prover från jord och 10 prover av grundvatten kan det konstateras att det förekommer en tydlig mark- och grundvattenförorening med avseende på PFAS.

Grundvattnets dominerande strömningsriktning och därmed spridningsriktning för föroreningar bedöms vara riktad mot nordost.

Ett flertal olika PFAS-ämnen har påträffats i jorden, både ytligt och i djupare jord inne på brandövningsfältets norra del. Det finns en tydlig korrelation mellan den uppmätta halten i ytlig jord och halterna i underliggande jord. I de provpunkter där halter överstigande MKM uppmättes i ytlig jord, uppmättes även förhöjda PFAS halter ner till 1,5–1,9 m u my. Djupare prover än så analyserades inte. I de fall där det uppmättes lägre halter i ytlig jord har också halterna i den djupare jorden varit låga. Föroreningen i jord kan anses relativt avgränsad till brandövningsfältets norra del, då inga halter överstigande riktvärden uppmättes vid undersökning av fastighetens södra och sydvästra delar. Undersökning av marken, både ytligt och djupare, utanför fastigheten uppvisar inte heller halter överstigande tillämpade riktvärden.

Föroreningen av PFAS från släckskum är även påträffad i grundvattnet, i fem av sju provpunkter påträffades kraftigt förhöjda halter i grundvattenrören. I röret placerat väster om fastigheten (bedömt uppströms) samt röret placerat i sydvästligt läge inne på brandövningsfältet påträffades inga halter överskridande gällande riktvärden. I röret sydväst på fastigheten påträffades måttligt förhöjda halter.

Föroreningen i grundvattnet bedöms utifrån resultaten vara avgränsad i västlig riktning (uppströmsriktning) från fastigheten.

9.1.1 Föroreningarnas egenskaper

PFAS (poly- och perfluorerade alkylsubstanser) eller högfluorerade ämnen är ett samlingsnamn för en stor och komplex ämnesgrupp på mer än 10 000 identifierade ämnen med varierande egenskaper och bred användning i samhället. Gemensamt för alla PFAS-ämnen är att de är mycket svåra att bryta ner och vissa PFAS kan ha skadliga effekter, både för människa och miljö. Alla PFAS-ämnen är syntetiskt framställda och finns inte naturligt i miljön (Kemikalieinspektionen, 2023).

PFAS är en mycket bred grupp stabila ämnen som karakteriseras av deras ytaktivitet (både vatten- och fettavstötande) samt förmåga att tåla höga temperaturer. PFAS är en grupp som omfattar vissa ämnen som är mycket persistenta och bioackumulerbara. PFAS innehåller fluoratomer bundna till kol vilket gör dem mycket stabila mot yttre påverkan som värme eller kemisk- och biologisk nedbrytning. PFOS som normalt är det dominerande PFAS-ämnet i äldre släckskum bryts inte ned vid försök med direkt fotolys eller biologisk nedbrytning, samt visar inga tecken på nedbrytning vid de förhållanden där de flesta organiska molekyler börjar hydrolyseras.

Ämnet anses därför vara i princip inert mot intensiv solstrålning och miljöer med extrema pH-värden. De PFAS som använts i brandsläckningsmedel är värmestabila ytaktiva föreningar, så kallade fluortensider. Fluortensiderna attraheras elektrostarkt till positivt laddade partiklar och adsorberas, fastläggs, till organiskt material i varierande grad. Kvarhållningen av PFAS i organiska jordar beror på kolkedjelängden, längre PFAS fasthålls starkare än kortare PFAS. Generellt är fluortensidernas löslighet i vatten också beroende på kolkedjans längd. Föreningar med längre kolkedja har generellt lägre löslighet. Tensiderna kan genom interaktion med partikelytor aggregeras så att högre koncentrationer uppnås vid partikelytor än i lösning. PFAS spridningsförutsättningar i grund- och ytvatten är beroende av många faktorer. Korta PFAS kan förväntas spridas i något större omfattning löst i vatten och långa PFAS kan förväntas spridas med partiklar, humusämnen och löst organiskt kol. Generellt har kortkedjiga PFAS en lägre fastläggningsförmåga till jord/sediment jämfört med långkedjiga PFAS, vilket leder till lägre Kd och Koc-värden och därmed även snabbare spridning i grundvatten. Ämnens ytaktiva egenskaper gör att PFAS har en förmåga att ackumulera i gränsytan mellan vattenfas och luftfas, en process som fördröjer transporten av PFAS genom den omättade zonen.

9.1.2 Skyddsobjekt

Skyddsobjekten är de människor som befinner sig inom området med förorening i jord och de som riskerar att exponeras för PFAS-ämnen som sprids via grundvatten från området.

Undersökningsområdet med brandövningsplatsen ligger inom Kalmarkustens sandstensformation som är en skyddsvärd dricksvattenförekomst i grundvatten (sedimentär bergförekomst).

Då grundvattnet i området ligger ytligt och flera fastigheter i närområdet har enskild brunn med uttag från grundvattenmagasinet bedöms grundvattnet som potentiell dricksvattenkälla och för bevattning som skyddsvärt. Enligt uppgift är samtliga bostäder i närområdet kopplat till kommunalt dricksvatten. De boende som AFRY talat med använder inte i dagsläget sin brunn som huvudsaklig dricksvattenkälla, men vattnet används som bevattning av trädgård och grönsaksland. Fastigheten är även omgiven av jordbruksmark, som eventuellt hämtar vatten till bevattning från grundvattenfyndigheterna i området.

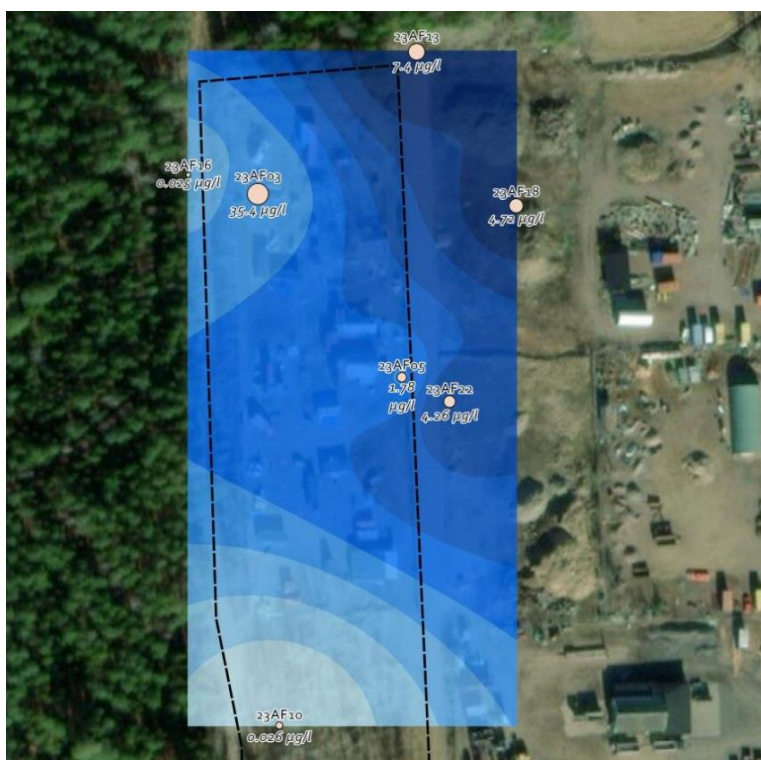
Östersjön är belägen ca 800 m nedströms fastigheten i östlig riktning. Ekosystemen i Östersjön är hårt ansträngda av föroreningar från kuststäder, och bör alltid beaktas som skyddsvärd recipient.

9.1.3 Spridningsvägar

Vid pågående övning med släckskum sker en betydande spridning direkt i luftfas med partiklar som transporteras med aktuell vindriktning till omkringliggande mark. Omfattning av denna spridning beror på vindstyrka och riktning och bedöms främst utgöra en lokal spridning inom en radie av 10–50 meter från där skummet sprutas ut. PFAS från släckskum som hamnar på mark fastläggs delvis i ytjord med högt organiskt innehåll (mulljord).

PFAS har hög vattenlöslighet och sprids till stor del vidare ner i marken med infiltrerande nederbörd och transporteras till grundvatten. Olika PFAS har varierad förmåga att fastläggas till och frigöras från marken. Transporten av lösta och partikelbundna föroreningar tas upp genom fastläggning till organiskt kol och oxidtyper (främst lerpartiklar) i marken. Generellt gäller att transport av markföroreningar går långsammare än grundvattnets flödes hastighet. PFAS-ämnen är relativt vattenlösliga och variationer i spridningsmönster mellan olika PFAS-ämnen är stor. Generellt gäller att kortkedjiga PFAS med 2–6 kolatomer i molekylen sprids snabbare i vattenfas än de långkedjiga med 7–12 kolatomer. I aktuellt undersökningsområde med sandig morän som jordart avtar genomsläppligheten för vatten mot djupet, varför det ytliga grundvattnet transporteras betydligt snabbare än det djupare grundvattnet.

Föroreningar i mark sprids från källområdet vid brandövningsplatsen med grundvatten i överordnat nordöstlig riktning. I figur nedan redovisas en tolkning av inmätta grundvattennivåer och hur strömningsriktningen varierar inom undersökningsområdet. Ljusa färger är högre nivå och mörkare blått är lägre liggande nivå av grundvattenytan.



Figur 7 Kriging interpolering av inmätta grundvattennivåer i sju grundvattenrör. Mörk färgskala avser lägre nivå och ljus färg avser högre z-nivå där grundvatten rör sig från högre till lägre nivå. Från källområdet vid BÖP där högst PFAS halter i grundvatten uppmätts rör sig förorening med grundvatten i nordöstlig riktning.

Det kan även finnas en spridningsgradient för grundvatten i vertikalled antingen uppåtriktad eller nedåtriktad. Detta är inte utrett i utförd undersökning.

PFAS är lösliga ämnen med stor rörlighet i vattenfas och spridning med grundvatten och vidare till recipient antas vara den viktigaste naturliga spridningsvägen med avseende på miljö- och hälsorisker. Det finns inget som indikerar att de påvisade höga halterna av PFAS i grundvatten skulle vara avgränsade och inte spridas vidare med en plym i grundvattnets strömningsriktning.

9.2 Exponering av förorening från PFAS

För personer som vistas inne på brandövningsområdet finns risk för direkt exponering då höga halter av PFAS finns i yttlig jord. Denna exponering kan exempelvis ske genom direkt intag av den förorenade jorden, eller via exempelvis kontakt med den kontaminerade jorden, bristande hygien och sedan kontakt med föda.

Människor som vistas inom det förorenade området kan exponeras genom intag av jord, hudkontakt med jord och damm, inandning av damm och av ångor, samt intag av ätbara växter, bär och fruktträd.

Området används som brandövningsplats för att utbilda räddningspersonal i brandbekämpning vid olyckstillbud. Det finns enligt uppgift inga planer för ändring av markanvändning inom överskådlig tid. Antalet exponeringsvägar och exponeringstid för människor är därför begränsat. Det förekommer enligt uppgift ingen odling av ätbara växter eller fruktträd inom området.

Det finns enskilda uttagsbrunnar i närområdet som har visat sig vara påverkade av PFAS-ämnen (dock relativt låga halter i undersökta brunnar) vilket gör att människor och djur kan exponeras via dricksvatten och via upptag i växter vid bevattning.

Följande exponeringsvägar är aktuella inom området:

- Intag av dricksvatten
- Intag växter
- Intag av jord
- Intag av damm
- Hudkontakt med förorenad jord/damm (tex schaktarbete)

9.3 Osäkerheter

För att bedöma faktiska miljö- och hälsorisker, belastning på grundvatten och spridning av förorening så behöver föroreningen kartläggas mer noggrant. I nuläget bedöms föroreningen vara avgränsad endast i västlig riktning då grundvatten sprids mot ost/nordost.

Förorening i grundvatten är inte avgränsad i djupled. Undersökningsområdet med BÖP ligger inom skyddsvärd grundvattenförekomst och jorddjupet bedöms till ca fem meter av relativt genomsläpplig jordart (sandig morän). Det är oklart om grundvatten i jordlager inom aktuellt området har en vertikal gradient som är riktad överodnat nedåt eller uppåt, vilket påverkar hur även förorening sprids vertikalt.

För att bedöma om det föreligger oacceptabla miljö- eller hälsorisker är det relevant att uppskatta totala mängder av PFAS som finns i marken (bundet till jord och löst i grundvatten). För att bedöma mängder och även belastning av hur mycket PFAS som transporteras i grundvatten och sprids behöver förorening avgränsas och representativa halter beräknas/uppskattas.

10 Slutsatser och rekommendationer

Det går med befintliga resultat inte att utesluta oacceptabel miljö- eller hälsorisker avseende PFAS-ämnen i mark och grundvatten inom undersökningsområdet.

PFAS förekommer i förhöjda halter i jord inom brandövningsplatsen. Det området är avgränsat med staket vilket innebär att allmänheten inte kommer åt området och därmed inte riskerar direkt exponering av PFAS-ämnen i yttjord.

I de två enskilda brunnar där det utförts provtagning och analys har PFAS-ämnen påvisats överstigande rapporteringsgräns (maxhalt summa PFAS ca 4,7 ng/l). Halter i dessa uttagsbrunnar underskrider gällande bedömningsgrund (gäller fram till 2026) för grundvatten som dricksvatten (90 ng/l) och utgör därmed i nuläget ingen oacceptabel hälsorisk vid användning som dricksvatten.

PFAS-ämnen har uppmätts i förhöjda halter i grundvattnet, både inom brandövningsområdet och utanför. Inga halter i grundvattnet uppmättes väster om området, varvid föroreningen i grundvattnet kan anses avgränsad i västlig riktning. I alla rör placerade nordost och öster om fastigheten uppmättes tydligt förhöjda halter. Hur och hur långt föroreningsplymen i östlig och nordöstlig riktning sprids finns det fortfarande osäkerheter kring.

AFRY:s rekommenderar att fortsätta utredningen genom att installera fler grundvattentrör för att tydligare kartlägga utbredning och belastning på grundvatten samt spridningsmönster från källområdet. Det bedöms även relevant att utföra

hydrogeologiska undersökningar för att klarlägga grundvattnets spridningsriktning samt hur mycket PFAS som sprids med grundvattenflödet.

För att bedöma kvarvarande källterm med halter i jord i omättad zon som kan spridas vidare till grundvatten rekommenderas det utföras representativ provtagning av yttjord i rutnät inom den norra delen av BÖP. Det är generellt så att PFAS-ämnen från användning av släckskum tillfälligt fastläggs i yttjord med högre halt organiskt material. Genom att erhålla representativa halter i jord kan mängden PFAS-ämnen uppskattas som underlag till avhjälpanande åtgärder för att stoppa spridning och reducera miljö- och hälsorisker om det bedöms nödvändigt.

Med en tydligare avgränsning av föroreningen samt uppskattning av totala mängder PFAS som förekommer med fördelning i jord och grundvatten kan en mer relevant riskbedömning utföras som underlag till bedömning om det finns behov av riskreducerande åtgärd.

Enligt Miljöbalken kapitel 10 § 11 ska den som äger eller brukar en fastighet, oavsett om området tidigare ansetts vara förorenat, genast underrätta tillsynsmyndigheten om det upptäcks en förorening på fastigheten och föroreningen kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön.

11 Referenser

Kemikalieinspektionen, 2023. *PFAS*. [Online]

Available at: <https://www.kemi.se/hallbarhet/amnen-och-material/pfas>

[Använd 18 januari 2024].

Lantmäteriet, 2023. *Min karta*. [Online]

Available at: <https://minkarta.lantmateriet.se/>

[Använd 30 september 2023].

Länsstyrelsen, 2023. *EBH-kartan*. [Online]

Available at: [https://ext-](https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=ed0d3fde3cc9479f9688c2b2969fd38c)

[geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=ed0d3fde3cc9479f9688c2b2969fd38c](https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=ed0d3fde3cc9479f9688c2b2969fd38c)

[Använd 27 oktober 2023].

Naturvårdsverket, 1999. *Metodik för inventering av förorenade områden:*

Bedömningsgrunder för miljö kvalitet: Vägledning för insamling av underlagsdata (Rapport 4918), Stockholm: Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket, 2022. *Tabell över generella riktvärden för förorenad mark*. [Online]

Available at: <https://www.naturvardsverket.se/globalassets/vagledning/fororenade-omraden/riktvarden/naturvardsverkets-generella-riktvarden-fororenad-mark-2022.pdf>

[Använd 26 april 2023].

Naturvårdsverket, 2023. *Skyddad natur*. [Online]

Available at: <https://skyddadnatur.naturvardsverket.se/>

[Använd 14 september 2022].

Statens geotekniska institut, 2015. *Preliminära riktvärden för högfluorerade ämnen (PFAS) i mark och grundvatten*, Linköping: Statens geotekniska institut.

Sveriges geologiska undersökning, 2013. *Bedömningsgrunder för grundvatten (Rapport 2013:01)*, Uppsala: SGU.

Sveriges geologiska undersökning, 2023. *Kartvisare*. [Online]
Available at: <https://apps.sgu.se/kartvisare/>
[Använd 30 september 2023].