



## Genomförandebeskrivning

### Pilotförsök – Trelleborg kommun

Beställare: Hans Lilja, Trelleborgs Kommun

Upprättad av Helena Hinrichsen EnvyTech Solutions AB

Granskad och godkänd av Say Svanström, EnvyTech Solutions AB

## INLEDNING

Enligt Swecos rapport redovisas följande platsspecifika förutsättningar för projektet:

Brandövningsplatsen (BÖP) är belägen ovanpå den gamla, avslutade, Albäcks deponin tillhörande Trelleborgs kommun. BÖP gränsar i norr och i öster mot Sysavs nu verksamma deponi. I söder fortsätter Trelleborgs gamla, avslutade deponi medans området väster om BÖP består av naturmark.

Enligt SGU:s jordartskarta består ytjordarten inom undersökningsområdet av postglacial sand. Själva BÖP underlagras av deponerat avfall. Gränsen mellan naturmark och deponi syns tydligt i landskapet eftersom deponin utgör en topologisk höjd där en tydlig vallstruktur visar var gränsen går i området runt BÖP.

Den direkta omgivningen utgör inte något riksintresse för naturvård, friluftsliv eller kulturmiljö (Naturvårdsverket, 2019). Närmsta riksintresse för natur är beläget ca 1 km västerut (Maglarps sandtag) och 1 km sydväst (Fredshög- Stavstensudde).

Närmsta brunn, som är en bevattningsbrunn till handelsträdgård (djup ca 25 m), är belägen ca 400 m norr om BÖP.

Grundvattnets generella flödesriktning är riktat åt söder. Närmsta recipient (havet) är belägen ca 500 m söder om BÖP.

Med bakgrund av den information som Envytech erhållit angående det aktuella projektet rekommenderar vi på Envytech Solutions AB (Envytech) att ett första åtgärdssteg bör omfatta en permeable barriär för att på så sätt omgående, eliminera den spridning av PFAS via grundvattnet som nu pågår.

WSP har i sin rapport valt bort detta alternativ då de refererar till den som obeprövad och att installation i ett område utfyllt med sopor ej anta möjligt. Vi på Envytech håller dock inte med och mycket har hänt på det år som gott sedan WSP skrev sin rapport. Bland annat har flera barriärer installerats i Europa med mycket goda resultat, ett av dem i Karlskrona (Envytech 2018 och WSP Jonas Bermin) vilken har påvisat goda resultat och där nu en fullskalebarriär planeras.

Installationen av barriären går mycket riktigt inte att utföra i onaturligt material, men förslaget omfattar en placering i det f.d. tippområdets södra kant där naturliga material påträffas. Material som lämpar sig mycket väl för injektering av Plume Stop.

Barriären föreslås mot bakgrund av den mycket omfattande spridning som utförda utredning påvisar. Höga halter PFAS lämnar området och är på väg mot bebyggelse. En skulle stoppa spridningen av PFAS omgående, och förväntas hålla i upp till 100 år. De förslag som gjorts i rapporten med övertäckning och grundvattenpumpning har flera svagheter, och kommer rent krasst inte att stoppa plymens framfart nämnvärt. En övertäckning stoppar inflödet av vatten rakt ovan ifrån, men grundvattenströmningen inom området är åt söder, och samtligt

vatten norr om området kommer att röra sig genom det PFAS förorenade området och fortsätta sprida föroreningen. Detta då mycket höga halter påträffats i vattnet inom källområdet och troligtvis i jordlagren i grundvattennivån. Spridningen av dessa påvisade källor stoppas inte med en lokal övertäckning. Man kan förvänta sig en minskning av mängderna förorening som lakar från de ytliga jordarna, men problematiken med risk för lakning kvarstår.

När det kommer till grundvattenpumpning har Envytech föreslagit en alternativ reningsteknik som ej fanns på marknaden när WSP rapport skrevs. Reningstekniken presenteras mer i detalj längre ner i detta dokument. Vi vill också informera om att det finns kommersiellt beprövade och väl använda tekniker för stabilisering av PFAS förorenade jordar som löser problematik med lakande jordmassor på ett hållbart sätt. Tekniken presenteras längre ner i dokumentet och i bilagor

Då man inför en installation av en permeabel barriär behöver göra platsspecifika undersökningar och lämplighets/funktionstest, så har vi tagit fram ett förslag på utförande av ett pilotförsök. Pilotförsökets syfte är att utvärdera om en permeabel barriär av behandlingsprodukten PlumeStop skulle kunna vara lämpliga för minimering av spridning av PFAS från det förorenade området vidare till recipienten.

## BESKRIVNING ÅTGÄRDSFÖRSLAG

Filterlösningen PlumeStop har i flera tidigare projekt, både i USA, England och Sverige (Envytech 2019) visat sig framgångsrikt kunna minimera spridningsmöjligheten för PFAS.

För att säkerställa optimal design av en fullskalasanering genom användandet av en PlumeStop-barriär, samt för att påvisa att en PlumeStop barriär erhåller önskad funktion inom det aktuella området och dess föroreningssituation, rekommenderar vi att ytterligare platsspecifika utredningar utförs inom området där en barriär bedöms behövd ska utföras.

### Syfte och mål

Det platsspecifika saneringsmålet för området är att reducera koncentrationen PFOS såväl som PFAS 11 i grundvattentill 0,23 µg/l.

Syftet med pilotförsöket är att bedöma prestandan och effekten av PlumeStop under platsspecifika förhållanden, och designkriterier för en barriär i det fall metoden visar sig lämpad.

Pilotförsöket möjliggör insamling av värdefull platsspecifik information innan installationen av en fullskalasanering. Att ha så mycket information som möjligt inför en fullskaledesign är kritiskt för att garantera en så optimerad design som möjligt, och ett så bra resultat som möjligt.

## Antaganden för design

Följande antaganden har gjorts med hjälp av erhållet underlag, för att designa in-situ lösningen.

### *Platsinformation*

Tidigare brandbekämpningsanläggning byggd på f.d. tipp. Plymområdet omfattar troligtvis en deponi med mycket däckrester. I söder har en dräneringsledning installerats för att samla upp merparten av lakvattnet. Barriären bedöms kunna installeras söder om dräneringsledningen

### *Geologi*

Geologin inom området består av varierande fyllning då området under och runt den f.d. BÖP omfattar en gammal deponi. Marken under plymen antas omfatta en deponi

för gamla däck, överliggande kalkberg.

Geologin inom området där vi föreslår installationen bedöms enligt provpunkt GV1908 till att omfatta sand (grusig sand) ner till 5 m där undersökningarna slutar.

### *Hydrologi*

Närmsta brunn, som är en bevattningsbrunn till handelsträdgård (djup ca 25 m), är belägen ca 400 m norr om BÖP.

Grundvattnets generella flödesriktning är riktat åt söder. Närmsta recipient (havet) är belägen ca 500 m söder om BÖP.

Grundvattennivån i punkt GV1908 är påvisad på 3,5 m.

Övrig hydrogeologisk data så som hydraulisk konduktivitet, grundvattnets flödes hastighet etc har ej angetts. Vi har därför för detta förslag gjort antaganden där data saknas. Dessa antaganden behöver verifieras i det planerade pilotförsöket

### *Förorening*

Föroreninghalter av löst PFAS 11 omfattar 466 ng/l i GV1908

Föroreninghalter av löst PFAS 11 omfattar 10 000 ng/l i GV24A

Föroreninghalter av PFOS omfattar 33 ng/l i GV 1908 och 330 ng/l i GV24A

Information om naturligt organiskt material eller andra organiska föroreningar kommer att samlas in vid det planerade pilotförsöket.



## Förundersökning

Inför pilotförsöket är det viktigt att en förundersökning utförs så att samtliga data som saknas erhålls samt att erhållna data verifieras. Detta för att få bättre förståelse över:

- Förorenings flödes hastigheten inom området där barriären kommer installeras
- Vertikal avgränsning av de primära föroreningsflödeszonerna för att möjliggöra riktade PlumeStop-injektioner
- Provtagning av grundvatten för att bekräfta rapporterade koncentrationer
- Förväntad spridning av produkten efter applicering.
- Om andra organiska föroreningar eller naturliga material återfinns som kan påverka barriären och i så fall måste tas hänsyn till.

Förundersökningen består av:

- Installation av ytterligare tre stycken grundvattenrör ner till 6,5 m, med filter mellan 3,5-6,5 m. Grundvattenrören kommer att användas för att utreda saneringens effekt uppdröms, i barriären och efter barriären
- Loggning av borrhål samt provtagning av kornstorlek.
- Permabilitetstest
- Ytterligare grundvattenprovtagning. I nya grundvattenrör samt i befintliga grundvattenrör. Befintliga grundvattenrör ska analyseras med avseende av andra föroreningar som kan motverka PlumeStop behandlingen.

## Behandlingsprodukter

För mer information gällande behandlingsprodukten, besök Regenesys hemsida

### *Plume Stop*

PlumeStop är en innovativ produkt som designats för att snabbt avlägsna och permanent bryta ner föroreningar i grundvattnet. PlumeStop är ett flytande aktivkolmaterial, som består av små aktivkolpartiklar, i storleksordningen 1–2  $\mu\text{m}$ .

Partiklarna motstår att klumpa sig och har en vattenliknade viskositet, vilket gör att produkten är lätt att injektera under mark.

Väl i marken beter sig produkten som en kolloidal biomatris som binder till grundvattenmatrisen.

Dispersiva polymerer gör produkten mobil i markens porer och fäster på markpartiklar, vilket skapar en stor reaktiv yta som adsorberar föroreningen. Produkten avlägsnar snabbt föroreningar från grundvattnet och förbättrar den biologiska nedbrytningen.

EnvyTech Solutions AB, Sörhallstorget 10, 417 63 Göteborg

[www.envytech.se](http://www.envytech.se)



Figur 1: PlumeStop. Bild hämtat från Regenesiis hemsida

### *Arbetsmiljö*

PlumeStop har designats specifikt för att vara lätthanterlig och är säker både för fältpersonal och miljö.

Personlig skyddsutrustning så som heltäckande kläder, handskar och skyddsglasögon skall användas vid applicering av produkterna men inga ytterligare skydds- och/eller försiktighetsåtgärder för miljö eller hälsa behöver vidtas.

### *Metod för tillsats*

Plume Stop tillsätts i marken med hjälp av s.k. direktinjektering. Direktinjektering utförs med hjälp av borrhandsvagn utrustad med en högtryckspump. Borrhandsvagnen sänks ner på önskat djup där vald mängd uppblandad behandlingsvätska injekteras. Mängd och djup kontrolleras via dator på borrhandsvagnen och loggas. Planerade tryck och flöden vid utförande av injektering inom det aktuella området uppskattas till ca 40 bar samt ca 30 l/min.

Injekterade mängder vid olika djup tillsammans med aktuella flöden och tryck dokumenteras. Varje provpunkt mäts in med GPS.

Injektering sker i hela den aktuella volymen för behandling.

## Arbetsgång

Vid design av en barriär med Plume Stop utförs flera steg i en utvärderingsprocess för att försäkra att all nödvändig data erhålls för att försäkra att en fullskalebarriär erhåller bästa möjliga funktion och når de mål som man skall möta.

Första steget omfattar genomgång av befintlig information om ett projekt. Detta har utförts, och det är mot bakgrund av denna information som preliminära designar har tagits fram.

I nästa steg utförs kompletterande markundersökningar med syfte att samla in information som fattas för att kunna göra en platsspecifik fullskaledesign. Detta görs i samråd med en miljökonsult där vi fungerar som stöd och framför vilken data som vi ser saknas och som behöver samlas in.

Efter att all nödvändig platsspecifik data erhållits kan så pilotförsöket utföras. För utföring design av aktuellt pilotförsök, se beskrivning nedan.

Efter att injekteringsarbetena avslutats följer så en utvärderingsperiod på 3 månader vilken ämnar att följa upp installationens funktion på den aktuella platsen.

Uppföljning görs genom månatlig grundvattenprovtagning av konsult. Som en extra kontroll kan personal från Envytech och Regenesys utföra platsbesök och ev. kompletterande injekteringar för möjlig optimering av barriären i det fall vi ser att detta behövs.

Efter de tre första månadernas installationskontroll avslutats rekommenderar vi att ytterligare 6 månaders provtagning och kontroll utförs. Detta för att ytterligare verifiera den valda designens effekt. En installation i full skala är en investering som kunden förlitar sig på för att minimera spridning av PFAS och nå uppsatta riktvärden, och vi är därför noga med att man har bra data som bevis på att åtgärden fungerar innan man utför åtgärd i full skala.

Efter att den efterföljande 6 månaderskontrollen avslutats utförs den slutliga designen av barriären i full skala, och den verkliga summan för utförandet fastställs. Detta då man nu har all information för att kunna göra en design av en barriär som kommer uppfylla kundens förväntningar och krav.

## Pilotförsök

### Design

Mot bakgrund av den information som vi hittills erhållit ser det planerade pilotförsöket ut enligt följande:

Pilotförsöket omfattar direktinjektering av PlumeStop i en barriär som omfattar ca 10 m i bredd i närhet till GV1908. Placering av barriären ser vi skall utföras

nedanför den befintliga dräneringsledningen som installerats för att samla upp lakvatten vid deponins södra ände.

Injektering sker över hela det definierade behandlingsdjupet vilket vi bedömer kommer omfatta 3,5-6,5 m. Barriären kommer att vara vinkelrätt mot grundvattenflödet. Slutligt behandlingsdjup kommer att verifieras vid föreslagen kompletterande undersökning som utförs av miljökonsult.

Arbetena förväntas kunna utföras under period av 3 veckor, i det fall en kunnig borrhälsfirma med erfarenheter av denna typen av arbete används.

Inför arbetet behövs följande förutsättningar

- En lämplig vattenförsörjning finns gratis på arbetsområdet (brandpost eller liknande som kan leverera cirka 5 000 liter per dag);
- Det finns data på alla underjordiska ledningar

#### *Kostnad Pilotförsök*

Kostnad för pilotförsöket uppskattas till mellan 1 500 000 – 2 000 000 SEK. Vi vill påpeka att barriären på 10 m ej behöver göras om, utan kan användas som en del av fullskalesaneringen.

## Uppskattad design och kostnad för barriär i full skala

Den fullskaliga designen ser vi, mot bakgrund av erhållen information, kommer omfatta en barriär med en total längd av ca 300 m. Installationen av en sådan barriär bedömer vi kommer ta 17 veckor vid användande av tre riggar för injektering och ett blandningsteam.

Kostnaden för barriär och installationsarbeten uppskattas till ca < 30 000 000 SEK

## Rening av lakvatten

Rening av lakvatten med avseende på PFAS är komplext då halterna TOC, BOC och COD oftast är höga, liksom suspenderade material och ofta alger. Något som påverkar de filtermaterial som vanligtvis används negativt och som kraftigt påverkar filternas kapacitet och livstid.

Envytech arbetar idag med rening av PFAS i flera lakvatten och vet vilket komplext vatten det omfattar. Som ett exempel har flera försök gjorts på Telge Energis lakvatten från deras deponi av flera leverantörer som testat med olika lösningar så som kolfilter och även andra filtermaterial, men ingen har lyckats rena vattnet då anläggningarna sätter igen och kolet

behöver bytas i stort sett veckovis då belastningen från vattnets övriga innehåll är för stort för att klaras av.

Envytech har utfört pilotförsök med vår anläggning som omfattar tekniken SAFF - Surface active foam fractionation och fått fantastiska resultat, och detta utan att använda några som helst tillsatser eller filtermaterial. Man använder bara luft. Tekniken är densamma som används i akvarier och i livsmedelsindustrin, där man genom att tillsätta luftbubblor utför avskiljning av molekyler som hellre fäster på en luftbubblas lite feta yta istället för att vara kvar i vattnet. Något som gäller för PFAS då de långa kedjorna, som är de som återfinns inom de aktuella siten, är lipophila – binder gärna till fett, och även hydrofoba – gillar inte att vara i vatten.

Detta förhållande är något som inte ändras beroende på vattnets i övriga innehåll av föroreningar eller suspenderade material. Metoden är därför okänslig mot suspenderat material och andra organiska föroreningar eller BOC, TOC och DOC, och fungerar därför utmärkt i lakvatten.

Något som har testats och verifieras av RI.SE – Research Institute of Sweden för såväl lakvatten som andra vatten. Det har även bevisats i IVL stora studie om behandlingstekniker för lakvatten där inte mindre än 7 olika lakvatten testades med SAFF metoden. Alla tester gav samma bra resultat på de längre kolkedjorna C6 och längre, vilket gäller på den platsen. Metoden har även effekt på kortare kedjor, men istället för 99,9% för de långa kedjorna erhåller man 20-50 % reduktion av de kortare.

För en mer noggrann förklaring av tekniken, se bifogat informationsblad.

Tekniken är den första hållbara reningsmetoden för rening av PFAS och producerar minimalt med avfall. För varje 2 500 m<sup>3</sup> behandlat vatten produceras ca 2,5 dl ren PFAS, vilket är det enda avfallet. Teknikutvecklingen går dock framåt, och Envytech är redan idag. Vi beräknar avfallskostnaden till mindre än 50 000 kr/år.

Som ett konkret exempel så utförde Telge energi en upphandling av rening av just lakvatten tidigare i år. Uppdraget omfattar ett reningsuppdrag på upp till 4 år. Endast två anbudsgivare inkom med anbud på uppdraget, varav en var Envytech med vår teknik SAFF. Det andra förslaget omfattade rening med filtermaterial. Anbudssumman per år för rening med filtermaterial omfattade ca 6 000 000 SEK, medans envytech med SAFF metoden vann uppdraget med en kostnad av 3 200 000 SEK per år.

Envytech har diskuterat det föreslagna upplägget med både Regenes Ltd UK och OPEC systems Australia som har långa erfarenheter av PFAS saneringar och de föreslagna

åtgärdsteknikerna. Vi är alla tre överens om att det mest effektiva upplägget skulle vara att installera en barriär som tar hand om de halter som nu påvisas på de aktuella provtagna grundvattenrören, och att en pumpinsats istället fokuseras till källområdet i norr för att minimera/stoppa fortsatt spridning av dessa höga halter nedströms.

Viktigt att notera är också att en SAFF anläggning är okänslig för höga halter PFAS – det gör bara att tekniken fungerar ännu bättre. Detta ger att man skulle kunna pumpa PFAS förorenat vatten från det högkontaminerade källområdet och rena i SAFF anläggningen utan problem. Genom att göra detta gör man en betydande minskning av mängderna PFAS som kan fortsätta att spridas med inträngande vatten, något som vi anser skulle vara en av de effektivaste lösningarna för den här aktuella platsen. Och något som skulle kunna utföras omgående, utan att ytterligare utredningar utförs.

En SAFF40 anläggning klarar att rena 40 m<sup>3</sup> lakvatten per timme. Vid en beräkning där källområdet omfattar 300 x 200 x 3 m, erhålls en behandlingsvolym om 154 000 m<sup>3</sup>. Utifrån WSPs rapport så omfattar ca 60 % av dessa material, och vattenmängden är således ca 54 000 m<sup>3</sup>. Vid en reningsanläggning av SAFF40 skulle det ta ca 60 dagar att rena den volymen. Det är svårt att avgöra tillrinningsfaktorer för området vid en sådan här översiktlig bedömning, och man måste också pumpa från olika positioner för att få tag i allt vatten, men det är ett faktum att man på ett års tid skulle kunna reducera grundvattenhalterna som återfinns nu betydligt, och att kvarvarande endast skulle omfatta urlakning ur jordmassorna. Vi bedömer det dock som att Plume Stop barriären skulle kunna ta hand om dessa koncentrationer som återfinns i plymen då barriären designas för detta.

Kostnaden för att köpa en SAFF anläggning med kapacitet av upp till 40 m<sup>3</sup>/h: 10 000 000 SEK

Hyra av system max 40 m<sup>3</sup>/h: 10 000 SEK/dag. Här ingår service kontroller och hantering av avfall – dock tillkommer den uppskattade kostande för avfall enligt ovan.

Vår bedömning är därför att en kombinerad insats med en plumestop barriär i kombination med en källbehandling med SAFF är ett åtgärdsalternativ som ger att pumpning och behandling i 20 år plus till en kostnad som kan förväntas vara ca 6 000 000 per år med filtermaterial kan undvikas.

Istället utförs insatser som omedelbart stoppar spridning av föroreningen samtidigt som den behandlar den nu påvisade källföroreningen i grundvattenfasen på ett effektivt sätt, både tidsmässigt och ekonomiskt.

I det fall att man önskar utföra löpande pumpning efter det att dessa inledande och mycket effektiva insatser utförts kan ett upplägg skapas där man betalat en mindre hyrkostnad per år till dess att man köpt ut anläggningen. Ett alternativ som mot uppskattade kostnader för filtermaterial av ca 6 000 000 per år skulle betala sig på 2 år.

## Övertäckning / behandling av ytliga jordar

Envytech instämmer med WSP om att en övertäckning av de ytliga jordarna skulle minimera spridning av PFAS från de ytliga jordskikten. Dock vill vi upplysa om att stabilisering av PFAS förorenade massor är fullt möjlig och att det finns en kommersiell produkt på marknaden som prövats både i Sverige och övriga världen. Envytech har utfört totalt 4 projekt i Sverige och har totalt behandlat ca 10 000 ton genom stabilisering, en åtgärd som minimerat massornas lakegenskaper med ca 95-99,9% Genom att stabilisera massorna på plats och låta dem ligga skulle man såldes minimera PFAS lakegenskaper och således också den framtida risken för urlakning och vidare spridning inom området.

För mer information om Rembind plus, se bifogat informationsblad.

En stabilisering av ca 18 000 ton med aktuella föroreningshalter , där jorden kan lämnas kvar på plats efter stabilisering, beräknas kosta ca 12 000 000 SEK.

## Bilagor

Bilaga 1	Presentation av SAFF – Surface Active foam fractionation
Bilaga 2	Presentation av Rembind Plus – stabiliseringsprodukt för PFAS förorenade jordar
Bilaga 3	Envytech presentation för åtgärdstekniker för PFAS förorenade områden med komplexa vatten



# SAFF – Surface Active Foam Fractionation

Envytech har mot bakgrund av frågeställning avseende hållbara åtgärdsmetoder för PFAS-förorenat vatten, tagit fram en anpassad beskrivning av vår åtgärds teknik kallad SAFF™. SAFF lämpar sig för rening av alla typer av vatten och är helt okänslig för andra föroreningar, salt, sediment och temperaturer.

## VAD INNEBÄR SAFF?

SAFF-processen utnyttjar PFAS-föreningars fysio-kemiska benägenhet att fästa vid fina luftbubblor som en följd av dess hydrofoba och lipofila egenskaper. Vid tillsats av bubblor genom att låta dem stiga i en smal vattenpelare blir bubblorna exceptionellt effektiva för att samla upp PFAS-föreningar som är löst bundna till vattenmolekylerna. Väl vid ytan kan PFAS enkelt avlägsnas genom separation och koncentration genom ett passivt "spill över kanten" system eller genom tillsats av vakuum. Behandlat (luftat) vatten kan sedan släppas till recipient alternativt vidare behandlas för korta PFAS eller andra ämnen med polerande kompletterande reningssteg. Det uppsamlade PFAS-koncentratet leds vidare till ett andra luftbehandlat fraktioneringssteg för att koncentreras ytterligare till ett högkoncentrat av relativt liten volym som lämpar sig för destruktions via permanenta destruktions tekniker så som termisk förbränning.

Systemet har betydande fördelar i jämförelse med samtliga andra tekniker på marknaden då systemet är robust – SAFF fungerar utan reducerad effekt oavsett om vattnet innehåller stora mängder suspenderat material, föroreningar av olika slag, även olja samt biologiska ämnen och slammer. Det fungerar bättre i kallare vatten och är inte pH-känsligt. Detta innebär att systemet inte är i behov av några förbehandlingssystem, men för att minimera servicearbeten med slamtömning så rekommenderas ett förbehandlingssystem av t.ex. en lamell för reducering av partiklar.

SAFF-systemet fungerar genom att PFAS-föreningarna ackumuleras överst i den första behandlingskolonnen där det första fraktioneringssteget sker. När luft injekteras i botten av kolumnen och stiger i kolumnen i en skapad vortex, fäster PFAS-ämnena på bubblorna och flyter med bubblorna till ytan.

Skum och vatten rinner över en designad "kant" högst upp i kolonnen (se figur 2) och kallas därför "the wet cut" då man både avlägsnar det skapade skummet samt underliggande vatten. Detta då PFAS stratifierar i toppen av kolonnen då de kortare PFAS-ämnena inte har samma skumpotential som de längre kedjorna. Det uppsamlade våta skummet leds vidare till nästa kolumn/fraktioneringssteg. Innan det första fraktioneringssteget avslutas hjälps även det vatten som samlats överst i kolumnen (vanligtvis de översta ca 10 cm) över kanten, så att så



Figur 1: Foto på en SAFF anläggning. Det man ser är fem kolonner för första stegs fraktionering samt att man skimtar behållaren för det andra fraktioneringssteget.



Figur 2: Foto taget vid utförande av det första fraktioneringssteget i en fullskalig anläggning. Här ser vi hur man i det första steget låter skum "rinna" över kanten i det centrerade inner-röret i kolonnen. Man ser också skummet som samlas under avskiljningen och det översta vatten där de mindre skumbenäpna PFAS ämnena samlas.

mycket av de stratifierade PFAS-ämnena som möjligt kommer med till steg två. Det första fraktioneringssteget ökar PFAS-koncentrationerna med ca 10 gånger.

I det andra fraktioneringssteget sker samma process som i steg 1, men då halterna i vattnet/skummet för fraktionering nu är ca 10 gånger högre erhålls ett torrt skum som avlägsnas med vakuum. Behållaren där det andra fraktioneringssteget utförs är utrustad med noga kalibrerade sensorer som styr en vakuumpump och dess avstånd till aktuella skumnivåer. Det hyperkoncentrat som denna process genererar, leds

till en uppsamlingsbehållare där det förvaras. I detta andra fraktioneringssteg ökas koncentrationen ytterligare 1000 gånger, vilket innebär att den totala koncentrationsökningen nu är 10 000 gånger inledande halter.



Figur 3: Foto taget vid utförande av det andra fraktioneringssteget i en fullskalig anläggning. Här ser man hur det torra skummet bildas och avlägsnas med vakuum.



# SAFF – Surface Active Foam Fractionation

Anläggning som nu byggs för Envitech är utrustad med möjlighet att utföra en tredje fraktionering, vilket medför att mängderna PFAS som behöver gå för destruktion kan minimeras ytterligare. Detta tredje fraktioneringssteg har visat sig kunna erhålla ytterligare koncentrationsökningar med mellan 5–50 gånger. Total koncentrationsökning kan därmed erhållas mellan 50 000 – 2 000 000 gånger de koncentrationer som det obehandlade vattnet innehåller. För att kunna utföra en tredje fraktionering behöver dock en viss mängd koncentrat genereras i det andra steget. Det är inte ovanligt att man behöver utföra ca 1 års drift innan tillräckligt med koncentrat för att utföra en tredje fraktionering erhålls.

För att summera informationen ovan angående möjliga koncentrationsökningar, så erhålls följande koncentrationer i de olika fraktioneringsstegen:

Första steget:	10 x koncentrationen
Andra steget:	1 000 x koncentrationen
Tredje steget:	5-200 x koncentrationen
Total möjlig koncentration:	50 000–2 000 000 gånger inledande koncentration

Ämne	Removal % Average	Removal % Max
PFBA	21%	60%
PFPeA	24%	93%
PFHxA	20%	65%
PFHpA	67%	89%
PFOA	100%	100%
PFNA	100%	100%
PFDA	100%	100%
PFBS	22%	74%
PFHxS	97%	98%
PFOS	99%	100%
6:2 FTS	100%	100%

Tabell 1: Redovisande reningseffekter av SAFF på olika PFAS-ämnen som ingår i PFAS 11. Tabellen redovisar medeleffekten som uppmätts över tid i systemet samt den maximala reduktion som erhållits för varje ämne.

## FÖRVÄNTADE RESULTAT

OPEC har under två års tid utfört rening av PFAS-förorenat vatten med hjälp av ett SAFF-system från en aktiv militär flygbas, där omfattande brandövningar har utförts. Totalt har över 50 miljoner liter vatten behandlats under perioden. Utgående vatten har aldrig överstigit

halterna för Australiens riktlinjer för dricksvatten. Ett års drift har totalt endast genererat ca 40 liter av ”ren” PFAS efter att tre-stegs-fraktionering utförts. Provtagning av inkommande och utgående vatten har skett veckovis och utförs både av OPEC själva för intern kvalitetssäkring, men också av WSP Australia på uppdrag av den australiensiska Försvarmakten. Sammanställningen av de oberoende resultaten utförs löpande för 32 PFAS som analyseras i projektet. Dock har en mer noggrann sammanställning utförts på begäran av Envitech för de PFAS som ingår i PFAS 11, detta då det i dagsläget är dessa ämnen som styr våra riktvärden i Sverige. Effekten av SAFF-systemet ser ut enligt följande efter ett års drift och 22 000 m<sup>3</sup> behandlat vatten (se tabell 1).

## KAPACITET

Kapaciteten för en 40-fots anläggning med möjlighet till tre fraktioneringssteg och intern lagring av hyperkoncentrat beror på vilka PFAS man vill rena. Detta då olika PFAS-ämnen kräver olika cykeltider. Vid behov av att minimera samtliga PFAS så långt som effektivt möjligt, erbjuder systemet en kapacitet av 240 m<sup>3</sup>/dag. I det fall man endast behöver rena PFAS med längre kolkedjor (C6 och längre) erhålls en kapacitet av ca 700 m<sup>3</sup>/dag.

## PRISBILD

Prisbilden för ett behandlingssystem för vatten består oftast av följande delar:

- Etablering
- Förbehandlingssystem
- Behandlingsystem
- Efterbehandlingssystem
- Drift- och servicekostnader
- Avfallshantering
- Avetablering

Nedan redovisar vi prisuppskattningar för varje steg för det system vi ser aktuellt för projektet.

### Etablering

Etablering omfattar transporter av utrustning samt inkoppling och driftsättning av reningssystemet. I det aktuella projektet ser vi att inkoppling driftsättning kan ta en vecka, och total kostnad uppskattas därmed till ca 100 000 SEK.

### Förbehandlingssystem

Då SAFF är en oerhört robust teknik som drar fördel av PFAS starka bindningsförmåga till luft behövs i teorin ingen förbehandling, men för att minimera behovet av rengöring under driften föreslås att en lamellavskiljare används. I det fall att projektet redan har befintlig förbehandlingsteknik på plats, som minimerar mängden partiklar och slam som når systemet, kan detta användas istället. En lamellavskiljare med kapacitet av upp till 50 m<sup>3</sup>/h kostar via Envitech ca 500 kr per kalenderdag att hyra.

# SAFF – Surface Active Foam Fractionation

## Behandlingsystem

I det aktuella projektet antas vattnet ha en PFAS-signatur som övervägande omfattar PFAS-ämnen med långa kolkedjor (C6 och längre). I detta fall antas inga efterbehandlingssystem behövas, men finns behov av att efter utförd SAFF-behandling ytterligare sänka halterna av ämnen med korta kedjor, kan kompletterande reningssteg anslutas. Envitech är stolta över att vara exklusiva återförsäljare för OPEC systems i Skandinavien. Vi har tillsammans med OPEC tagit fram ett listpris för hyra av en 40-fots-anläggning med kapacitet att behandla mellan 240 – 700 m<sup>3</sup> per dag. Priset är satt till 10 000 kr/kalenderdag.

## Efterbehandlingssystem

I det fall aktuellt vatten omfattar PFAS-ämnen med kortare kolkedjor eller andra föroreningar som behöver avlägsnas, kan kompletterande system kopplas på. För PFAS är olika typer av jonbytarmassor de mest kostnadseffektiva alternativet i det fall projektet skall pågå under en längre tid eller behandla stora mängder vatten. För mindre projekt är kol oftast den mest kostnadseffektiva lösningen. Båda materialen placeras i trycksatta filterbehållare. Det skall dock påpekas att vid användning av både kolfilter och jonbytarmassor så behövs även ytterligare förbehandlingar av vattnet utföras innan det når dessa filter. Dessa behandlingar kan t.ex. omfatta tillsats av fällnings- och flockningskemikalier, pH-justerings samt sandfilter. Detta för att minimera mängderna suspenderat material som når filtermassorna, då detta reducerar både kapacitet och livslängd på dessa förhållandevis kostsamma material. Kostnaden för dessa system är svåra att beskriva generellt och behöver designas och prissättas specifikt för varje projekt.

## Drift- och Servicekostnader

En annan viktig kostnad att ta med i beräkningarna vid jämförande av olika behandlingstekniker är driftkostnader samt behov av servicearbeten. För att kunna redovisa driftkostnader för systemet har vi har mot bakgrund av de driftdata som finns för SAFF, tagit fram följande tabell där kostnaderna per behandlad kubik redovisas med avseende på elanvändning. Då olika PFAS kräver olika långa cykeltider varierar kostnaderna per kubikmeter. För kortare kedjor krävs längre cykeltider och mer el. För de längre kedjorna (C6 och längre) behövs kortare cykeltider, vilket ger att man kan behandla mer vatten per kWh. Priset per kWh är satt till 1,40 SEK.

Kostnader för servicearbeten med en SAFF-anläggning är minimala. Detta då samtliga pumpar, valv och sensorer är uppkopplade mot ett digitalt övervaknings- och loggningsprogram där både vi och OPEC kan följa anläggningens drift- och effektdata. I det fall ett fel noteras med någon pump eller valv får vi kännedom om detta och kan åtgärda detta omgående, oftast genom justeringar i programvaran på distans, alternativt att vi kommer ut till platsen. Vi behöver därmed inte heller åka ut för servicebesök i det fall all data rapporterar enligt förväntningar. Systemet är också enkelt att sköta, ett s.k. "plug and play" system, och vi kan lära upp kundens egen personal för löpande tillsyn, drift och skötsel i det fall detta önskas. Mot bakgrund av detta ingår servicebesök

i hyrpriset, i det fall service inte behövs mot bakgrund av platsspecifika händelser som Envitech ej kunnat förutse eller råda över, som påverkar reningssystemet. Samtliga komponenter är hämtade från lantbruks/byggindustrin och finns hos vanliga reservdelsåterförsäljare. I det fall något går sönder innebär detta att man enkelt kan ersätta delen samt att priset på den kommer att vara "rimligt". Inga delar behöver specialanpassas eller specialbeställas.

## Avfallshantering

SAFF-anläggningen och dess processer genererar endast avfall bestående av ett hyperkoncentrat av PFAS. På medelförorenade vatten erhålls mellan ca 30–300 liter per månad. Då avfallet omfattar mycket höga halter av PFAS är förbränning den enda möjliga slutomhändertagningen. Kostnaden för avfallet uppgår därmed till priset för termisk destruktion av aktuell mängd PFAS-hyperkoncentrat. Utöver tillkommer kostnader för slamhantering för förbehandlingar samt destruktion av eventuella filtermaterial vid efterbehandling.

## Avetablering

Vid avetablering rengörs systemet med sugbil på plats. Kostnaden för rengöring omfattar uppskattningsvis ca 20 000 kr i arbetskostnader för tekniker, ca 20 000 kr för sugbil och rengöringsavfall samt transportkostnader på ca 50 000 kr.

Ämne	Uppskattad SFF-cykeltid (inkl. 10 min för fyllning och tömning)	Kapacitet 40-fots SAFF-container (m <sup>3</sup> /dag)	Elektricitetsanvändning, kWh/m <sup>3</sup> behandlat vatten	Beräknad kostnad för el/m <sup>3</sup> behandlat vatten (1,40 SEK/kWh)
PFPrS	60 min	240	2,00	2,80
PFBA	60 min	240	2,00	2,80
PFBS	45 min	320	2,00	2,80
PFPeA	60 min	240	2,00	2,80
PFPeS	45 min	320	2,00	2,80
PFHxA	60 min	240	2,00	2,80
PFHxS	25 min	576	2,00	2,80
PFHpA	30 min	480	2,00	2,80
PFOA	15 min	960	2,00	2,80
PFOS	15 min	960	2,00	2,80
PFOSA	25 min	576	2,00	2,80
PFNA	25 min	576	2,00	2,80
PFDA	20 min	720	2,00	2,80
6:2 FTS	20 min	720	2,00	2,80
8:2 FTS	15 min	960	1,00	1,40

Tabell 2: Beräknade driftkostnader för en 40-fots reningsanläggning med avseende på elförbrukning.

# Remediation of soil and groundwater from a former surface treatment industry

In June 2018, Envytech won a private partnering contract for a demolition and remediation project for a former surface treatment industry. Contaminants of concern involved heavy metals such as copper, chromium, zinc, arsenic and cyanide. Selected samples had been analyzed for PFAS, which had shown low to moderate levels of PFAS. Contaminants had also been detected in the groundwater. Measured levels indicated very high levels of both metals as well as PFAS.

After the demolition of the building had been finished, classification of the soil was carried out by sampling in so-called Selective Unit Volumes (SEV) of 10 x 10 x 0,5 m. The classification was performed in 0,5 depth intervals down to the groundwater level, about 2 m bgl. 30 samples were taken from each SEV and mixed to a sample that was sent to laboratory. The classification gave the following four different classes of contaminated soil and concrete:

Light Hazardous waste - IFA

Light Hazardous waste with PFAS - IFA PFAS

Non Hazardous concrete with PFAS - IFA PFAS concrete

Hazardous waste - FA

Depth (m)	Level (mg/kg TS)	Copper Cu	Chromium Cr (total)	Chromium 6+	Nickel Ni	Zinc Zn	Cyanide (total)	PFOS	Sum PFAS SLV 11
Shallow	Average	75	43	11	195	208	18		
	Median	36	12	5	91	130	7		
	Max	310	500	59	1200	950	87		
	Min	4	2	1	2	18	1		
0,5-1	Average	170	155	30	267	751	393	13	20
	Median	54	62	10	110	340	530	13	20
	Max	630	500	135	1830	4500	610	13	20
	Min	11	4	4	7	17	38	13	20
1-2	Average	116	290	9	30	321	245	37	41
	Median	45	71	5	21	105	38	36	45
	Max	770	2100	30	89	1700	1000	70	71
	Min	2	4	0,1	4	11	2	5	6,3
2-3	Average	160	406	4,1	70	448	404	3,9	4,9
	Median	21	20	3,5	24	59	104	3,9	4,9
	Max	1700	4500	11	560	2700	1400	4,8	5,8
	Min	2,1	4,1	0,1	3,5	34	6,2	3,0	4,0
3-4	Average	30	68	12	27	213	55	0,8	2,0
	Median	17	12	2,6	27	170	61	0,8	1,9
	Max	65	390	52	52	450	98	1,5	2,5
	Min	5,7	4,2	0,8	13	61	1,3	0,3	1,6
4-5	Average	33	66	9,5	37	300	19	0,3	1,3
	Median	29	26	9,0	26	329	18	0,3	1,3
	Max	80	250	19	100	500	38	0,3	1,3
	Min	7	2	1,0	9	140	3	0,3	1,3
PSRV	<2	200	150	10	100	500	80	8	8
PSRV	>2	200	150	3,0	40	500	33	3	3
MKM		200	150	10	120	500	120	20	20
FA		2500							

Average levels of metal, Cyanide and PFAS, based on analysis of 103 soil samples 2012-2017.





The PFAS contaminated soil could be divided into two groups, soil contaminated with lower PFAS levels, 20–100 µg/kg, and higher contaminated PFAS soil with levels of about 1000 µg/kg. To determine if these concentration levels could be stabilized in this particular soil, test with the addition of Rembind Plus were carried out by Eurofin's laboratory. For soil with lower PFAS levels (20-100ug/kg), tests were performed with the addition of 3% Rembind Plus. For soil with higher levels of contamination (1000 ug/kg) tests with the addition of 3% and 5% of Rembind Plus were performed.

Substance	Levels sum PFAS SLV 11	pH	Leachate test	Rembind	Sum PFAS SLV 11	Reduction PFAS in leach
Unit	ng/kg			%	ng/l	%
Mixed sample 1	1100 + 710	7,5	LS/2	0	230 000	0,0
Mixed sample 1	1100 + 710	7,6	LS/8	0	27 000	0,0
Mixed sample 1	1100 + 710	7,8	LS/2	3	8 500	96,3
Mixed sample 1	1100 + 710	7,7	LS/8	3	1 500	94,4
Mixed sample 1	1100 + 710	7,5	LS/2	5	4 600	98,0
Mixed sample 1	1100 + 710	7,7	LS/8	5	1 100	99,5

Mixed sample 2	22+31+23+13+21+59	7,6	LS/2	3	4 300	0
Mixed sample 2	22+31+23+13+21+59	7,7	LS/8	3	970	0
Mixed sample 2	22+31+23+13+21+59	7,6	LS/2	3	590	86,3
Mixed sample 2	22+31+23+13+21+59	7,7	LS/8	3	77	92

Results from lab tests performed for verification of the function of Rembind on current soils and to identify what amount of Rembind that would be sufficient to reach the required concentrations of PFAS in leachate.



The results showed that soil with lower levels of PFAS would obtain sufficient reduction of its PFAS leaching properties with 3% Rembind Plus. This as results show PFAS concentrations of 590 ng/l at LS/2. For soil with PFAS concentration > 200 µg/kg, results show that an addition of 5% Rembind Plus brings the PFAS concentrations down to 4 600 ug/kg for the LS/2 analysis.

As the soil when excavated comprised large amounts of gravel, stones and rocks (< 40 mm), all soil was initially shifted through a tumble shifter to minimize the amounts of mass that would have to be treated. Assessment was made in dialogue with the county administrative board, that rocks larger than 40 mm, after analysis on crushed and grounded material, showing concentrations below the site specific criterias, could be returned to the property and used as backfill. This to increase the sustainability of the project and open up for a circular economy approach.

Sample marking	1800 PFAS	1800 PFAS LS/2	1806 PFAS	1806 LS/2
PFOS (ng/l)	47	1600	19	2100
Summa PFAS SLV 11 (ng/l)	47	1800	21	2300

Results for samples from the separated stone fraction. Both total PFAS concentration and leachate concentration at an LS/2 analysis is presented.

The shifted soil was treated by mechanical mixing and addition of water and Rembind Plus. The result was a homogeneous material where the different materials could not be distinguished.

When the soil had been stabilized, control samples were collected and sent to Eurofins laboratory for leachate tests and PFAS analysis. Control sampling was also carried out for the rock fraction >40 mm. All treated materials were cleared for deposit except one batch. This was however deposited within the other treated soil and were therefore not considered to cause a risk to the surroundings.

In total, the project handled 1000 tonnes of metal contaminated soil, 3000 tonnes of PFAS contaminated soil and 950 tonnes of PFAS contaminated concrete. The project was finished in early May 2019. The report for the project will be handed over to the EPA at the end of June.





# Rembind Plus

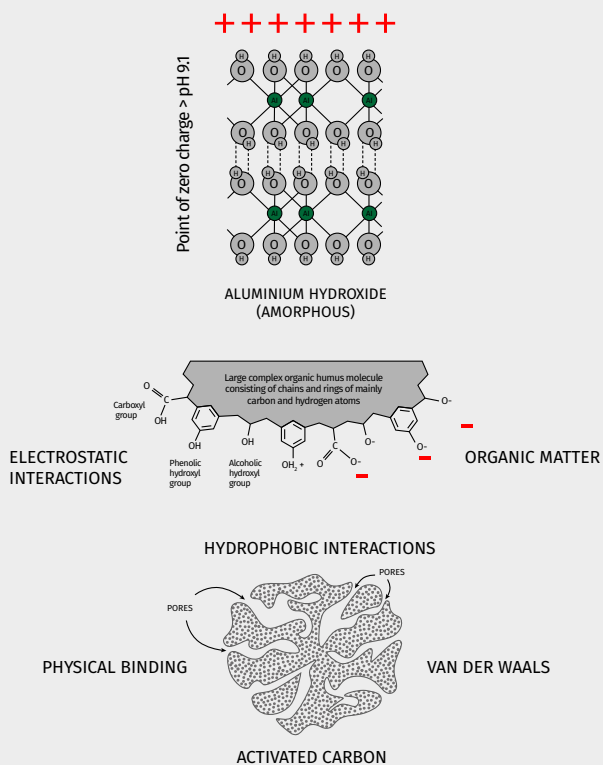
RemBind Plus is a powdered product designed to bind irreversibly to organic contaminants such as TPH, PAH, PFOS, PFC and PCB, and also some heavy metals including chromium, arsenic and mercury, to prevent leaching.

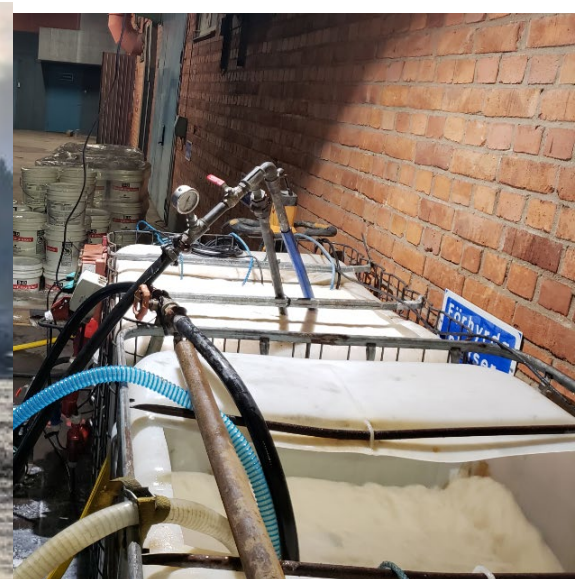
The full-scale treatment process involves mixing of RemBind with soil or waste at a rate of 2% - 10% by weight using soil blending equipment and process water. Within 24 hours the contaminants will be chemically fixed and the reduction in leachability can be used to make a case for safe disposal, storage or reuse (depending on the local regulations).

Selected samples of contaminated soil treated with Rembind Plus have been subjected to the rigorous Multiple Extracton Procedure MEP, US EPA Method 1320. The method has been developed to determine the longevity of bindings. Results from the MEP test show that soil treated with Rembind Plus 100 passed the stringent test which simulates 1000 years of acid rain in an omproperly designed sanitary landfill.



## How it works





# Envytech Solutions AB

Företagspresentation



# Envytech Solutions AB – Tjänster

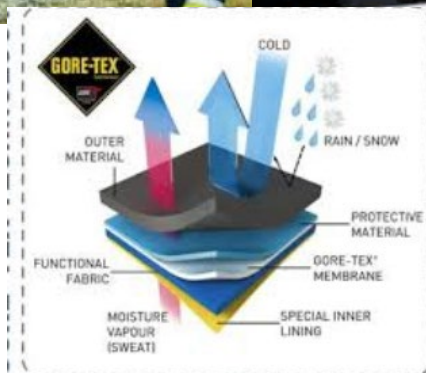


- Spetskompetens inom vattenrening
- Egna vattenreningsanläggningar / system
  - Förbehandlingar för susp, pH
  - Filtermassor för alla olika föroreningar
  - Flockning fällning
  - Hantering av flöden från 0,5-40 m<sup>3</sup>/
- Spetskompetens inom behandlingstekniker för jord och grundvatten, ex-situ, on site, in-situ
  - Pump and treat
  - Injektering av behandlingsmedel
  - Stabilisering av massor (PFAS och metaller)
  - airsparging, vakuumextraktion mm
  - Termisk behandling, konduktiv och resestiv
- Totalentreprenörer för saneringsuppdrag
- **Målsättning: Att alltid kunna erbjuda den mest ekonomiska och bäst lämpade tekniken på världsmarknaden för varje problem**

# PFAS – Ursprung och egenskaper

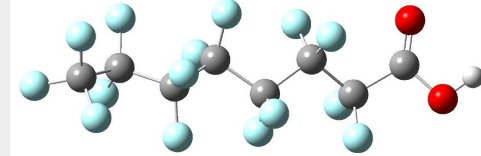
## Vad är PFAS?


*Ett av våra mest använda ämnen för att skapa tåliga material. Återfinns därför över hela världen och i väldigt många produkter*





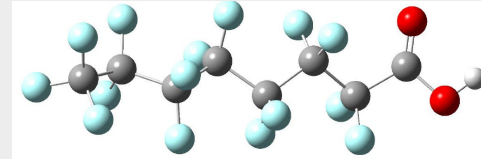
# PFAS – Ursprung och egenskaper



- En molekyl designad av människan för att tåla påverkan
  - Består av tusentals ämnen, alla med minst en C-F bindning (Kol-Flour). C-F bindningen klassad som den starkaste atombindningen ännu påvisad
  - Jonform, + - eller båda
  - Hydrofobisk och lipophilik: “rädd” för vatten, men binder gärna till fett och proteiner, egenskaper i likhet med mjukgörare
- 
- Hög löslighet
  - Giftig i mycket små mängder
  - Lagras i djur och människor,
  - Mycket svår att både rena från och destruera

# PFAS – Ursprung och egenskaper

## Olika typer av PFAS



- **Precursors / föregångare**

Arter av perflourerade ämnen och polymerar som bryts ner till PFOS och PFOA

- **Korta kedjor – mer lösliga, Svårare att fånga**

- S.k. **PFCAs** med 7 eller färre kolatomer, samt 6 eller färre perflourerade kolatomer
- S.k. **PFSAs**, med 5 eller färre kolatomer, samt 5 eller färre perflourerade kolatomer

- **Långa kedjor – mindre lösliga, lättare att fånga**

- S.k. **PFCAs** med 8 eller fler kolatomer, eller 7 eller fler perflourerade kolatomer
- S.k. **PFSAs**, med 6 eller fler kolatomer, samt 6 eller fler perflourerade kolatomer

# PFAS – Tillgängliga tekniker

## Reningstekniker idag

### Jordtvätt

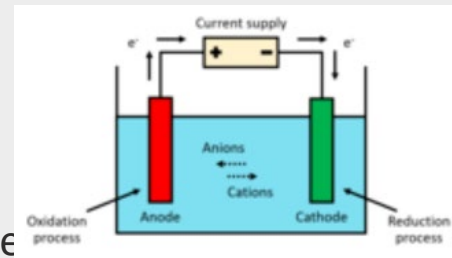
- Effektiv på lite grövre material
- Höga flöden med vatten med mycket partiklar kräver dyra förbehandlingssystem för att kofilter eller jonbytare skall kunna fungera.
- Skapar högkoncentrerad “sludge” som vid avvattning skapar koncentrerat vatten och ett avfall som måste brännas
- **Ej hållbart alternativ, höga kostnader, skapar avfall som saknar fungerande åtgärd**

### Elektrokemisk oxidation

- Teknik för att mineralisera PFAS
- Utförs idag i bänkskala
- Fungerar bra, men är effektiv på högkoncentrat, klarar idag endast små te
- **Hållbar metod men mycket kostsam, ej utvecklad för behandling av större mängder m. låga koncentrationer**

### Förbränning

- Den enda fullskaliga tekniken för destruction/mineralsiering av PFAS
- **Ej hållbar metod, Höga kostnader**



# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

## Schakt och deponi



- Goda kontaktmöjligheter vid schakt i mättad zon
- Ingen lösning för löst förorening
- Förflyttar problemet till annat ställe → ökad spridning
- Okänt hur reningsanläggningar fungerar för PFAS blandat med annat lakvatten



# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

---

## Aktivt kol som stabilisator av förorenade massor i omättad zon



# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

## Aktivt kol som stabilisator av förorenade massor i omättad zon (Rembind)

- Patenterat material av aktivt kol, aluminiumhydroxid, (amorfiskt) + antal andra adsorptionsämnen.
- 200-400  $\mu\text{m}$
- Blandas med den kontaminerad jord genom uppgrävning och mixning
- Bra kontaktytor genom att problemjord blandas väl med produkten





# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

---

Flertalet projekt har utförts i USA och Australien, och pilottester pågår i Europa.

Envytech har utfört två stabiliseringsprojekt i Sverige:

Skanör Vellinge: 300 ton massor föroreande med PFAS

Markaryd: 3000 ton massor föroreande med PFAS, cyanid, zink, krom koppar mm



# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

## Referensprojekt

Skanör, Vellinge, Brandstation under utbyggnad

### Bakgrund:

Aktuell miljömyndighet tillåter inte deponering av massor i det fall anläggningen inte har ett kartlagt åtgärdssystem för omhändertagande av PFAS förorenade massor och dess lakvatten.

**Ingen sådan deponi kunde påvisas!**

### Utförande:

- PFOS förorenad jord invid en brandstation i drift
- Proverna förbereddes i enlighet med Avfall Sveriges rutiner för analys på avfall med avseende på lakvatten för L/S 2 och L/S 8.
- Rembind Plus blandades med en del av provet
- Ett prov förbereddes utan inblandning av Rembind Plus
- Proverna skickades till ackrediterat laboratorium (Eurofins) för laktest och analys med avseende på PFAS 30

### Metoder för laktest:

- 2 stegs skaktest, utfört enligt standard EN 12457-3, europeiska standardutförandet för laktest av avfall och som är ett skallkrav enligt NFS 2004:10





# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

## Referensprojekt - Resultat

**Tabell 4: En sammanställning av resultat från utförda skaktester för uttagna jordprover vid schaktarbeten inom fastigheten Kv. Skanör 8:15. Blå kolumner representerar prover stabiliserade med Rembind. För analysprotokoll, se bilaga 1**

Provnummer	177-2018-04111267	177-2018-04111269	177-2018-04111268	177-2018-04111270
Provtagningsdag				
Ankomstdag	2018-04-06	2018-04-06	2018-04-06	2018-04-06
Provets märkning	Skaktest med rembind L/S=2	Skaktest utan rembind L/S=2	Skaktest med rembind L/S=8	Skaktest utan rembind L/S=8
6:2 FTS (Fluortelomer sulfonat) (ng/l)	<10	12	<0,30	<10
PFBA (Perfluorbutansyra) (ng/l)	<20	24	<0,60	<20
PFBS (Perfluorbutansulfonsyra) (ng/l)	<10	<0,30	<10	<10
PFDA (Perfluordekansyra) (ng/l)	<10	220	<0,30	57
PFHpA (Perfluorheptansyra) (ng/l)	<10	21	<0,30	<10
PFHxA (Perfluorhexansyra) (ng/l)	<10	58	<0,30	<10
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyra) (ng/l)	<10	10	<0,20	<10
PFNA (Perfluornonansyra) (ng/l)	<10	42	<0,30	<10
PFOA (Perfluoroktansyra) (ng/l)	<10	20	<0,30	<10
PFOS (Perfluoroktansulfonsyra) (ng/l)	<10	830	0,77	220
PFPeA (Perfluorpentansyra) (ng/l)	<10	150	<0,30	12
Summa PFAS (ng/l)	<50	1400	0,77	290

# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

## Referensprojekt

Markaryd, Sanering av en f.d. ytbehandlingsindustri

**Tabell 1.** Sammanställning av analysresultaten avseende PFAS (22 st) i olika delströmmar inom HKC. Delströmmarna FA, IFA samt gamla IFA är prov på lakvatten från respektive deponi. Delströmmen TBA är ett prov på vatten som kommer från ytan där trä- och brännbart lagras och behandlas. SBT UTG är prov på renat vatten efter SBR. Resultaten redovisas i ng/l och som summan av 22 st PFAS.

Delström	Februari	April	Juni*	Augusti	Oktober
FA	2 800	2 000	1 820	2 000	3 500
IFA	9 800	11 000	10 300	11 000	13 000
Gamla IFA	10 000	9 700	9 380	8 600	8 400
TBA	300	310	138	390	1 000
SBR UTG	5 600	5 900	4 600	6 800	4 900

\* Något annorlunda analyspaket, dock bedöms detta inte påverka sammanställningen av analysresultaten nämnvärt



**HÄSSELHOLM MILJÖ AB**  
VI BRINER FÖR EN HÅLLBAR FRAMTID

# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

---

## Referensprojekt

Skanör, Vellinge, Brandstation under utbyggnad

Utförande stabilisering, Fullskala, ca 300 ton

The logo for envytech is displayed on a teal background. The word "envytech" is in a bold, white, sans-serif font. Below it, the words "Miljö & teknik" are written in a white, handwritten-style script font.

**envytech**  
*Miljö & teknik*

# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

## Referensprojekt

Markaryd, Sanering av en f.d. ytbehandlingsindustri

### Bakgrund:

Fastighet för f.d. ytbehandlingindustri skall saneras. Samverkansprojekt mellan kunden, Sweco och Envytech. Start 2018. Förväntas klar 1 april 2019. Ca 4000 ton förorenade massor varav 3000 ton med PFAS över KM. ca 1000 m<sup>3</sup> förorenat vatten för att möjliggöra schakt under gv ytan renas med avseende på PFAS, cyanid, zink, krom, krom6+, koppar och bly.

**Ingen deponi i närområdet ville ta emot massorna efter att vi frågat om de hade några kontroller för PFAS i lakvattnet eller någon anpassad hantering.**

### Utförande:

- Labbtest utfördes. Jordmassor med förorening 3 – 170 ug/kg samt 170 - >1000 ug/kg stabiliserades med 3% respektives 5% Rembind. Laktest utfördes även på massor som ej stabiliserades.
- Laktest utfördes på samtliga tre prover

# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

## Referensprojekt

Markaryd, Sanering av en f.d. ytbehandlingsindustri

## Resultat labbförsök

Ämne	Halt Summa PFAS SLV 11	Lakning	PFHxS	PFOS	Rembind	pH	Summa PFAS SLV 11	Reduktion lakning
Enhet	ng/kg		ng/l	ng/l	%	ng/kg	ng/l	%
Samlingsprov 1	1100 + 710	L/S 2	2 800	230 000	0	7,5	230000	0,0
Samlingsprov 1	1100 + 710	L/S 8	150	27 000	0	7,6	27000	0,0
Samlingsprov 1	1100 + 710	L/S 2	77	8400	3	7,8	8500	96,3
Samlingsprov 1	1100 + 710	L/S 8	11	1500	3	7,7	1500	94,4
Samlingsprov 1	1100 + 710	L/S 2	45	4600	5	7,5	4600	98,0
Samlingsprov 1	1100 + 710	L/S 8	10	1100	5	7,7	1100	99,5
Samlingsprov 2	22+31+23+13+21+59	L/S 2	270	3800	0	7,6	4300	0
Samlingsprov 2	22+31+23+13+21+59	L/S 8	12	960	0	7,7	970	0
Samlingsprov 2	22+31+23+13+21+59	L/S 2	17	570	3	7,6	590	86,3
Samlingsprov 2	22+31+23+13+21+59	L/S 8	<10	77	3	7,7	77	92

Resultat gav att:

- "Mediumförorenade massor" stabiliseras med 3% Rembind Plus
- "Högförorenade massor" stabiliseras med 5% Rembind Plus



# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

## Referensprojekt

Markaryd, Sanering av en f.d. ytbehandlingsindustri

### Utförande:

- PFOS förorenad jordmassor förklassades, schaktades upp och transporterades till HMAB Vankiva
- Jordmassor trumsiktades och stenfraktion >40 mm sorterades ut för att minimera mängden massor till deponi.
- Stenen provtogs och friklassades och återanvänds i projektet som fyllnadsmaterial
- Massorna stabiliserades sedan med Rembind genom mixning i trumsikten
- Massorna laktetas sedan innan de deponeras som IFA material i vanliga celler



# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

## Leachability Characteristics of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in 14 Soils from Airport Sites across Australia

Richard Stewart<sup>1</sup> and Ross McFarland<sup>2</sup>

Site	Soil Type	Product	Product Addition Rate % (w/w)	PFAS Concentrations in Soil Leachates*					Below NSW EPA Landfill Criteria? 50 µg/L**	PFOS Reduction %	Passed USEPA Method 1320?	PFOS/Total PFAS*** %
				PFOS mg/kg	PFOS µg/L Before Treatment	PFOA µg/L	PFOS µg/L After Treatment	PFOA µg/L				
1	Silty clay loam	RemBind Plus	5.0	0.74	34	0.65	0.29	<0.02	Yes	99.20	Yes	86
2	Silty clay	RemBind Plus	7.5	2.24	376	5.6	0.1	<0.02	Yes	99.97	Yes	67
3	Clay	RemBind Plus	5.0	20.9	695	11	1.5	<0.02	Yes	99.80	nt	99
4	Clayey silt (organic)	RemBind Plus	10.0	3.15	38	1.17	1.9	<0.02	Yes	95.00	Yes	99
5	Sand	RemBind Plus	5.0	1.26	1	1	<0.02	<0.02	Yes	>98.00	nt	99
6	Heavy clay	RemBind Plus	5.0	3.01	87	1.54	<0.02	<0.02	Yes	>99.98	nt	nt
7	Silty sand	RemBind Plus	5.0	7.25	190	0.05	0.05	<0.02	Yes	99.97	Yes	99
8	Clayey loam	RemBind Plus	5.0	1.45	62.5	2.7	<0.02	<0.02	Yes	>99.97	Yes	98
9	Clay/gravel (spill)	RemBind Plus	10.0	184	4,780	222	3.52	0.21	Yes	99.90	Yes	nt
10	Clay/gravel	RemBind Plus	5.0	1.24	72	0.7	0.1	<0.01	Yes	99.90	nt	66
11	Heavy clay	RemBind Plus	5.0	0.67	36	1	0.1	<0.01	Yes	99.70	nt	40
12	Clay	RemBind Plus	5.0	0.78	43	0.6	0.1	<0.01	Yes	99.80	nt	57
13	Silty clay	RemBind Plus	2.5	nt	120	0.51	0.16	<0.02	Yes	99.90	nt	67
14	Silty clay	RemBind Plus	2.5	nt	184	1.84	0.2	<0.02	Yes	99.89	nt	67

As prepared by TCLP or ASLP at pH 5

\* NSW landfill guidelines stipulate a soil leachate criteria of 50 µg/L for PFOS + PFHxS for general solid waste

\*\* Ratio of total PFOS/total PFAS extended suite (20 analytes) run by Australian Laboratory Services

TCLP = Toxicity Characteristic Leaching Procedure

ASLP = Australian Standard Leaching Procedure

nt = not tested

**AECOM**

**envytech**  
Miljö & teknik



# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

## Influence of a commercial adsorbent on the leaching behaviour and bioavailability of selected perfluoroalkyl acids (PFAAs) from soil impacted by AFFFs

Jennifer Bräunig, Christine Baduel and Jochen Mueller

The University of Queensland, National Research Centre for Environmental Toxicology (Entox), Brisbane 4108, Australia j.braunig@uq.edu.au

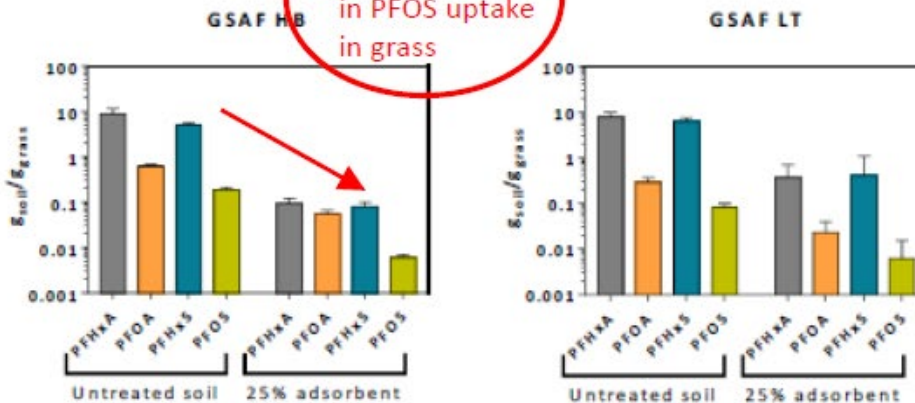


national research centre for environmental toxicology  
Entox is a joint venture between The University of Queensland and Queensland Health



### Grass accumulation

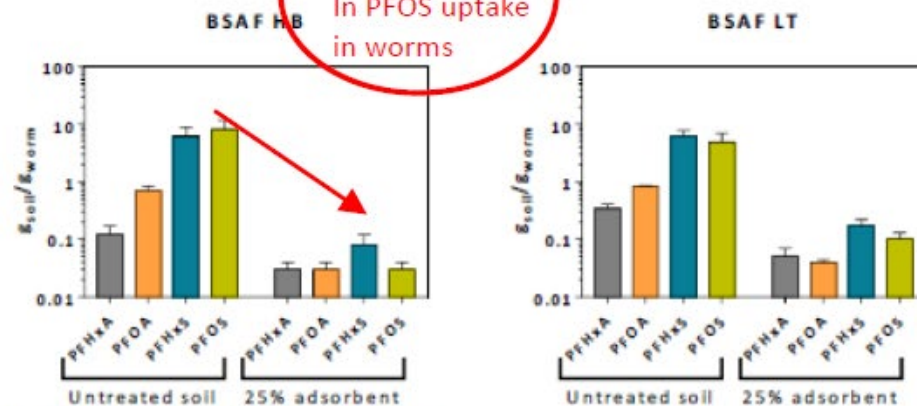
96% reduction  
in PFOS uptake  
in grass



- Decreased uptake into wheat grass after application of adsorbent
- Higher accumulation of molecules with shorter carbon chain
- 30-fold decrease in PFOS accumulation for HB soil.

### Earthworm accumulation

99% reduction  
in PFOS uptake  
in worms



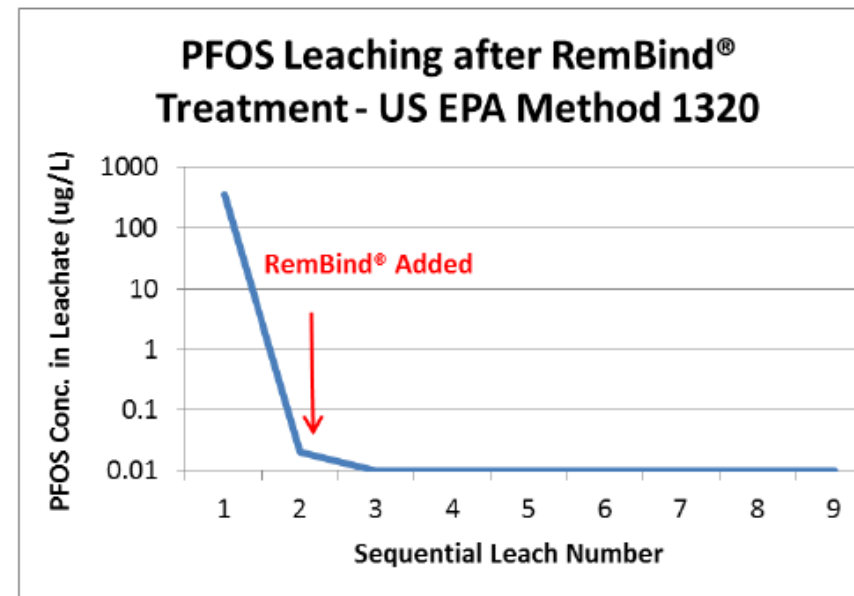
- Higher accumulation of PFHxS and PFOS
- Higher accumulation of longer carbon chain molecules
- Decreased accumulation of all PFAAs after application of 25% adsorbent.



# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

## Long Term Stability: USEPA Method 1320

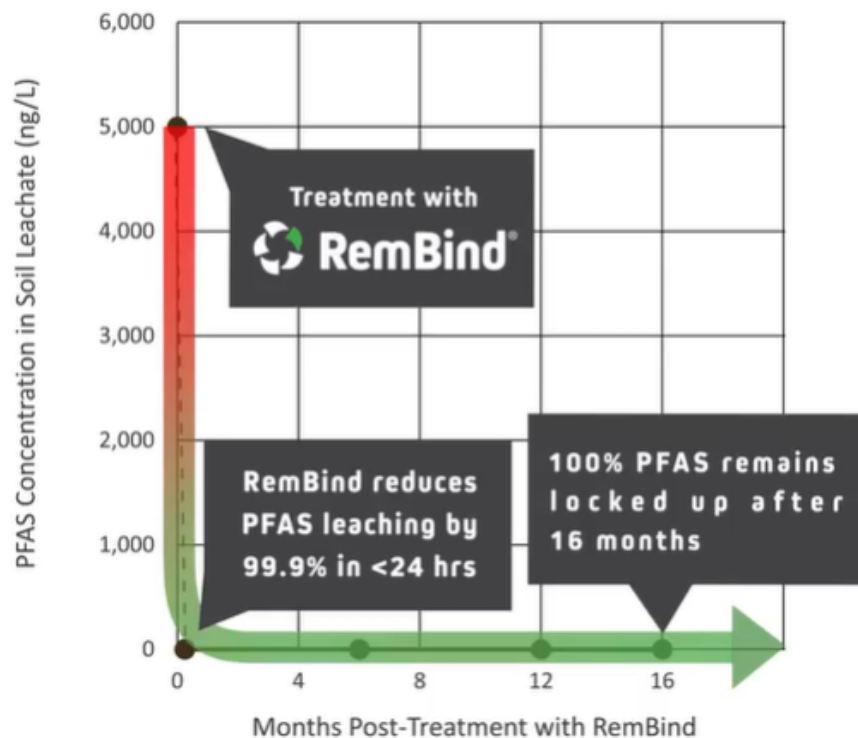
- 10 sequential leaches for 24 hours at pH 3-5 on shaker – worst case scenario.
- Simulates up to ~1,000 years of acid rain in an improperly designed landfill.



# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag



## US Field Study Demonstrates Long Term Immobilisation of PFAS



An independent field study at a US site has demonstrated that the RemBind technology immobilises PFAS contaminants without release after more than 16 months of monitoring, potentially paving the way for the safe onsite reuse of PFAS contaminated soils.

For more Case Study information click here:

<https://lnkd.in/gwa65Z4> ✓

#aquablok #remedi: ...see more



Messaging



# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

**Stabilisering → schakt och deponi som möjlig åtgärd**  
**- I det fall massorna inte kan lämnas kvar**



# PFAS i vatten – Tillgängliga tekniker

## Reningstekniker idag





# PFAS – Tillgängliga tekniker

## Reningstekniker idag

### PAC / GAC – Aktivt kol

- Fungerar på längre kolkedjor, mycket begränsad effect på kortare kedjor
- Kapacitet är starkt beroende av organsika material och organiska föroreningar
- Kräver väl fungerande partikelavskiljningssystem för att erhålla kapacitet
- Genererar förhållandevis mycket avfall
- Kortare livstid desto högre halter av PFAS i vattnet
- Betydande kostnader för både inköp av kol, arbeten med filterbyten och destruction
- **Ej ett hållbart alternativ, höga kostnader, mycket begränsad effekt**

### Jonbytare

- Fungerar bra på längre kolkedjor, men också bra på de “mellanlånga” PFAS ämnena. Dock begränsad effekt på korta PFAS.
- Höga kostnader vid inköp, kräver väl fungerande och ofta kostsamma förbehandlingssystem, höga destruktionskostnader
- Finns jonbytmassor som kan regenereras, men kostnaden är inte känd eller angiven för hur mycket energi som behövs för detta, eller hur mycket “högkoncentrerad” spolvätska som produceras och som måste destrueras
- **Ej ett hållbart alternativ, höga kostnader, begränsad effekt**

# PFAS – Tillgängliga tekniker

## Reningstekniker idag



# PFAS – Tillgängliga tekniker

## Reningstekniker idag

### PAC / GAC – Aktivt kol

- Fungerar på längre kolkedjor, mycket begränsad effect på kortare kedjor
- Kapacitet är starkt beroende av organsika material och organiska föroreningar
- Kräver väl fungerande partikelavskiljningssystem för att erhålla kapacitet
- Genererar förhållandevis mycket avfall
- Kortare livstid desto högre halter av PFAS i vattnet
- Betydande kostnader för både inköp av kol, arbeten med filterbyten och destruction
- **Ej ett hållbart alternativ, höga kostnader, mycket begränsad effekt**

### Jonbytare

- Fungerar bra på längre kolkedjor, men också bra på de “mellanlånga” PFAS ämnena. Dock begränsad effekt på korta PFAS.
- Höga kostnader vid inköp, kräver väl fungerande och ofta kostsamma förbehandlingssystem, höga destruktionskostnader
- Finns jonbytarmassor som kan regenereras, men kostnaden är inte känd eller angiven för hur mycket energi som behövs för detta, eller hur mycket “högkoncentrerad” spolvätska som produceras och som måste destrueras
- **Ej ett hållbart alternativ, höga kostnader, begränsad effekt**



# SAFF – Surface Active Foam Fractionation

---



# SAFF – Surface Active Foam Fractionation

- Utnyttjar PFAS-föreningars fysiokemiska benägenhet att fästa vid luftbubblor
- Väl vid ytan avlägsnas PFAS genom separation och koncentration genom i steg 1 ett passivt ”spill över kanten” system
  - ➔ Renat vatten släpps till recipient
- I steg 2 och 3 koncentreras avskild PFAS och vatten genom fraktionering med vakuum.
  - ➔ **koncentrationer av 50 000 – 2 000 000 x inledande halter**  
**Avfall omfattar Endast REN PFAS**  
**Ca 2,5 dl per 2500 m3 behandlat vatten**

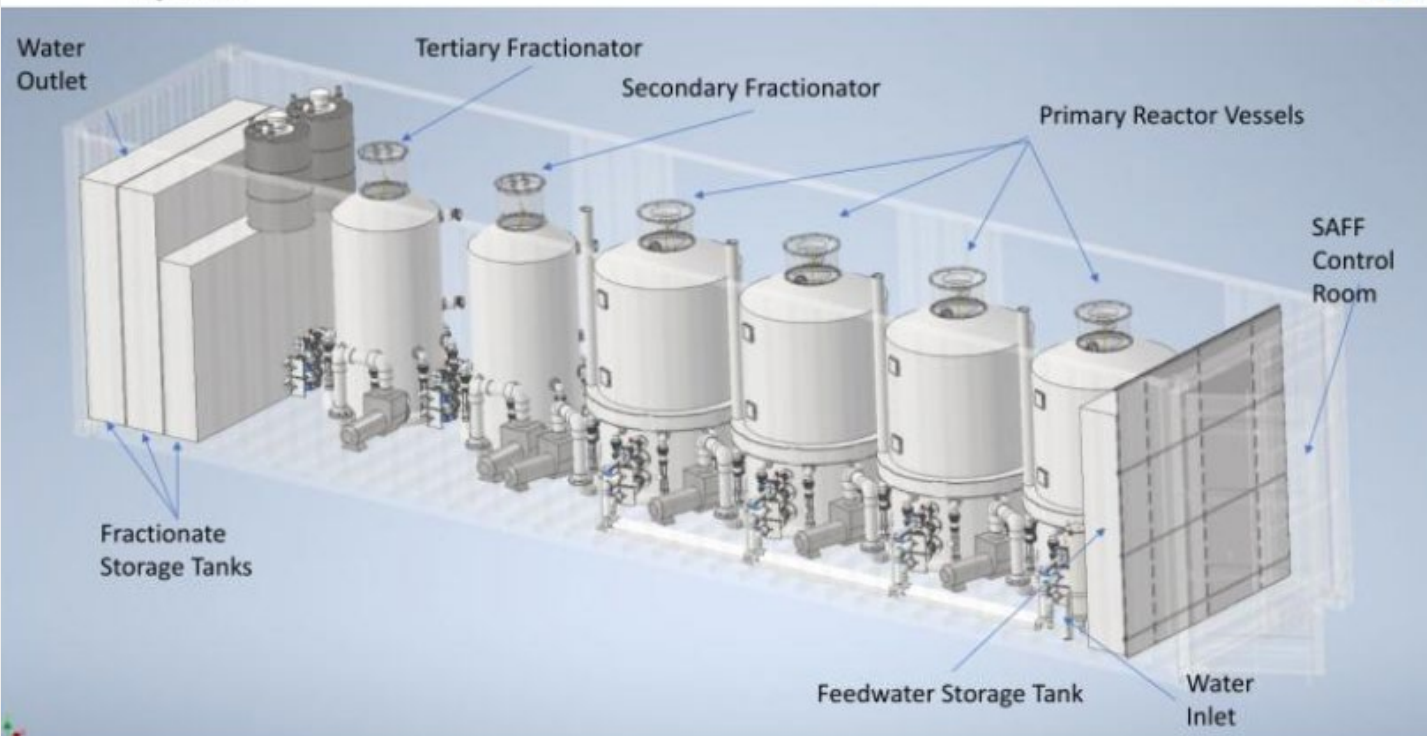


# SAFF

Endast tillsats av  
luft



## ENVYTECH 40' CONTAINERISED SAFF SYSTEM



- Första steget: 10 x koncentrationen
- Andra steget: 1,000 x koncentrationen
- Tredje steget: 50- 200 x koncentrationen
- Total möjlig koncentration: 500,000 – 200,000, 000 gånger inledande koncentration

# SAFF

- **Reningseffekt för PFAS 11:**

PFAS	Removal %, Average
PFBA	21%
PFPeA	24%
PFHxA	20%
PFHpA	67%
PFOA	100%
PFNA	100%
PFDA	100%
PFBS	22%
PFHxS	99%
PFOS	100%
6:2 FTS	100%

- Reningseffekt för de flesta vatten (AFFF)  
80-99%

- Reningseffekt för deponivatten med stor del korta PFAS: 40-70%

## Driftkostnader:

Ämne	Uppskattad SAFF cykeltid (inkl. 10 min för fyllning och tömning)	Kapacitet 40 fots SAFF container (m3/dag)	Elektricitetsanvändning, kwh per m3 behandlat vatten	Beräknad kostnad för el per m3 behandlat vatten (1,40 SEK/kwh)
PFPrS	60	240	2,00	2,80
PFBA	60	240	2,00	2,80
PFBS	45	320	2,00	2,80
PFPeA	60	240	2,00	2,80
PFPeS	45	320	2,00	2,80
PFHxA	60	240	2,00	2,80
PFHxS	25	576	2,00	2,80
PFHpA	30	480	2,00	2,80
PFOA	15	960	2,00	2,80
PFOS	15	960	2,00	2,80
PFOSA	25	576	2,00	2,80
PFNA	25	576	2,00	2,80
PFDA	20	720	2,00	2,80
6:2FTS	20	720	2,00	2,80
8:2FTS	15	960	1,00	1,40



# SAFF – Surface Active Foam Fractionation

## Fördelar

- Systemet är robust – fungerar utan reducerad effekt oavsett om vattnet innehåller stora mängder suspenderat material, föroreningar av olika slag och/eller biologiska ämnen
- Fungerar oavsett koncentrationer – höga koncentrationer inget problem, endast fördel
- Fungerar bättre i kallare vatten och är inte pH-känsligt.

➔ Minimalt behov av förbehandlingssystem

## Begränsningar

Fungerar > 99,9% på PFAS med kolkedjor längre än C6 (ex. PFOS, PFOA, PFHxS, 6:2)

Fungerar 25-35% på PFAS med kolkedjor kortare än C6 (ex. PFBA, PFPeA, PFHxA)

Kvarvarande korta PFAS kan putsas med hjälp av jonbytare. SAFF minimerar mängden jonbytare som behövs, ökar livstiden på massan.

# Resultat Projekt Australien, 50 000 m3 renat

## Oakey Results

### SAFF™ + AIX (FTA GWEW Array-1)

Commissioned 19th May 2019

- Term: 3yrs, (2+2yr options)
- 20 ML Treated (GW & SW)
- 500L PFAS Waste Conc. (cont. COC)
- 2.7kWh/m<sup>3</sup> (WTP + SAFF)
- Three Fractionation Stages total CF 42,000x
- New CF 1-10Mx in-development

### SAFF™ + AIX

- Contract <0.07µg/l
- Aust. DoD website reporting <0.01µg/l

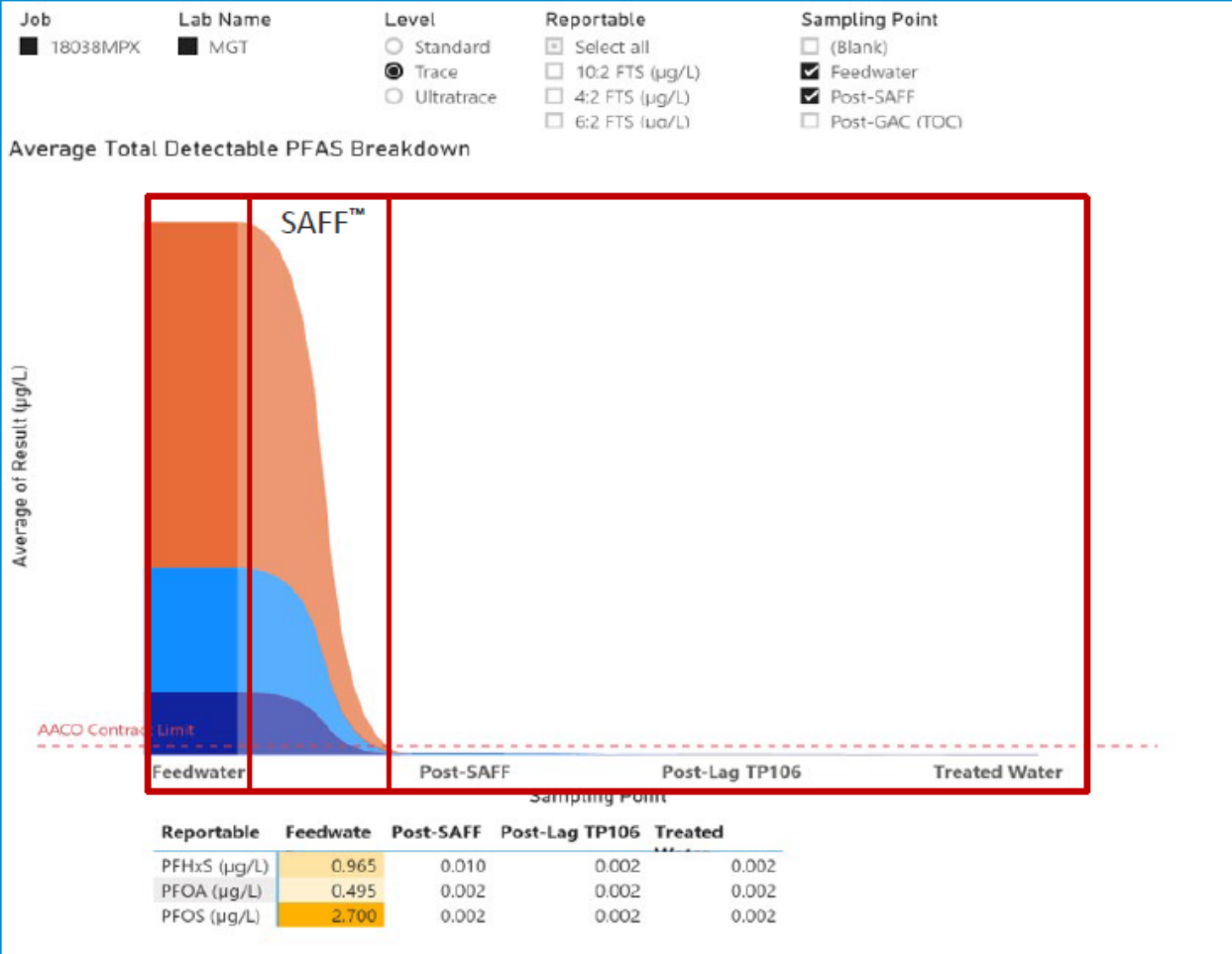


[www.opecsystems.com](http://www.opecsystems.com)



# Resultat Projekt Australien, 50 000 m3 renat

## Pre- and Post- SAFF™ PFAS Signature



## KEY POINTS

1. Heavy Lifter
2. 100% Removal L-Chains
3. >85% Bulk PFAS Reduction (source zone)  
50-60% down-gradient
4. Limits Polishing
5. CAPEX/OPEX fixed cf [PFAS]
6. Low OPEX
7. Scalable, Modular, Stackable
8. Sustainable

# Resultat Projekt Australien, 50 000 m3 renat

## Monitoring 30+ PFAS Compounds (AACO)

**Job** 18038MPX **Lab Name** MGT

**Level**  
☐ Standard  
☒ Trace  
☐ Ultratrace

**Reportable**  
☒ Select all  
☒ 10:2 FTS (µg/L)  
☒ 4:2 FTS (µg/L)  
☒ 6:2 FTS (µg/L)

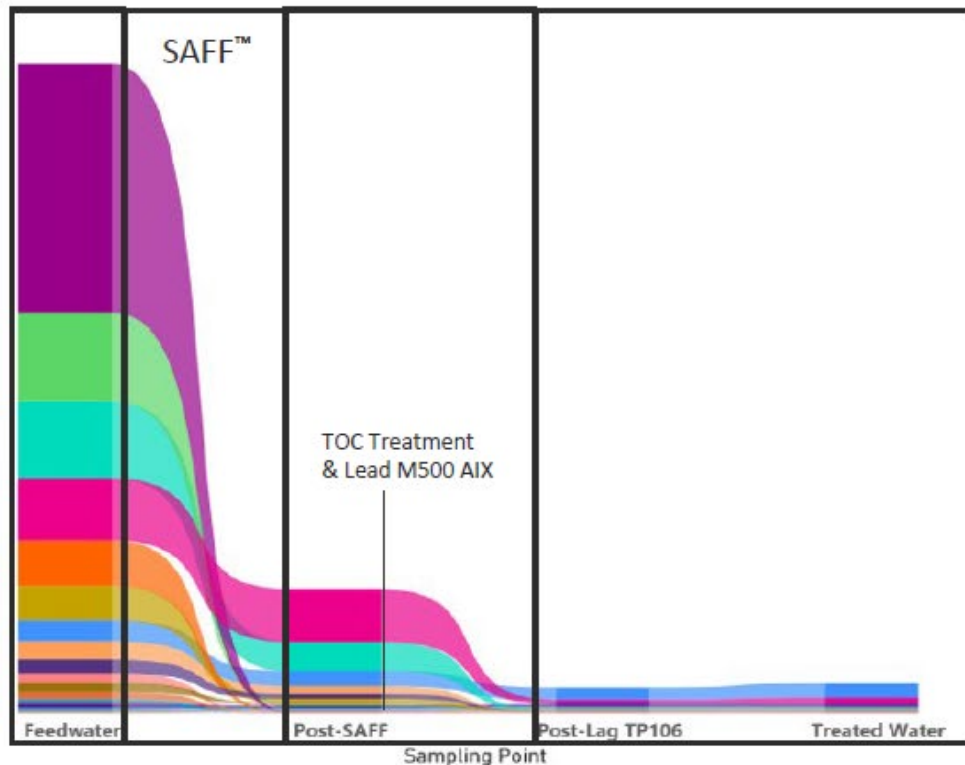
**Sampling Point**  
☐ (Blank)  
☒ Feedwater  
☒ Post-SAFF  
☐ Post-GAC (TOC)

Sampled Time

10/16/2019

1/22/2020

Average Total Detectable PFAS Breakdown



Reportable	Feedwater	Post-SAFF	Post-Lag TP106	Treated
10:2 FTS (µg/L)	0.010	0.010	0.010	0.010
4:2 FTS (µg/L)	0.010	0.010	0.010	0.010
6:2 FTS (µg/L)	0.086	0.005	0.005	0.005
8:2 FTS (µg/L)	0.026	0.010	0.010	0.010
EtFOSA (µg/L)	0.005	0.005	0.005	0.005
EtFOSAA (µg/L)	0.005	0.005	0.005	0.005
EtFOSE (µg/L)	0.005	0.005	0.005	0.005
FOSA (µg/L)	0.005	0.005	0.005	0.005
MeFOSA (µg/L)	0.005	0.005	0.005	0.005
MeFOSAA (µg/L)	0.005	0.005	0.005	0.005
MeFOSE (µg/L)	0.005	0.005	0.005	0.005
PFBA (µg/L)	0.230	0.163	0.140	0.160
PFBS (µg/L)	0.198	0.082	0.002	0.002
PFDA (µg/L)	0.003	0.001	0.001	0.001
PFDoDA (µg/L)	0.001	0.001	0.001	0.001
PFDS (µg/L)	0.001	0.001	0.001	0.001
PFHpA (µg/L)	0.368	0.047	0.002	0.002
PFHpS (µg/L)	0.102	0.002	0.002	0.002
PFHxA (µg/L)	0.835	0.317	0.003	0.003
PFHxS (µg/L)	0.965	0.010	0.002	0.002
PFNA (µg/L)	0.048	0.001	0.001	0.001
PFNS (µg/L)	0.010	0.001	0.001	0.001
PFOA (µg/L)	0.495	0.002	0.002	0.002
PFOS (µg/L)	2.700	0.002	0.002	0.002
PFPeA (µg/L)	0.675	0.573	0.046	0.068
PFPeS (µg/L)	0.153	0.058	0.002	0.002
PFPnS (µg/L)	0.098	0.014	0.001	0.001
PFTeDA (µg/L)	0.001	0.001	0.001	0.001
PFTTrDA (µg/L)	0.001	0.001	0.001	0.001
PFUnDA (µg/L)	0.001	0.001	0.001	0.001



# Erfarenheter Svenska vatten

PM Satsvisa försök med skumfraktionering för  
PFAS-rening av lakvatten från   
avfallsanläggning

Provplats	PFOS (ng/l)	PFAS Σ11 (ng/l)
G2	1,1	3,6
G22	23	525
G23	1,5	159
G26	3,4	22,7
G27	1,1	39,5
G28	0,62	93,4
G3	4 200	10 850
G4	5 900	24 982
G46	120	2 215
G47	140	3 830
GV1902	18 000	48 179
GV1903	2 800	72 433
GV1904	1 900	25 130
GV1905	490	62 490
GV1907	1 200	20 020
GV1908	33	466
GV1909	64	2 447
GV1910	3 600	12 570
GV24A	330	10 020
P2	320	3 520
STV310	80	3 520

Tabell 2. Reduktionsgrader i skumfraktioneringsförsök med utgående lakvatten och jämförelse med OPECs tidigare försök med grundvatten. Reduktionsgrader i röd betyder att någon av halter som ligger till grund av beräkningen var under detektionsgräns på så sätt att det ger en hög osäkerhet i den beräknade reduktionsgraden.

	Efter 15 min	Efter 60 min	I frak 2	Enligt OPEC presentation
DOC	3%	1%	1%	
PFBS	40%	65%	18%	35%
PFHxS	100%	100%	85%	99%
PFOS	100%	100%	99%	100%
PFBA	-20%	-4%	12%	25%
PFPeA	-13%	8%	9%	30%
PFHpA	100%	100%	50%	80%
PFHxA	45%	93%	9%	25%
PFOA	100%	100%	93%	100%
PFNA	99%	99%	98%	100%
PFDA	97%	97%	95%	100%
6:2 FTS	100%	100%	93%	100%
PFOSA	97%	97%	94%	
HPFHpA	52%	87%	19%	
PFPeS	89%	71%	31%	17%
PFHpS	97%	97%	91%	100%
4:2 FTS	80%	97%	0%	
8:2 FTS	99%	99%	71%	100%
<b>Summa PFAS-11</b>	46%	65%	51%	
<b>Summa PFAS-25</b>	46%	65%	51%	

# Erfarenheter Svenska vatten

## RI.SE Testbed Project, Utvärdering SAFF bänkskala Waste water, Uppsala vatten

Provplats	PFOS (ng/l)	PFAS Σ11 (ng/l)
G2	1,1	3,6
G22	23	525
G23	1,5	159
G26	3,4	22,7
G27	1,1	39,5
G28	0,62	93,4
G3	4 200	10 850
G4	5 900	24 982
G46	120	2 215
G47	140	3 830
GV1902	18 000	48 179
GV1903	2 800	72 433
GV1904	1 900	25 130
GV1905	490	62 490
GV1907	1 200	20 020
GV1908	33	466
GV1909	64	2 447
GV1910	3 600	12 570
GV24A	330	10 020
P2	320	3 520
STV310	80	3 520

	Before treatment ng/l	After treatment ng/l	Removal %
PFBA	*	*	
PFPeA	392	284	28
PFBS	36	56	<5
PFHxA	217	143	34
PFPeS	<0,1	<0,1	1
PFHpA	186	22	88
PFHxS	277	6	98
PFOA	1939	12	99
6:2 FTS	168	<6	>96
PFHpS	<0,2	<0,2	1
PFNA	81	6,8	92
PFOS	1452	24	98
PFDA	<0,4	<0,4	1
PFNS	<0,3	<0,3	1
PFUnDA	<3	<3	1
PFDS	<1	<1	1
PFDoDA	<5	<5	1
PFTriDA	<0,3	<0,3	1
PFDoDS	<0,4	<0,4	1

# Erfarenheter från Tveta, Telge återvinning

## Information I FFU

Inkommande vatten, datum:		19-08-27	19-09-03	19-09-11	19-09-19
Susp. ämnen	mg/l		110	150	300
TOC	mg/l	69	75	87	82
DOC	mg/l	52	45	55	53
PFOA	ng/l	280	300	250	250
PFOS	ng/l	110	120	78	84

Bilaga 5. Skiss över lakvattensystem



Provet innehöll ett stort antal mycket oregelbundna, gulgrönfärgade konglomerat av partiklar. Konglomeraten föreföll bestå av en gelatinös massa med ett större antal mindre partiklar. Det gick ej att urskilja några tydliga organismer i dessa konglomerat.

Provet innehöll även encelliga zooflagellater (protozoer), vilka är vanliga i miljöer där det finns gott om lättnedbrytbart organiskt material. Ett exempel på en zooflagellat som förekom vanligt i provet var *Bodo sp.*

# Erfarenheter från Tveta, Telge återvinning

## Information I FFU

Det har utförts flera pilotförsök på lakvattnet och slutsatsen av dessa är att det krävs en långtgående förfiltrering eller liknande för att kunna reducera det organiska materialet, som annars utgör en alltför belastande störning på filter och polersteg. Det har visat sig omöjligt att endast rena lakvattnet med hjälp av till exempel seriekopplade kolfilter.





# Erfarenheter från Tveta, Telge återvinning

RI.SE Testbed Project

Utvärdering SAFE

bänkskala

Waste water  
vatten

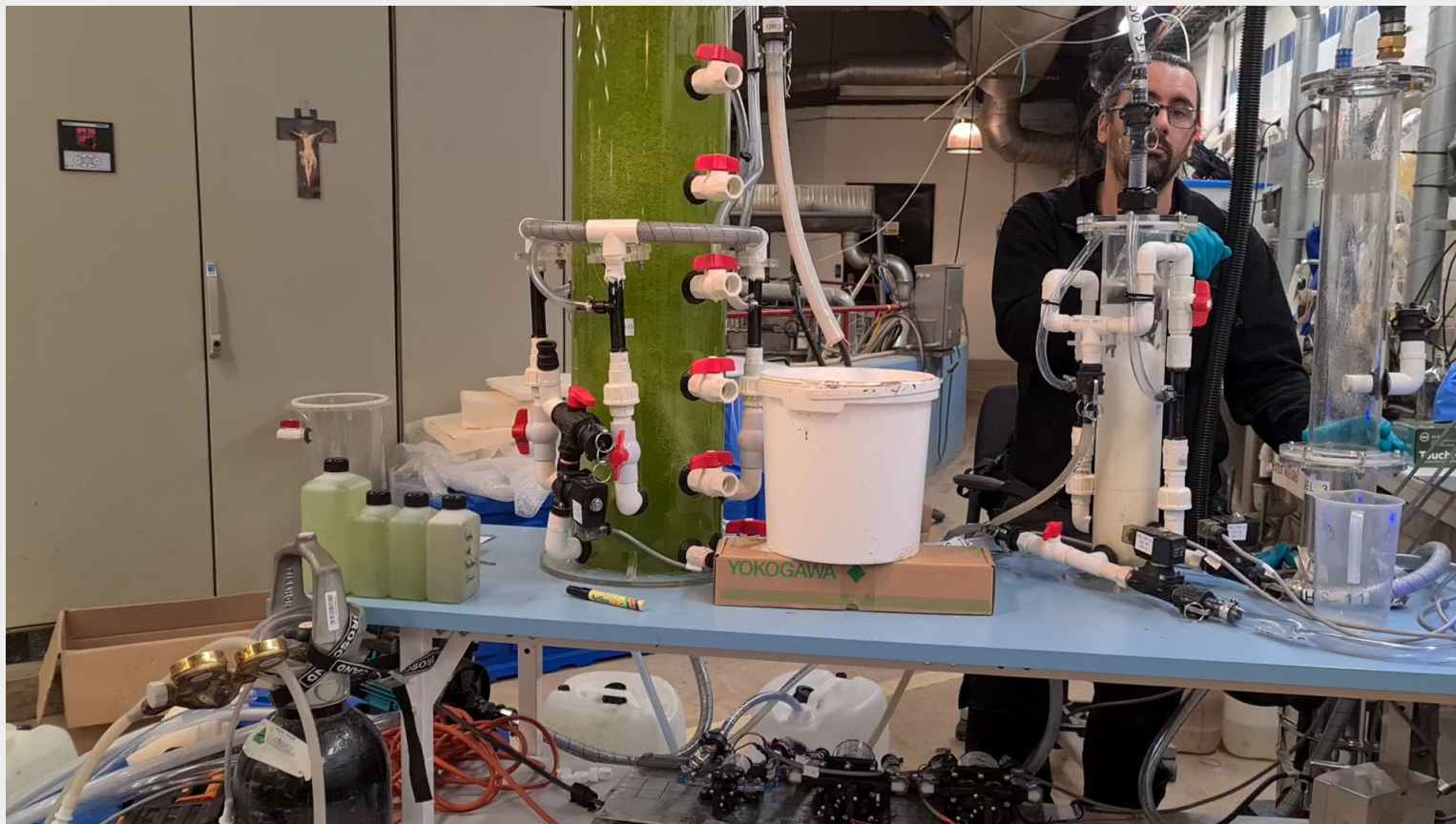


PFNS	<0,3	<0,3	1
PFUnDA	<3	<3	1
PFDS	<1	<1	1
PFD <sub>o</sub> DA	<5	<5	1
PFTriDA	<0,3	<0,3	1
PFD <sub>o</sub> DS	<0,4	<0,4	1

	PFOS (ng/l)	PFAS Σ11 (ng/l)
	1,1	3,6
	23	525
	1,5	159
	3,4	22,7
	1,1	39,5
	0,62	93,4
	4 200	10 850
	5 900	24 982
	120	2 215
	140	3 830
	18 000	48 179
	2 800	72 433
	1 900	25 130
	490	62 490
	1 200	20 020
	33	466
	64	2 447
	3 600	12 570
	330	10 020
	320	3 520
	80	3 520

# Erfarenheter från Tveta, Telge återvinning

## Utvärdering SAFF Bänkskala Tveta Lakvatten, Faktionering steg 1



# Erfarenheter från Tveta, Telge återvinning

---

## Utvärdering SAFF Bänkskala Tveta Lakvatten, Faktionering steg 1





# Erfarenheter från Tveta, Telge återvinning

## Utvärdering SAFF Bänkskala Tveta Lakvatten

Organiska miljöanalyser - PFAS		37			% reduktion 15 min cykel	% reduktion 60 min cykel
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	ng/l	36	36	27	0%	25%
Perfluorhexansulfonat(PFHxS)	ng/l	28	0,3	0,3	99%	99%
PFOS, total	ng/l	190	3,5	0,95	98%	100%
Perfluorpentansyra (PFPeA)	ng/l	150	160	150	-7%	0%
Perfluorhexansyra (PFHxA)	ng/l	130	120	46	8%	65%
Perfluorheptansyra (PFHpA)	ng/l	54	2,6	0,77	95%	99%
PFOA, total	ng/l	150	0,3	0,3	100%	100%
Fluortelomersulfo. (6:2 FTS)	ng/l	1,1	0,3	0,3	73%	73%
Perfluorbutansyra (PFBA)	ng/l	90	96	93	-7%	-3%
Perfluornonansyra (PFNA)	ng/l	23	0,6	0,6	97%	97%
Perfluordekansyra (PFDA)	ng/l	3	0,6	0,6	80%	80%
Perfluoroktansulfonami.PFOSA	ng/l	1,4	0,3	0,3	79%	79%
Summa 11 PFAS	ng/l	850	420	320	51%	62%
Organiska summametoder						
BOD7 (ATU)	mg/l	-	-	-		
COD(Cr)	mg/l	220	-	-		
TOC	mg/l	38	-	-		



# Erfarenheter från Tveta, Telge återvinning

---



# Plume Stop

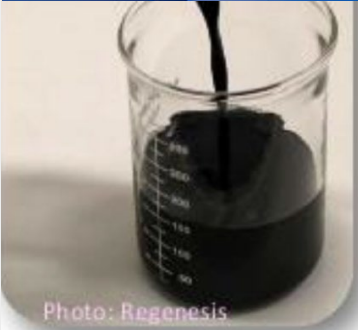
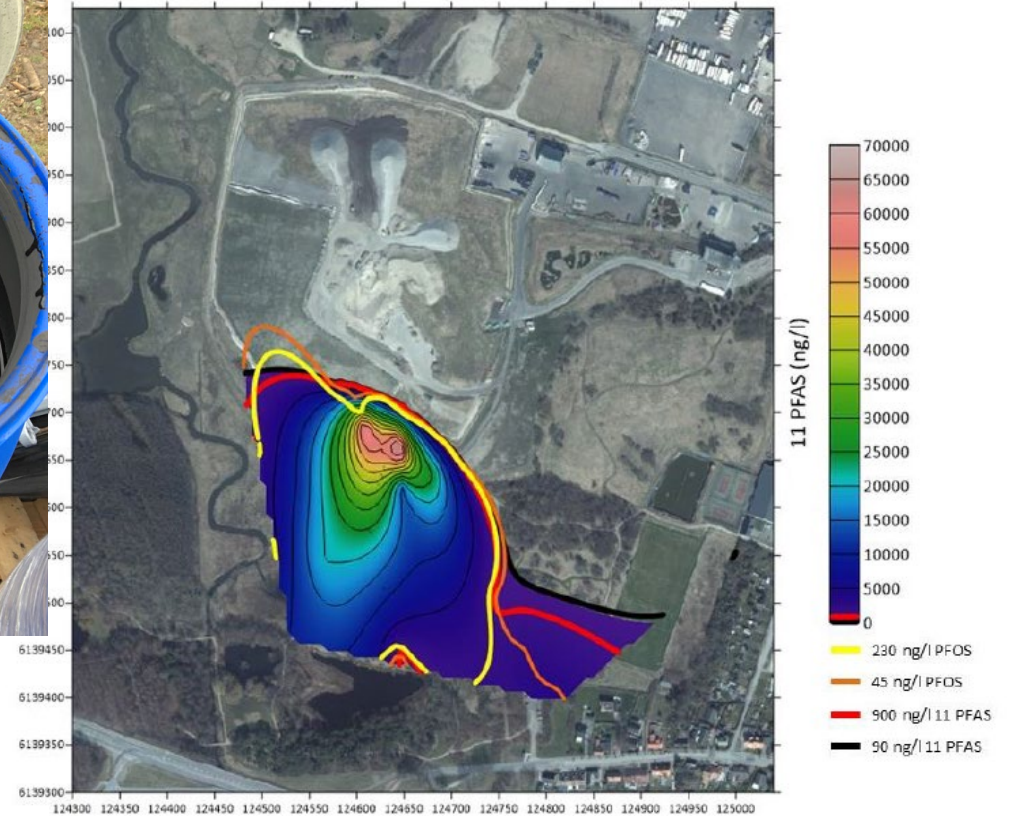


Photo: Regenesi

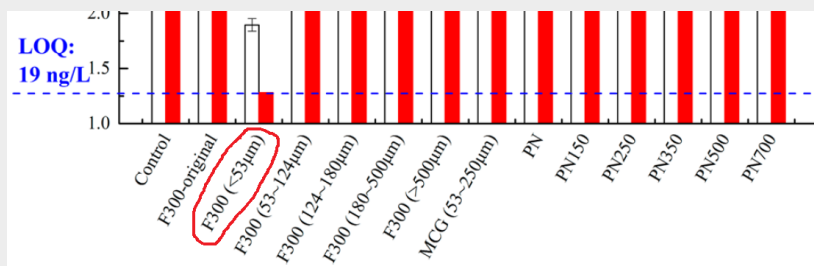


Figur 5. Karta som visar interpolerade halter av 11 PFAS från de halter som uppmäts i undersökningen. Haltgränser för de använda jämförvärdena visas också i kartan. Koordinater är SWEREF99 13 30.

# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

## Kol i flytande form (Plume Stop)

- PlumeStop omfattar kol med partikelstorlek (1-2 $\mu$ m)

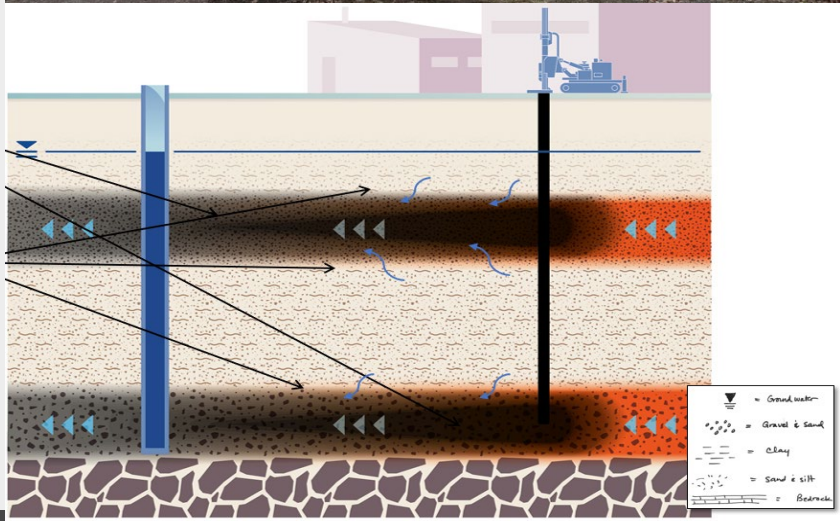


- Tekniker : Spridning, Sorption, (nedbrytning och aktiviering)
- Sprids i mättad zon med hjälp av en unik teknik med en organisk polymer
- Utförs via direktinjektering, "målar" marken
- Skapar kolfilter in situ
- Maximal kontaktmöjlighet då hela området / hela längden (barriär) behandlas
- In -Situ → låga flöden + låg mass flux → lång livslängd



# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

## Hur får man det på plats





## Subsurface Distribution

### Liquid Activated Carbon (LAC™)

- 1" diameter glass columns
- Sandy soil with 11% silt/clay
- Gravity feed



### Powdered Activated Carbon (PAC)

Liquid Activated Carbon  
(LAC™)

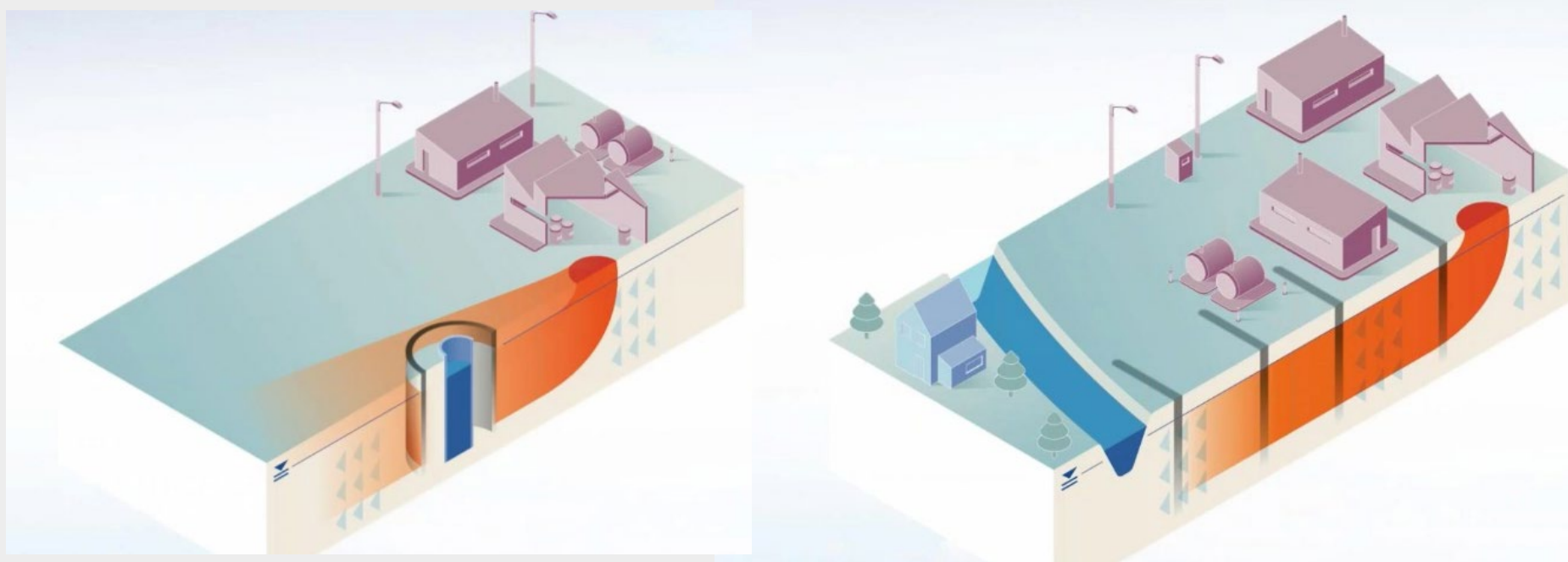


Powdered  
Activated Carbon  
(PAC)

Time Lapse = 12 minutes

# Kunskap om föroreningar och möjliga behandlingsmetoder idag

## Användningsområden

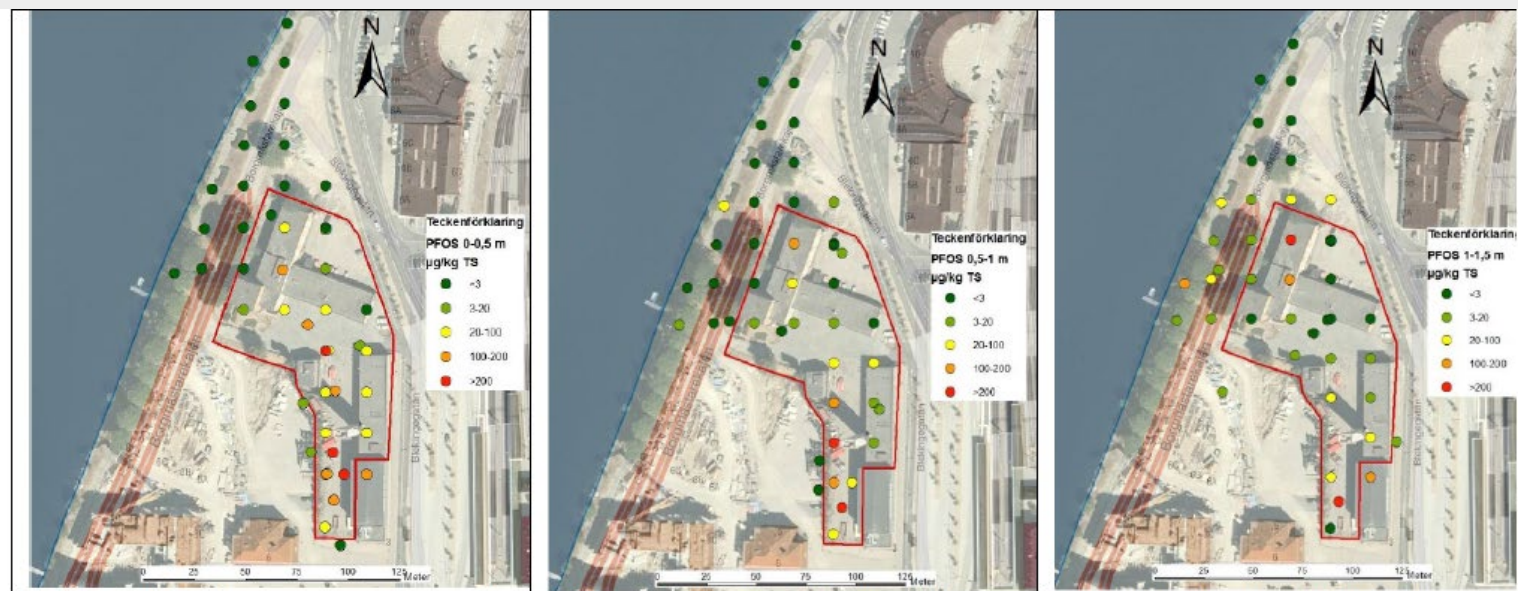


Kan också injekteras i ett rutmönster under en förorenade jordvolym för att förhindra nedträngning av lakvatten

# Referensprojekt Pottholmen Landskrona

## Bakgrund

- Området är skapat genom att området fyllts ut med industriell fyll, glas, skrot, läder, keramik
- Föroreningshalter KM till >FA för metaller i hela området, alla djup.
- Undersökt mark i ca 10 år. Analyserade för PFAS 2018. PFAS påvisas spritt över området
- PFOS-föroreningar från en tidigare brandstation samt att denna brunnit
- Planerat banbrytande projekt, etapp 1 redan utfört. Projektstart del 2 – anbud i november



Figur 1: redovisning av provpunkter i olika nivåer och påvisade PFAS halter i WSP rapport "Riskbedömning för PFAS ämnen i Pottholmen, Karlskrona" 2019-04-24



# Referensprojekt Loggning / Injektering

## Pottholmen Plume Stop

Europas första pilotförsök av PlumeStop barriär för att hantera PFAS-föroreningar i grundvattnet.

- Direktinjektering av PlumeStop inom ett uppfyllt område. Fyllning i form av sand och grus med inslag av betong, tegel, läder, porslin och mycket organiskt material → mycket heterogent utan tydliga flödeszoner.
- Direktinjektering av PlumeStop i fem punkter från bergytan till överkant grundvattenytan. Ett behandlingsdjup på ca 2-3 m. Totalt injekterades 3 600 kg PlumeStop.
- Väl utförd injektering där mätningarna visade att PlumeStop hade spridit sig enligt förväntad och att önskade koncentrationer erhöles → Kontrollprogram



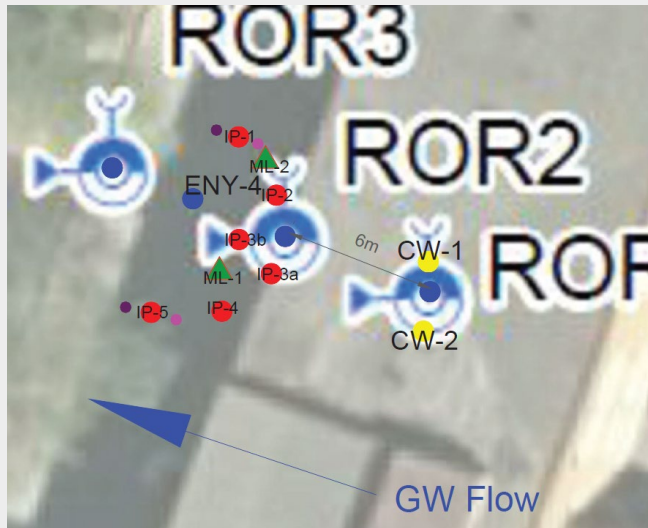
# Referensprojekt Loggning / Injektering

## Pottholmen Plume Stop

Hittills erhållna resultat

Två utföra kontrollprovtagningar

- Kontrollprovtagning 1 – 2019-08-13
- Kontrollprovtagning 2 – 2019-09-10



		Base-line 177-2019- 07030297, 177- 2019-	Kontrollprov tagning 1 177-2019- 08160033	Kontrollprov tagning 2 177-2019- 09110083	Kontrollprov tagning 1 177-2019- 08160035	Kontrollprov tagning 2 177-2019- 09110085	Base-line 177-2019- 06270070	Kontrollprov tagning 1 177-2019- 08160034	Kontrollprov tagning 2 177-2019- 09110084
Provnnummer		177-2019- 07030297, 177- 2019-	177-2019- 08160033	177-2019- 09110083	177-2019- 08160035	177-2019- 09110085	177-2019- 06270070	177-2019- 08160034	177-2019- 09110084
Provtagningsdag		2019-06-26, 2017-07-02	2019-08-13	2019-09-10	2019-08-13	2019-09-10	2019-06-26	2019-08-13	2019-09-10
Projekt		Pottholmen 10289076	Pottholmen 10289076	Pottholmen 10289076	Pottholmen 10289076	Pottholmen 10289076	Pottholmen 10289076	Pottholmen 10289076	Pottholmen 10289076
Provpunkt	Enhet	Rör 2	Rör 2	Rör 2	ENY4	ENY4	Rör 3	Rör 3	Rör 3
PFBA (Perfluorbutansyra)	ng/l	920	380	650	470	420	390	330	340
PFPeA (Perfluorpentansyra)	ng/l	5200	970	1300	2500	1100	1800	1800	1100
PFHxA (Perfluorhexansyra)	ng/l	3700	76	61	1600	190	1700	1300	470
PFHpA (Perfluorheptansyra)	ng/l	690	<10	<10	240	18	380	260	68
PFOA (Perfluoroktansyra)	ng/l	1400	11	<10	360	38	760	620	150
PFNA (Perfluorononansyra)	ng/l	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
PFDA (Perfluordekansyra)	ng/l	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
PFBS (Perfluorbutansulfonsyra)	ng/l	600	18	26	400	54	550	400	120
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyra)	ng/l	8100	46	27	3100	270	7500	5500	1300
PFOS (Perfluoroktansulfonsyra)	ng/l	26000	1400	320	5900	1600	13000	13000	7900
6:2 FTS (Fluortelomer sulfonat)	ng/l	2700	27	<10	210	40	630	540	200
<b>Summa PFAS SLV 11</b>	<b>ng/l</b>	<b>49000</b>	<b>2900</b>	<b>2400</b>	<b>15000</b>	<b>3700</b>	<b>27000</b>	<b>24000</b>	<b>12000</b>
PFBA (Perfluorbutansyra) TOP	ng/l	5300	1400	820	2000	510	2200	1200	670
PFPeA (Perfluorpentansyra) TOP	ng/l	9100	3300	1800	5300	1200	3000	3000	1500
PFHxA (Perfluorhexansyra) TOP	ng/l	17000	3600	800	8600	680	8400	7700	2600
PFHpA (Perfluorheptansyra) TOP	ng/l	1000	390	<100	820	<100	470	480	100
PFOA (Perfluoroktansyra) TOP	ng/l	1600	200	<100	530	<100	770	620	230
PFNA (Perfluorononansyra) TOP	ng/l	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
PFDA (Perfluordekansyra) TOP	ng/l	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
PFBS (Perfluorbutansulfonsyra) TOP	ng/l	950	<100	<100	350	<100	600	410	120
PFHxS (Perfluorhexansulfonsyra) TOP	ng/l	10000	320	<100	3100	270	6900	4800	1100
PFOS (Perfluoroktansulfonsyra) TOP	ng/l	22000	3300	1300	7400	1500	11000	7900	7200
6:2 FTS (Fluortelomer sulfonat) TOP	ng/l	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100
<b>Summa PFAS SLV 11 TOP</b>	<b>ng/l</b>	<b>67000</b>	<b>13000</b>	<b>4700</b>	<b>28000</b>	<b>4200</b>	<b>33000</b>	<b>26000</b>	<b>14000</b>

95% reduktion av Summa PFAS SLV 11 vid kontrollbrunn 2, 4 m nedströms barriären, två månader efter avslutad injekteringsarbeten.