



2019-10-03

Tid 2019-10-14, kl 19:00

Plats Kommunhuset i Tumba, plan 2, rum 3

Ärenden

Justering

- 1 Internkontroll 2019 resultat av deluppföljningen - Tekniska nämnden
- 2 Återrapportering av projekt Allégården
- 3 Resultat från konsultutredningar gällande PFAS i Tullinge vattentäkt och vattenverk
- 4 Yttrande över remiss - PFAS-föreningen vid f.d. F18 Tullinge - granskning och utvärdering av åtgärdsalternativ
- 5 Rapportering av pågående investeringsprojekt, lokalförsörjning och fastighet
- 6 Uppdrag - Utred behov av staket vid Borgskolan, Hallunda
- 7 Anmälningssärenden
- 8 Delegationsbeslut

9 Teknik- och fastighetsdirektören informerar

Stefan Dayne
Ordförande

Elisabeth Persson
Sekreterare

Gruppmöten:

(S), (KD), (MP), (L) och (C) Kommunhuset, plan 2, rum 3, kl 18.00
(M), (TUP), (SD) och (V) Kommunhuset, plan 6, Stinsen, kl 18.00

Anmäl eventuellt förhinder till Elisabeth Persson, tfn 0708 90 40 56 eller
elisabeth.persson@botkyrka.se

**1****Internkontroll 2019 resultat av deluppföljningen – Tekniska nämnden (TEF/2018:313)****Förslag till beslut**

Tekniska nämnden godkänner tekniska förvaltningens uppföljning och delrapportering enligt internkontrollplanen för 2019.

Sammanfattning

Tekniska nämnden redovisar förutom tretton gemensamma moment från kommunstyrelsen också fyra egna kontrollmoment som ingår i nämndens beslutade internkontrollplan som en deluppföljning. Rapportering av 2019 års internkontroll ska redovisas i sin helhet i samband med årsbokslutet.

Tekniska förvaltningen har arbetat med kontrollmomenten i projektform för att skapa ökad delaktighet och lärande. Alla kontrollmoment finns i ett årshjul där aktiviteterna bokas löpande under hela året. De kontrollmoment som inte har fått ett godkänt resultat förra året har tagits med i årets internkontrollplan.

Resultatet och åtgärderna presenteras i form av en tabell. Resultat har angivits vid respektive kontrollmoment, där färgen grönt betyder att kontrollmoment har uppnått ett godkänt resultat, gult avser resultat som är godtagbara men kan utvecklas vidare samt rött står för kontrollmoment där resultaten inte är godkända och som tekniska förvaltningen behöver prioritera. Gråmarkerade kontrollmoment har förvaltningen fortfarande inte fått resultat för.

Prioriterade åtgärder bör i första hand avse direktupphandling och rehabilitering. Resultaten för de kontrollmomenten är detsamma som resultaten för motsvarande kontrollmoment i internkontrollen 2018.

Tekniska förvaltningen redogör för ärendet i tjänsteskrivelse 2019-09-19.



2019-09-19

Dnr TEF/2018:313

Referens
Anna Liljegren

Mottagare
Tekniska nämnden

Internkontroll 2019 resultat av deluppföljningen - Tekniska nämnden

Förslag till beslut

Tekniska nämnden godkänner förvaltningens uppföljning och delrapportering enligt internkontrollplanen för 2019.

Sammanfattning

Tekniska nämnden redovisar förutom tretton gemensamma momenten från KLF också fyra egna kontrollmoment som ingår i nämndens beslutade internkontrollplan som en deluppföljning. Rapportering av 2019 års internkontroll ska redovisas i sin helhet i samband med årsbokslutet. Information sammanställd i tabellform finns längst bak i detta dokument, där tabell 1 ger en översiktlig jämförelse mellan kontrollmoment genomförda till och med augusti månad 2019 och motsvarande kontrollmoment genomförda 2018 och tabell 2 ger en mer detaljerad analys av de kontrollmoment som vi har hittills fått ett resultat för.

Kontrollmoment som blev godkända senast augusti 2019 men inte enligt helårsresultat 2018

Det finns ett antal kontrollmoment som inte har fått ett godkänt resultat därmed röda under 2018, men nu 2019 är godtagbara därmed gula. Dessa moment är *ramavtal med rangordning* och *representation, kurser och konferenser*.

Godkända kontrollmoment

Godkända resultat har uppnåtts när det gäller följande kontrollmoment: *ramavtal* och *korthantering*. *Ramavtal* och *korthantering* var även 2018 godkända vilket tyder på att momenten fungerar bra.

Övriga kontrollmoment i behov av vidareutveckling

Godtagbara resultat har förvaltningen uppnått på följande moment: *löneprocessen och attest, statsbidrag och övriga bidrag, investeringar, anläggningsregister fordon* och *uppföljning av uppdrag*.

2019-09-19

Dnr TEF/2018:313

Inom ovanstående områden behöver vi förbättra och förankra rutiner samt följa dem kontinuerligt. Det är också viktigt att ständigt höja kunskapsnivå hos berörda medarbetare.

Inte godkända kontrollmoment

Åtgärder från förvaltningschefen och ledningsgruppen bör i första hand avse *direktupphandling* och *rehabilitering*. Resultaten för de kontrollmoment är detsamma som resultaten för motsvarande kontrollmoment i internkontrollen 2018.

Vad gäller *direktupphandling* kan en möjlig förbättring på dagens situation vara att begränsa antalet personer som har befogenhet att genomföra beställningar å förvaltningens vägnar samt utbildningsinsatser i inköpsmodulen.

Gällande *rehabilitering* pågår just nu diskussionerna kring strategier som blir lämpligast på en lokal nivå, förslagsvis löpande hjälp i form av workshops och individuellt stöd av vår lokala HR.

HR behöver samtidigt följa upp denna korttidsfrånvaro på både chefs- och individnivå för att säkerställa att denna process följs så noggrant som möjligt.

En annan anledning kan vara att chefer inte agerar i tid och först vid långtidsfrånvaro.

Slutligen kommer följande kontrollmoment att redovisas i samband med årsbokslutet: *rekrytering/lagefterlevnad, introduktion, arbetsmiljö, informationssäkerhet, personuppgiftsförteckning* och *VA-taxan*.

2019-09-19

Dnr TEF/2018:313

Ärendet

Bakgrund

I deluppföljningen under september/oktober-månad redovisas de kontrollmoment för vilka resultat har inkommit. Fullständig rapportering för 2019 års internkontroll kommer att redovisas i sin helhet i samband med årsbokslutet 2019 i mars-månad.

Arbetsätt

Tekniska förvaltningen har arbetat med kontrollmomenten i projektform för att skapa ökad delaktighet och lärande. Tekniska förvaltningens ledningsgrupp har kontinuerligt informerats. Alla kontrollmoment finns i ett års hjul där aktiviteterna bokas löpande under hela året.

De kontrollmoment som inte har fått ett godkänt resultat förra året har tagits med i årets internkontrollplan.

Resultat av granskningen för kontrollmomenten

Resultatet och åtgärderna presenteras i form av en tabell. Resultat har angivits vid respektive kontrollmoment, där färgen grönt betyder att kontrollmoment har uppnått ett godkänt resultat, gult avser resultat som är godtagbara men kan utvecklas vidare samt rött står för kontrollmoment där resultaten inte är godkända och som Tekniska förvaltningen behöver prioritera. Gråmarkerade kontrollmoment har vi fortfarande inte fått resultat för.

Mikael Henning
Teknik- och fastighetsdirektör

Anna Liljegren
Ekonom

Bilagor:

Bilaga 1. Kommunstyrelsens internkontrollplan 2019






Bilaga 2. Tekniska nämnden tillägg till Internkontrollplan 2019

Kategori	Kontrollmoment	Resultat t.o.m. augusti 2019	Resultat 2018
Upphandling			
	Ramavtal med rangordning		
	Ramavtal		
	Direktupphandling		
HR			
	Rekrytering/ lagefterlevnad		
	Löneprocessen och attest		
	Introduktion		
	Rehabilitering		
	Arbetsmiljö		
Ekonomi			
	Korthantering		
	Representation, kurser och konferenser		
	Statsbidrag och övriga bidrag		
Administration			
	Informationssäkerhet		
	Personuppgiftsförteckning		
Egna kontrollmoment TEN			
	Investering		
	Anläggningsregister fordon		
	Va-taxan		
	Uppföljning av uppdrag		

Tabell 1: Översiktlig jämförelse mellan 2018 och augusti 2019



2019-09-19

Dnr TEF/2018:313

Risk	Kontroll	Resultat	Analys	Planerade åtgärder
Kommunen döms till att betala skadestånd för att rangordningen i ramavtal avseende bemanning och fastighetsunderhåll inte följs.	Kontroll av ramavtal för bemanning och fastighetsunderhåll	 Godtagbar Kvartal 2 2019	Resultatet för kvartal 2 var 80%, vilket är en försämring i jämförelse med föregående kvartal. * Fastighetsunderhåll, 4% avvikelse, Södra Glasmästeriet Rangordnad 2. * Bemanning, 49% avvikelse, Framförallt VA och Förvaltare SOC.	
Kommunen anställer ej lämplig personal	Stickprov av externt nyanställda	 Kontroll utförs inte i perioden 2019		
	Utdrag ur belastningsregister	2019		
Kommunens verksamhetssystem har inte informationssäkerhetsklassats	Att verksamhetssystemen inom kommunen är informationssäkerhetsklassade	 Kontroll utförs inte i perioden 2019		
Hanteringen av anställdas betalkort är inte korrekt	Stickprov av kortfakturer	 God Kvartal 2 2019	Vi har endast drivmedelskort och de ska inte vara med i den kontrollpunkten.	
Att kommunen inte följer ramavtal	Kontroll av ramavtalsstrohet	 God Kvartal 2 2019	Resultatet för kvartal 2 var 98%, vilket är en förbättring mot föregående kvartal. * Driftenheten har fakturer som frångår upphandlade leverantörer (ex. ElComfort.) * Enhetschef, Tullinge & Riksten samt Fittja & Alby har fakturer som frångår upphandlade leverantörer (ex. Fristads.) * Chef Fastighet har fakturer som frångår upphandlade leverantörer (ex. BigTravel.) * Förvaltare KOF har fakturer som frångår upphandlade leverantö-	







2019-09-19

Dnr TEF/2018:313

Risk	Kontroll	Resultat	Analys	Planerade åtgärder
			<p>rer (ex. Telia.)</p> <p>* AVUX (16521410) har fakturor som frångår upphandlade leverantörer (ex. Martin & Servera.)</p> <p>* Markförvaltare har fakturor som frångår upphandlade leverantörer (ex. One Nordic.)</p> <p>* Chef Drift har fakturor som frångår upphandlade leverantörer (ex. Mysec, Stockholms Stadsbyggare.)</p> <p>Detta var några exempel.</p>	
Att krav på dokumentationsplikt för direktupphandlingar över 100 000 kronor inte uppfylls	Kontroll av fakturor på mellan 100 000 och 500 000 kr.	 Ej godtagbar Kvartal 2 2019	<p>Resultat för kvartal 2 0%, samma resultat som föregående kvartal.</p> <p>Avvikelser:</p> <p>CIRKUS CIRKÖR IDEE</p> <p>DUSTCONTROL AB</p> <p>HUMMELTORPS TOR</p> <p>IN3PRENÖR AB</p> <p>SKYHILL AB</p> <p>Avvikelser:</p> <p>Antal leverantörer/fak</p> <p>Antal genomförda dire</p> <p>Avvikelse</p> <p>* In3prenör samt Skyhill är med för att visa att kommunen får fakturor där befintliga avtal gått ut med marginal, dessa är inte med i beräkningen.</p>	<p>Utbildning. Bättre kommunikation med upphandlingsenheten.</p> <p>Införande av ett inköpsystem.</p>
Kommunen följer inte lagar och interna riktlinjer vad gäller representation, kurser och konferenser	Stickprover på fakturor avseende representation, kurser och konferenser	 Godtagbar Kvartal 2 2019	<p>Kvartal 2: Stickprovet på fakturor avseende representation (konto 71), livsmedel (konto 644) och kurs&konferens</p>	





2019-09-19

Dnr TEF/2018:313

Risk	Kontroll	Resultat	Analys	Planerade åtgärder
konferenser			(konto 765) har visat en följsamhet på 67%.	
Att registrerad tid för timavlönade och frånvaro inte atteras korrekt i lönesystemet	Kontroll av attester i lönesystemet	 Godtagbar Kvartal 2 2019	Kvartal 2: Resultat: 99,3% atterade transaktioner efter påminnelse vilket är godtagbart. Bedömning: God: 100% atterade transaktioner efter påminnelse - Godtagbar: 98-99% atterade transaktioner efter påminnelse - Ej Godtagbar: 0 - 97% atterade transaktioner efter påminnelse.	
Dokumenterade och aktuella rutiner saknas för ansökan av statsbidrag och övriga typer av bidrag	Kontroll av att statsbidragsförteckning	 Godtagbar 2019	En lista på sökta och beviljade bidrag finns. Ansvariga för uppdatering och samordning behöver ses över.	
Att nyanställda chefer inte deltar i den kommungemensamma chefsintroduktionen	Avstämning av deltagarlistor på chefsintroduktionen	 Kontroll utförs inte i perioden 2019		
Rehabiliteringsinsats görs inte vid upprepad korttidsfrånvaro	Kontroll av att rehabiliteringsinsats görs vid upprepad korttidsfrånvaro	 Ej godtagbar 2019	<u>Uppföljning i mars 2019 visar på:</u> <u>Antal personer sjukfrånvarande 4 eller fler gånger: 24 personer.</u> <u>Antal som inte har en påbörjad rehabinsats (rehabbevakning): 11 personer.</u> <u>Antal av dessa som har en påbörjad rehabinsats: 13 personer - alltså 54% vilket är ett rött resultat.</u>	Kartläggning av strategier. Gällande rehabilitering pågår just nu diskussionerna kring strategier som blir lämpligast på en lokal nivå, förslagsvis löpande hjälp i form av workshops och individuellt stöd av vår lokala HR.
Den årliga kartläggningen av arbetsmiljön genomförs inte	Stickprov/insamling av dokumentationen "Riskbedömning och uppföljning"	 Kontroll utförs inte i perioden 2019		
Aktuell personuppgiftsförteckning saknas	Kontroll av personuppgiftsförteckning	 Kontroll utförs inte i perioden 2019		

2019-09-19

Dnr TEF/2018:313

Risk	Kontroll	Resultat	Analys	Planerade åtgärder
Investering	Kontroll av investeringskostnader	 Godtagbar <i>Halvår 1 2019</i>	Svårt att hitta ett bra tillvägagångssätt för att uppnå tillfredsställande kontroll. I kontrollen utgår vi från driften, där enligt vår bedömning finns det större sannolikhet att fakturor som borde belasta investeringar ligger.	
Anläggningsregister över fordon	Anläggningsregister fordon	 Godtagbar <i>2019</i>		
VA-taxa	VA taxa	 Kontroll utförs inte i perioden <i>2019</i>	Kontrollmoment består av två rutiner: rutin 1 anslutningsavgift (denna rutin är dokumenterad och förankrad) och rutin 2 avvikelser mellan anslutning och taxa (denna rutin är fortfarande under uppföljning. Detta har påverkat den slutliga bedömningen för kontrollmoment 2018 och att momentet har tagits med till 2019).	
Uppföljning av uppdrag	Kontroll av befintlig rutin för uppföljning	 Godtagbar <i>2019</i>	Då uppdragen läggs numera in i Stratsys behövs en ny rutin för hantering. Det är viktigt att påpeka att just nu finns det en intern rutin som fungerar parallellt under genomgångsperioden. Ett nytt möte för uppföljning inför årsskiftet kommer att bokas av nämndsekreteraren.	

Tabell 2: Analys av resultatet t. o. m. augusti 2019

**Internkontrollplan 2019**

Nämnd: Kommunstyrelsen (kommunövergripande)

Nr	Rutin/process/system	Kontrollmoment	Riskkategori/beskrivning	Kontrollmetod och frekvens	Ansvarig	Rapporteras till	Risk 1-16=SxK*
	<i>Vad heter risken?</i>	<i>Vilken kontroll/åtgärd måste finnas eller fungera för att motverka risken?</i>	<i>Vad innebär risken?</i>	<i>Hur kommer kontrollen att ske och ofta?</i>	<i>Vem är ansvarig för kontrollen?</i>	<i>Till vem rapporteras kontrollerna?</i>	<i>Vilket riskvärde är bedömt?</i>
1	Ramavtal med rangordning	Att rangordning i ramavtalen följs.	Finansiell förlust, brott mot lagstiftning	Kontroll av att ramavtal för bemanning och fastighetsunderhåll med fastställd rangordning följs. Kontrollen sker mot fakturerade belopp/leverantör kvartalsvis.	Upphandlingschef/avtalscontroller	Nämnd och kommunstyrelsen	16 = 4x4
2	Rekrytering/lagefterlevnad	Kontroll av att utdrag ur belastningsregister genomförs i samband med anställning för befattning där detta krävs.	Förtroendeskada, brott mot lagstiftning och interna beslut.	10 procent av alla externt nyanställda per förvaltning, av de befattningar som omfattas av kravet. Kontroll 1 gång per år (september).	Förvaltning	Nämnd och kommunstyrelsen	16 = 4x4
3	Informationssäkerhet	Att verksamhetssystemen inom kommunen är informationssäkerhetsklassade i enlighet med verktyget KLASSA.	Förtroendeskada, brott mot lagstiftning och interna rutiner.	Att verksamhetssystemen inom kommunen är informationssäkerhetsklassade i enlighet med verktyget KLASSA, samt att tidplan för informationssäkerhetsklassning finns för verksamhetssystem som	Förvaltning	Nämnd och kommunstyrelsen	12 = 3x4

Nr	Rutin/process/system	Kontrollmoment	Riskkategori/beskrivning	Kontrollmetod och frekvens	Ansvarig	Rapporteras till	Risk 1-16=SxK*
				ännu inte klassats. Kontroll 1 gång per år (oktober).			
4	Korthantering	Att korthanteringens sker enligt gällande regelverk.	Felaktiga utbetalningar. Förtroendeskada.	Kontroll av att det till varje faktura finns bifogat samtliga kvitton, att moms är rätt avdragen och att regelverk följs. Kontrollen sker kvartalsvis genom stickprov.	Förvaltning	Nämnd och kommunstyrelsen	12 = 3x4
5	Ramavtal	Att ramavtalen används.	Finansiell förlust, brott mot lagstiftning och policy, förtroendeskada.	Registeranalys. Stickprov, Totalt 180 fakturor konterade på kontogrupper 61, 64, 65, 70, 72, 74,75 samt 76. Delkontroller genomförs varje kvartal.	Upphandlingschef/avtalscontroller	Nämnd och kommunstyrelsen	12 = 4x3
6	Direktupphandling	Att krav på dokumentationsplikt för direktupphandlingar över 100 000 kronor uppfylls.	Finansiell förlust, brott mot lagstiftning och policy	Kontroll av fakturerade belopp överstigande 100 000 kronor upp till 500 000 kronor mot de direktupphandlingar som genomförts elektroniskt i TendSign.	Upphandlingschef/avtalscontroller	Nämnd och kommunstyrelsen	12 = 4x3
7	Representation, kurser och konferenser	Att gällande regelverk tillämpas vid representation, kurser och konferenser.	Förtroendeskada, brott mot lagstiftning, policy och riktlinjer.	Kontroll av att momsavdrag, uppgifter om syfte och deltagare och attest överensstämmer med	Förvaltning	Nämnd och kommunstyrelsen	12 = 4x3

Nr	Rutin/process/system	Kontrollmoment	Riskkategori/beskrivning	Kontrollmetod och frekvens	Ansvarig	Rapporteras till	Risk 1-16=SxK*
				gällande lagar och interna reglementen. Kontrollen sker kvartalsvis genom stickprov med minst 15 verifikationer per kvartal.			
8	Löneprocessen	Att frånvaro och registrerad tid för timavlönade atteras korrekt i lönesystemet.	Förtroendeskada, finansiellt, verksamhet.	Kontroll att föregående månads inlagda frånvaro och registrerad tid för timavlönade är atterad av chef i lönesystemet. 1 gång per månad dag efter sista attestdag. Uppgifter lämnas till respektive förvaltning kvartalsvis.	HR-chef/lönechef	Nämnd och kommunstyrelsen	12 = 4x3
9	Statsbidrag och övriga bidrag	Att det finns dokumenterade och uppdaterade rutiner för ansökan av olika typer av statsbidrag och övriga bidrag.	Finansiell förlust, förtroendeskada.	Kontroll av att förteckning över möjliga bidrag att söka finns och att förteckningen är aktuell. Kontroll 2 gånger per år (maj och oktober).	Förvaltning	Nämnd och kommunstyrelsen	9 = 3x3
10	Introduktion	Att nya ledare deltar i den kommungemensamma chefsintroduktionen.	Finansiell förlust, verksamhet.	Jämförelse av deltagarlistor mot nyanställda chefer i kommunen. Kontroll 1 gång per år (september)	HR-chef	Nämnd och kommunstyrelsen	9 = 3x3

Nr	Rutin/process/system	Kontrollmoment	Riskkategori/beskrivning	Kontrollmetod och frekvens	Ansvarig	Rapporteras till	Risk 1-16=SxK*
11	Rehabilitering	Att rehabiliteringsinsats görs vid upprepad korttidsfrånvaro.	Högre sjukfrånvaro, ohälsa, finansiell förlust.	Kontroll att en rehabiliteringsinsats gjorts för medarbetare som varit sjukskriven minst 4 gånger de senaste 12 månaderna. Kontroll 2 gånger per år (mars och september)	HR-chef	Nämnd och kommunstyrelsen	9 = 3x3
12	Arbetsmiljö	Att den årliga kartläggningen av arbetsmiljön är genomförd.	Brott mot AML/risk för ohälsa och olycksfall.	Stickprov där dokumentationen "Riskbedömning och uppföljning" samlas in för 10 procent av enheterna/förvaltning, dock minst 3 enheter/förvaltning. Kontroll 1 gång per år (september).	HR-chef	Nämnd och kommunstyrelsen	9 = 3x3
13	Personuppgiftsförteckning	Att aktuell personuppgiftsförteckning finns.	Förtroendeskada, brott mot lagstiftning.	Kontroll av förteckning 1 gång per år (oktober).	Förvaltning	Nämnd och kommunstyrelsen	9 = 3x3

*Risk 1-16 grundar sig på genomförd risk- och väsentlighetsbedömning. Summan är beräknad genom att multiplicera sannolikheten och konsekvensen. Sannolikhet anger hur sannolikt det är att det finns eller kommer att uppstå brister i rutinen/processen. Konsekvens innebär hur mycket verksamhetens kvalitet, kostnad, förtroende eller resurser i övrigt påverkas om brister i rutinen/processen finns eller uppstår.

Sannolikhetsnivåer för fel (risk för fel):

Osannolik = 1	Risken är praktiskt taget obefintlig att fel ska uppstå
Mindre sannolik = 2	Risken är mycket liten att fel ska uppstå
Möjlig = 3	Det finns risk för att fel ska uppstå
Sannolik = 4	Det är mycket troligt att fel ska uppstå

Konsekvenser/väsentlighet vid fel (påverkan på verksamheten/kostnaden om fel uppstår):

Försumbar = 1	Är obetydlig för de olika intressenterna och kommunen
Lindrig = 2	Uppfattas som liten av såväl intressenter som kommun
Kännbar = 3	Uppfattas som besvärande för intressenter och kommun
Allvarlig = 4	Är så stor att fel helt enkelt inte får inträffa

Tekniska nämndens tillägg till internkontrollplan 2019, kompl 2019-02-11

Rutin/ process/ system	Kontrollmoment	Beskrivning	Kontrollmetod och frekvens	Ansvarig	Rappor- teras till	Risk 1-16
Vad heter risken?	<i>Vilken kontroll/åtgärd måste finnas eller fungera för att motverka risken?</i>	<i>Vad innebär risken?</i>	<i>Hur kommer kontrollen att ske och ofta?</i>	<i>Vem är ansvarig?</i>	<i>Till vem rapporteras kontrollerna?</i>	<i>Vilket riskvärde är bedömt? Väsentlighet och risk</i>
Investering	Kostnader över basbeloppet ska bokföras rätt mellan drift och investering.	Ej rättvisande redovisning. Vi får högre kostnader under innevarande år.	2 uppföljningstillfällen under året	Fastighets controller + ekonom	Nämnd	3*3=9
Anläggningsregister fordon	Att en rutin för avstämning finns mellan samtliga register	Ej rättvisande redovisning och ingen kontroll över våra register	2 uppföljningstillfällen under året	Enhetschef fordon och verkstad + ekonom	Nämnd	2*3=6
VA Taxa	Att rätt belopp tillämpas enligt VA taxan	Skadat förtroende, felaktig taxa	1 uppföljningstillfälle under året	VA chef + VA ekonom + VA ingenjör + ekonom	Nämnd	3*3=9
Uppföljning av uppdrag	Att en rutin finns och är känd.	Att uppdrag inte utförs eller rapporteras tillbaka.	Två uppföljningstillfällen under året.	Nämndsekreterare	Nämnd	3*3=9

**2****Återrapporering av projekt Allégården (TEF/2019:177)****Förslag till beslut**

Tekniska nämnden godkänner rapporteringen av projektet Allégården och översänder den till kommunstyrelsen.

Sammanfattning

I kommunstyrelsens beslut 2019-06-03, § 110, anmodas tekniska nämnden att fortlöpande återrapporera progressionen av Allégårdsprojektet till kommunstyrelsen.

Projektet följs upp veckovis. Senaste rapporten är daterad 2019-09-27

Investeringsbudget	285 mnkr
Utfall 2019-09-27 investeringsprojektet	220 mnkr
Prognos investeringsprojektet	268 mnkr

I investeringsprognosen 268 mnkr finns inkluderat en reservpost på cirka 5 mnkr.

Utöver investeringsprojektet finns kostnader som förs mot resultatet. Detta är kostnader för i huvudsak rivning men även för förgävesprojektering.

Prognos kostnad 2019 mot resultat	27 mnkr
Projektet har beviljade statliga bidrag	11 mnkr.

Projektets tidplan är slutbesiktning 4 november så att inflyttning från årsskiftet är möjlig. Framdriften i projektet är enligt plan.

Tekniska förvaltningen redogör för ärendet i tjänsteskrivelse 2019-09-27.

Referens
Frank ReneboMottagare
Tekniska nämnden

Återrapportering av projekt Allégården (TEF/2019:177)

Förslag till beslut

Tekniska nämnden godkänner rapporteringen av projektet Allégården och översänder den till kommunstyrelsen.

Sammanfattning

I beslut i tekniska nämnden och kommunfullmäktige i december 2018 beviljades tilläggsbudget så att total investeringsbudget för Allégården blev 285 mnkr. Under 2019 har projektet fokuserat på att möta denna investeringsbudget. Nuvarande prognos håller sig inom denna budget.

Ärendet

Projektet följs upp veckovis. Senaste rapporten är daterad 2019-09-27

Investeringsbudget	285 mnkr
Utfall 2019-09-27 investeringsprojektet	220 mnkr
Prognos investeringsprojektet	268 mnkr

I investeringsprognosen 268 mnkr finns inkluderat en reservpost på cirka 5 mnkr.

Utöver investeringsprojektet finns kostnader som förs mot resultatet. Detta är kostnader för i huvudsak rivning men även för förgävesprojektering.

Prognos kostnad 2019 mot resultat	27 mnkr
Projektet har beviljade statliga bidrag	11 mnkr.

Projektets tidplan är slutbesiktning 4 november så att inflyttning från årsskiftet är möjlig. Framdriften i projektet är enligt plan.

Mikael Henning
Teknik- och fastighetsdirektörFrank Renebo
fastighetschef



3

Resultat från konsultutredningar gällande PFAS i Tullinge vattentäkt och vattenverk (TEF/2018:157)

Förslag till beslut

Tekniska nämnden har tagit del av informationen.

Sammanfattning

Det finns både ett kommunalt och ett regionalt intresse av att Tullinge grundvattentäkt skyddas för framtiden och att Tullinge vattenverk tas i drift. Tekniska förvaltningen har tagit fram tre stycken konsultutredningar som ska ligga till grund för vidare dialog med Försvarmakten kring skadeståndsersättning för åtgärder i Tullinge vattenverk. Utredningarna kommer även att biläggas i det remissyttrande som tekniska nämnden ska lämna till Försvarmaktens tillsynsmyndighet, Försvarsinspektören för hälsa och miljö.

Resultatet från de genomförda konsultutredningarna visar, tvärtemot Försvarmaktens utredningar, att ett tätskikt över brandövningsplatsen inte kommer att ha någon effekt på PFAS-halten vid uttagsbrunnarna vid Tullinge vattenverk. Istället kommer PFAS-halten i uttagsbrunnarna att öka under minst 30 år framåt om ingen åtgärd vidtas för att rena den PFAS som finns i grundvattnet.

För att rena grundvattnet till dricksvattenkvalitet krävs investeringskostnader i vattenverket i storleksordningen 30 miljoner kronor eller mer. Kostnaden som uppkommer för reningsåtgärderna uppgår till cirka 7 miljoner kronor per år. Sett ur ett perspektiv på 25–50 år, som utgör livslängden hos vattenverkets anläggningsdelar, innebär det en kostnad för rening på cirka 175-350 miljoner kronor.

Tullinge grundvattentäkt är högt prioriterad i den regionala vattenförsörjningsplanen. Det innebär att den är viktig för regionens vattenförsörjning och måste skyddas för framtiden. Den samhällsekonomiska analys som gjorts pekar på att värdet av Tullinge vattentäkt är mycket högt och att nyt-

2019-10-14

Dnr TEF/2018:157

tan med att sanera föroreningen och ta vattenverket i drift överstiger saneringskostnaden.

De tre utredningarna ger ny kunskap och nya perspektiv på PFAS-problematiken i Tullinge vattentäkt. Resultaten pekar på att halten PFAS kommer att öka i uttagsbrunnarna, oavsett åtgärd eller inte, samt att föroreningen bör hanteras på flera sätt; åtgärd på källplatsen, åtgärd för grundvattnet samt åtgärder i Tullinge vattenverk.

Tidigare beslut i ärendet (TEF/2018:157) innebär att driva frågan om saneringsåtgärd och skadeståndsansättning för Tullinge grundvattentäkt samtidigt som åtgärden av PFAS-föroreningen vid f.d. F18 hanteras av markägaren. Beslutet innebär att frågan om framtiden för Tullinge grundvattentäkt ska lyftas och drivas även på politisk nivå för att bevaka kommunala och regionala intressen.

Ärendet

VA-verksamheten har tagit fram tre stycken konsultutredningar gällande Tullinge grundvattentäkt och Tullinge vattenverk. Resultatet från dessa är viktiga för valet av åtgärd för föroreningen i framförallt grundvattnet och ska utgöra underlag för vidare dialog med Försvarsmakten i ärendet.

Tekniska förvaltningen redogör för ärendet i tjänsteskrivelse 2019-09-27.



2019-09-27

Dnr TEF/2018:157

Referens

Anette Rosdahl

Mottagare

Tekniska nämnden

Resultat från konsultutredningar gällande PFAS i Tullinge vattentäkt och vattenverk

Förslag till beslut

Tekniska nämnden har tagit del av informationen.

Sammanfattning

Det finns både ett kommunalt och ett regionalt intresse av att Tullinge grundvattentäkt skyddas för framtiden och att Tullinge vattenverk tas i drift. Tekniska förvaltningen har tagit fram tre stycken konsultutredningar som ska ligga till grund för vidare dialog med Forsvarsmakten kring skadeståndsansättning för åtgärder i Tullinge vattenverk. Utredningarna kommer även att biläggas i det remissyttrande som tekniska nämnden ska lämna till Forsvarsmaktens tillsynsmyndighet, Forsvarsinspektören för hälsa och miljö.

Resultatet från de genomförda konsultutredningarna visar, tvärtemot Forsvarsmaktens utredningar, att ett tätskikt över brandövningsplatsen inte kommer att ha någon effekt på PFAS-halten vid uttagsbrunnarna vid Tullinge vattenverk. Istället kommer PFAS-halten i uttagsbrunnarna att öka under minst 30 år framåt om ingen åtgärd vidtas för att rena den PFAS som finns i grundvattnet.

För att rena grundvattnet till dricksvattenkvalitet krävs investeringskostnader i vattenverket i storleksordningen 30 miljoner kronor eller mer. Kostnaden som uppkommer för reningsåtgärderna uppgår till ca 7 miljoner kronor per år. Sett ur ett perspektiv på 25–50 år, som utgör livslängden hos vattenverkets anläggningsdelar, innebär det en kostnad för rening på ca 175–350 miljoner kronor.

Tullinge grundvattentäkt är högt prioriterad i den regionala vattenförsörjningsplanen. Det innebär att den är viktig för regionens vattenförsörjning och måste skyddas för framtiden. Den samhällsekonomiska analys som gjorts pekar på att värdet av Tullinge vattentäkt är mycket högt och att nytan med att sanera föroreningen och ta vattenverket i drift överstiger saneringskostnaden.

2019-09-27

Dnr TEF/2018:157

De tre utredningarna ger ny kunskap och nya perspektiv på PFAS-problematiken i Tullinge vattentäkt. Resultaten pekar på att halten PFAS kommer att öka i uttagsbrunnarna, oavsett åtgärd eller inte, samt att föroreningen bör hanteras på flera sätt; åtgärd på källplatsen, åtgärd för grundvattnet samt åtgärder i Tullinge vattenverk.

Förvaltningens tidigare beslut i ärendet (TEF/2018:157) innebär att driva frågan om saneringsåtgärd och skadeståndsansättning för Tullinge grundvattentäkt samtidigt som åtgärden av PFAS-föroreningen vid f.d. F18 hanteras av markägaren. Beslutet innebär att frågan om framtiden för Tullinge grundvattentäkt ska lyftas och drivas även på politisk nivå för att bevaka kommunala och regionala intressen.

Ärendet

VA-verksamheten har tagit fram tre stycken konsultutredningar gällande Tullinge grundvattentäkt och Tullinge vattenverk. Resultatet från dessa är viktiga för valet av åtgärd för föroreningen i framförallt grundvattnet och ska utgöra underlag för vidare dialog med Försvarmakten i ärendet:

1. En modell över föroreningstransporten i Tullinge grundvattentäkt. Modellen visar hur Försvarmaktens åtgärdsförslag påverkar behovet av rening av vattnet i Tullinge vattenverk.
2. En åtgärdsutredning för Tullinge vattenverk. Åtgärderna är kopplade till kostnader för behov av investeringar och ökade kostnader för drift.
3. En samhällsekonomisk konsekvensanalys som värderar och bedömer det ekonomiska värdet av Tullinge grundvattentäkt och jämför nyttan med att sanera och ta vattenverket i drift med kostnaden för sanering.

Resultatet från utredningarna har översiktligt presenterats för Försvarmakten i juni 2019. En fördjupad presentation av transportmodellen och resultat från denna ska göras vid nästa möte den 18 oktober 2019.

Transportmodellen visar att PFAS-halterna i uttagsbrunnarna vid Tullinge vattenverk kommer att öka under minst 30 år framåt även om det läggs ett tätskikt över markföroreningen i enlighet med Försvarmaktens förslag. Resultatet från transportmodellen motsäger därmed Försvarmaktens utredning som gör bedömningen att effekterna av en tättningsåtgärd kommer att innebära sjunkande PFAS-halter i vattenverkets uttagsbrunnar ca två år efter avslutad åtgärd.

2019-09-27

Dnr TEF/2018:157

Effekten av ökande PFAS-halter i vattenverkets uttagsbrunnar innebär att mer omfattande åtgärder krävs för rening av vattnet till dricksvattenkvalitet med kolfilter eller membranfilter. Genom filtrering av vattnet medverkar man samtidigt till att spridningen av PFAS till Tullingesjön minskar. Ett annat sätt att sänka PFAS-halten i uttagsbrunnarna är att använda konstgjord infiltration. Det innebär att ytvatten från Tullingesjön eller vatten från Norsborgs vattenverk infiltreras i åsen uppströms uttagsbrunnarna (i området som nu utgör Hamra grustag) för att späda ut PFAS-halterna som finns i Tullingeåsen. Denna åtgärd minskar dock inte vidare spridning av PFAS i naturen.

För att rena grundvattnet till dricksvattenkvalitet krävs investeringskostnader grovt räknat på ca 30 miljoner kronor eller mer. Kostnaden för att rena vattnet till bakgrundshalten av PFAS motsvarande Mälarens vatten kommer att kosta minst 7 miljoner kronor per år. Räknat för Tullingeverkets materialivslängd på mellan 25–50 år uppgår driftkostnaderna totalt till 175–350 miljoner kronor i dagens penningvärde. Frågan om åtgärder i Tullinge vattenverk betraktas av Försvarmakten som skadeståndsansättning vilket hanteras av deras juridiska enhet.

Tullinge grundvattentäkt är utpekad som en viktig resurs i den regionala vattenförsörjningsplanen. Det innebär att den har ett stort värde för regionens framtida vattenförsörjning. I Försvarmaktens utredningspaket saknas en samhällsekonomisk analys av grundvattentäktens betydelse och värde, varför en sådan analys har beställts genom VA-avdelningen. Analysen pekar på att värdet av Tullinge vattentäkt är mycket högt och att nyttan med att sanera och ta vattenverket i drift överstiger kostnaderna för saneringsåtgärder. Att ersätta Tullinge vattentäkt bedöms vara förenat med mycket höga kostnader. För att uppnå motsvarande uttagskapacitet behöver den sannolikt ersättas med ett flertal vattentäkter och tillhörande infrastruktur. Andra exempel i landet visar på kostnader i storleksordningen hundratals miljoner kronor.

Frågan om åtgärd och skadeersättning ska enligt tekniska nämndens tidigare beslut (TEF/2018:157) i fortsättningen även hanteras på politisk nivå för att tillvarata kommunens och regionens intressen vad gäller Tullinge grundvattentäkt.

Förvaltningens slutsatser

De tre utredningarna ger ny kunskap och nya perspektiv på PFAS-problematiken i Tullinge vattentäkt. Tidigare har tanken varit att genomföra en åtgärd vid källplatsen, övertäckning eller sanering, och att komplettera Tullinge vattenverk med ett reningssteg för att kunna ”reglera” PFAS-halten

2019-09-27

Dnr TEF/2018:157

i utgående dricksvatten. Det tidsperspektiv som diskuterats från en åtgärd tills vi skulle se en effekt i Tullinge vattenverk har varit cirka två år.

Modellberäkningarna visar istället att halten, oavsett åtgärd eller inte, kommer att öka under lång tid framöver. Detta resultat innebär att föroreningen bör hanteras på flera sätt; åtgärd på källplatsen, åtgärd för grundvattnet samt åtgärder i Tullinge vattenverk.

Mikael Henning
Teknik- och fastighetsdirektör

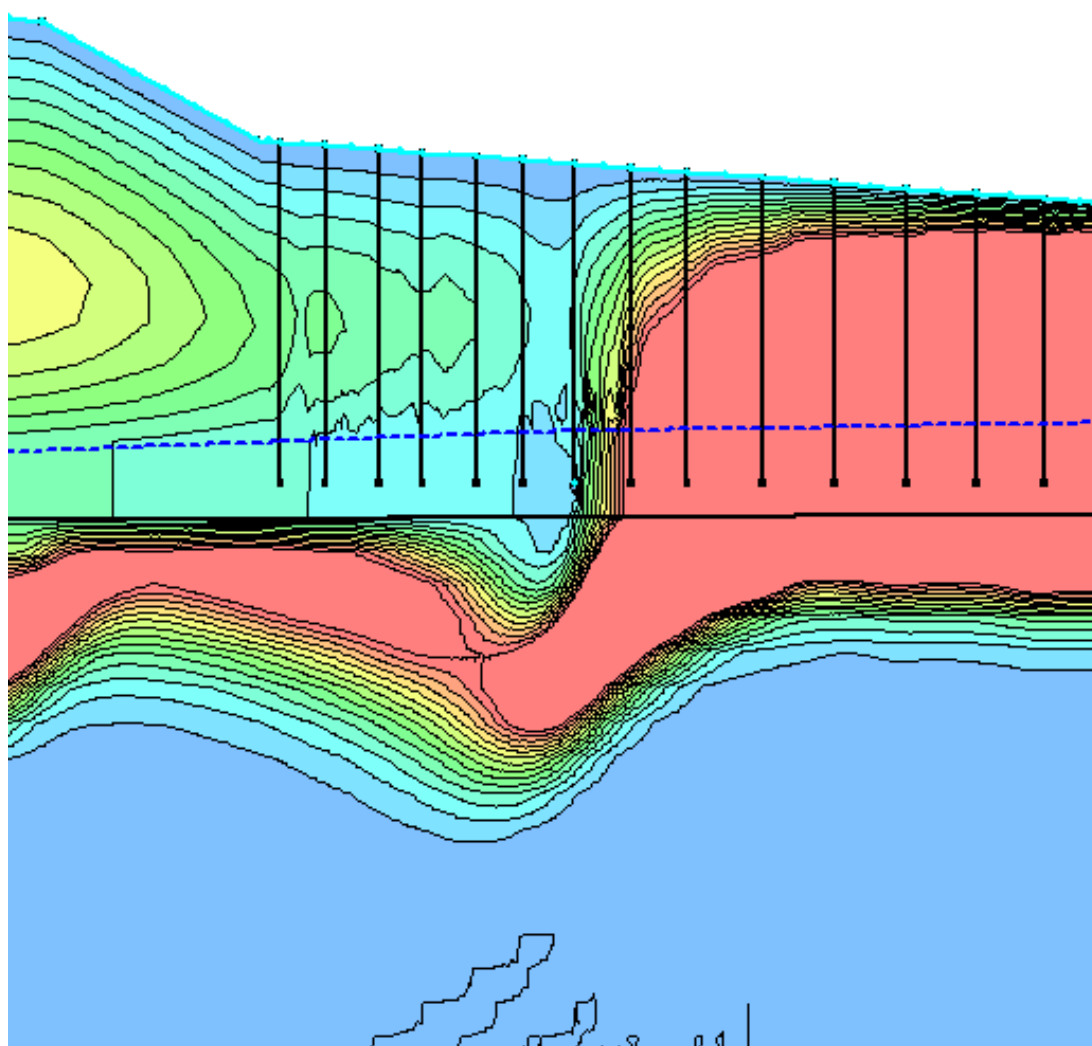
Linda Evjen
va-chef

Bilagor

1. Numerisk modellering av PFAS-transport i Tullingeåsen
2. Tullinge vattenverk - utredning av PFAS reningsprocess
3. Samhällsekonomisk konsekvensanalys vattenstråket i Tullinge

Expedieras till
Text

RAPPORT
**NUMERISK MODELLERING AV PFAS-
TRANSPORT I TULLINGEÅSEN**



292014, Tullingeåsen Riksten grundvattenmodellering och föroreningstransport av PFAS.

UPPDRAG

Titel på rapport: Numerisk modellering av PFAS-transport i Tullingeåsen
Status: Rapport
Datum: 2019-09-27

MEDVERKANDE

Beställare: Botkyrka kommun, Tekniska förvaltningen
Kontaktperson: Anette Rosdahl

Konsult: My Osterman, Tyréns AB
Uppdragsansvarig: Peter Olsson, Tyréns AB
Kvalitetsgranskare: Jeffrey Lewis, Tyréns AB

Uppdragsansvarig:

Peter Olsson

Datum: 2019-09-27

Handlingen granskad av:



Jeffrey Lewis

Datum: 2019-09-27

SAMMANFATTNING

Tullinge vattenverk försåg fram till 2011 del av Botkyrka kommun (Tullinge) med dricksvatten. Vattenverket stängdes efter att höga halter av PFAS-ämnen upptäcktes i grundvattnet i Tullingeåsen, där vattenverkets uttag låg. Halterna vid vattenverket uppmättes i en utredning av Niras (2018) till ca 300 ng/l, vilket kan jämföras med Livsmedelsverkets gräns för konsumtion av PFAS-förorenat dricksvatten på 90 ng/l.

Ett flertal utredningar och markundersökningar har sedan dess genomförts vid området. Tyréns AB har på uppdrag av Botkyrka kommun, tekniska förvaltningen genomfört numerisk modellering av PFAS-transport i Tullingeåsens grundvatten samt att utreda ett antal åtgärdsförslag som syftar till att sanera området och minska halterna av PFAS som transporteras till vattenverket. Modellering har gjorts för en tidsperiod av 90 år, vilket representerar perioden från då PFAS antas ha tagits i bruk (ca 1960) till 30 år efter att sanering inleds (ca år 2050).

De scenarier som utreds genom numerisk modellering av PFAS-transport är följande:

1. PFAS-transport utan saneringsåtgärd (nuvarande läge)
2. Anläggning av tätande skikt vid föroreningskällan
3. Anläggning av aktiv sanering (saneringsbrunnar)
4. Konstinfiltration av oförorenat vatten

Resultat av beräkningar av PFAS-transport i Tullingeåsens grundvatten visar att anläggning av ett tätskikt över brandövningsplatsen inte kommer att orsaka en minskning av PFAS-halterna vid uttagsbrunnen under minst 30 års tid. Aktiv sanering har en större inverkan men PFAS halterna vid uttagsbrunnen kommer ändå att vara jämförbara med dagens halter under minst 30 år.

Den mest effektiva åtgärden för att minska PFAS-halter vid uttagsbrunnen är konstinfiltration, där ytvatten från Tullingesjön infiltreras i åsen uppströms uttagsbrunnen för att späda ut PFAS-halterna som finns i Tullingeåsen.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND	5
2	SYFTE OCH MÅL	6
3	GENOMFÖRANDE.....	6
	3.1 GRUNDVATTENFLÖDESMODELL.....	7
	3.1.1 FYSIKALISKA PARAMETRAR	7
	3.1.2 RANDVILLKOR	9
	3.2 TRANSPORTMODELLER	10
	3.2.1 FYSIKALISKA PARAMETRAR	10
	3.2.2 RANDVILLKOR	11
4	RESULTAT.....	11
	4.1 NUVARANDE LÄGE.....	12
	4.2 PÅVERKAN AV TÄTNINGSÅTGÄRD	14
	4.3 PÅVERKAN AV AKTIV SANERING.....	15
	4.4 PÅVERKAN AV KONSTINFILTRATION	16
	4.5 SAMMANFATTNING AV KONCENTRATION VID UTTAGSBRUNN.....	17
5	DISKUSSION.....	17
	5.1 ANTAGANDEN GÄLLANDE HYDROGEOLOGISKA PARAMETRAR.....	17
	5.2 ANTAGANDEN GÄLLANDE RANDVILLKOR.....	17
	5.3 RESULTAT AV TRANSPORTBERÄKNINGAR	18
	5.4 OSÄKERHETER OCH FÖRBÄTTRINGSFÖRSLAG	18
	5.5 TEKNISKGRANSKNING AV MODELLEN	18
6	REFERENSER.....	19

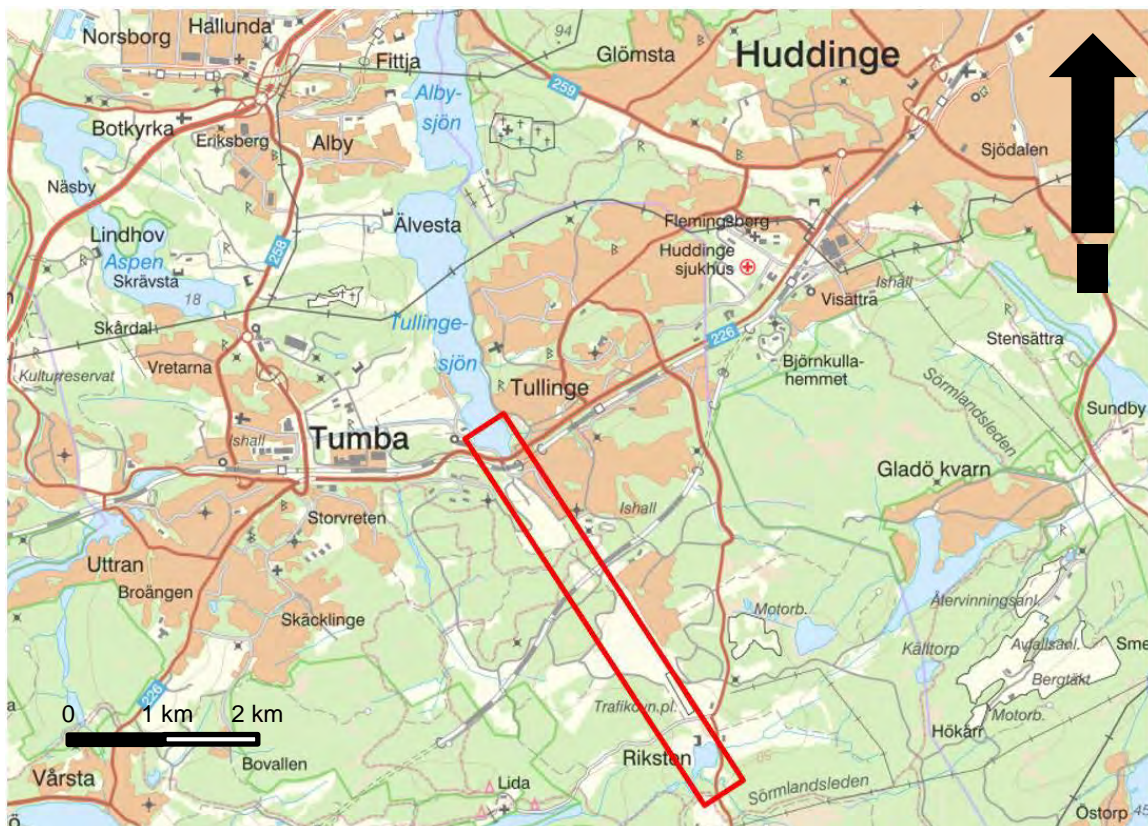
BILAGA 1 - FIGURER

1 BAKGRUND

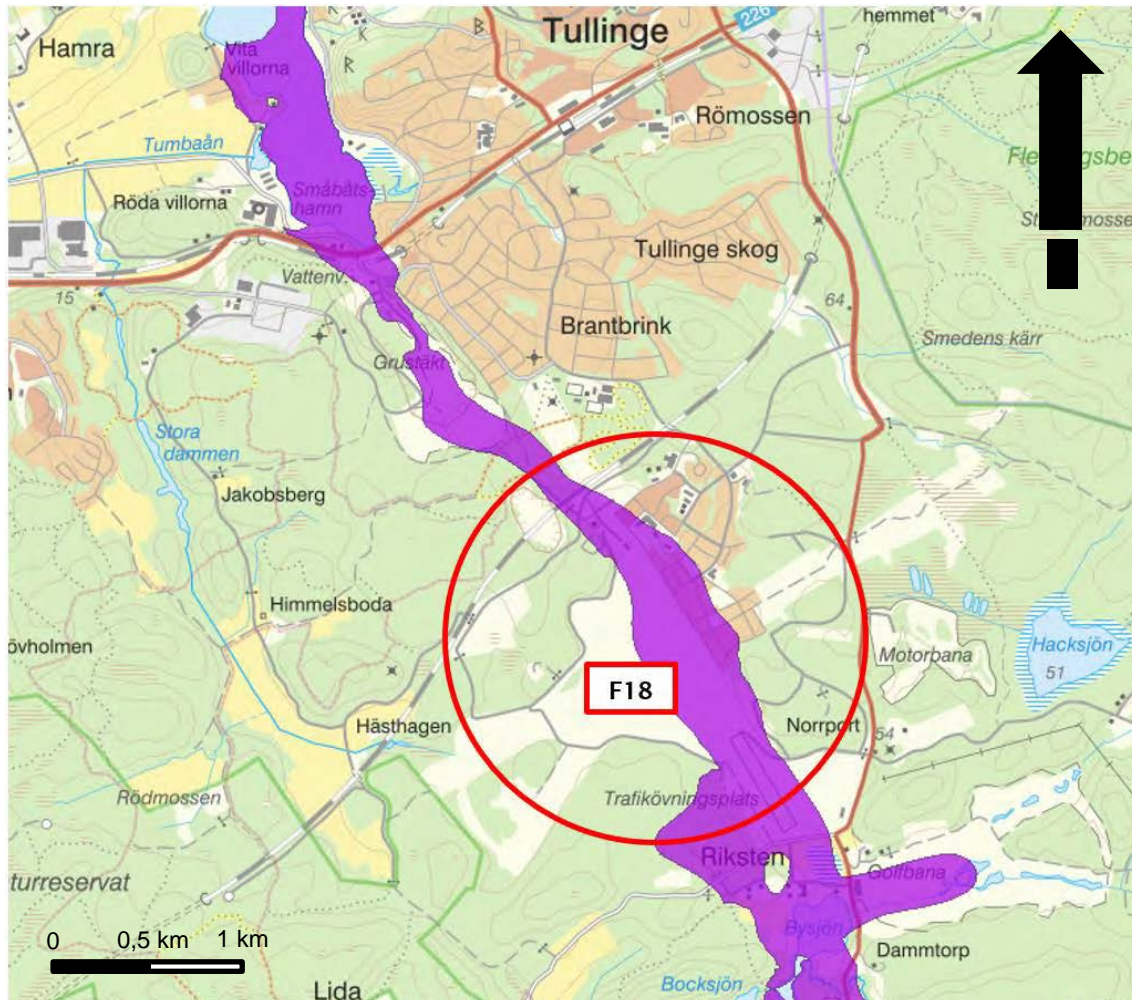
Del av Botkyrka kommun (Tullinge) försågs fram till år 2011 med dricksvatten från Tullinge vattenverk som tar sitt råvatten från Tullingeåsen, vars läge visas i Figur 1 och Figur 2. I Tullinge vattenverk upptäcktes år 2011 förekomst av PFAS i det distribuerade dricksvattnet och i råvatten från vattenverkets uttagsbrunnar. Som en försiktighetsåtgärd stängdes vattenverket och en reservvattenledning från Norsborgs vattenverk kopplades in för att förse området med dricksvatten. Tullinge vattenverk har därmed inte varit i drift sedan 2011. Ett flertal utredningar och markundersökningar har därefter genomförts och i huvudsak riktats mot den före detta flygflottiljen F18 i Tullinge, med fokus på områden som tidigare använts som brandövningsplatser.

Tyréns har tidigare granskat och analyserat en utredning från Försvarsmakten/Niras (2018) som beskriver de mark- och grundvattenundersökningar som har genomförts vid f.d. huvudbrandövningsplatsen och napalmövningsplatsen. Dessa bedöms vara de primära källområdena för PFAS-föroreningen. Tyréns har även granskat det åtgärdsförslag som Försvarsmakten tagit fram.

På uppdrag av Botkyrka kommun har Tyréns genomfört numerisk modellering av PFAS-transport i Tullingeåsen för att utvärdera åtgärdsförslaget och hur de skulle påverka rening av vattnet i vattenverket.



Figur 1: Översiktbild över området Huddinge – Tumba. Tullingeåsen, som berörs i utredningen är belägen inom röd markering. Bildkälla: VISS, 2019.



Figur 2: Karta över Tullingeåsens grundvattenförekomst, markerad med lila. Läget för den numera nedlagda flygflottiljen F18 visas med röd markering. Källa: VISS, 2019.

2 SYFTE OCH MÅL

Syftet med utredningen är att genomföra en hydrogeologisk undersökning av PFAS-transport i Tullingeåsen som är grundad i numerisk modellering. Målet med utredningen är att utvärdera hur olika åtgärdsförslag påverkar halterna av PFAS i Tullingeåsen vid den före detta huvudbrandövningsplatsen och napalmövningsplatsen samt vid Tullinge vattenverk. Dessutom syftar utredningen till att bidra till en eventuell utredning av miljöpåverkan som inte omfattas av nuvarande uppdrag.

3 GENOMFÖRANDE

Tvådimensionella numeriska modeller av grundvattenflöde och PFAS-transport i Tullingeåsen har utvecklats med hjälp av GeoStudios programvaror SEEP/W och CTRAN/W.

Geologi och geometri i modellen har baserats på Figur 16 i Niras (2018), vilken visar ett geologiskt tvärsnitt från Tullingesjön i norr över Tullinge vattenverk och till Bysjön i söder (Figur 3).

De numeriska modellerna som rör transport av PFAS genom Tullingeåsen har gjorts i CTRAN/W. Transportmodeller har tagits fram för sex olika scenarier:

- Nuvarande läge: en transportmodell som speglar nuvarande förhållanden vad gäller PFAS i befintliga grundvattenrör och uttagsbrunnar
- Påverkan av tätningsåtgärder: en transportmodell som visar Försvarsmaktens passiva tätningsåtgärder med hjälp av en effektiv samt en mindre effektiv tätning, där graden av tätning beror på hur permeabelt tätskiktet görs.
- Påverkan av aktiv sanering: två transportmodeller som modellerar en saneringsåtgärd som aktivt tar bort PFAS ur grundvattnet vid brandövningsplatsen. Två modeller tas fram, en med intensiv sanering och en med mindre intensiv sanering, där graden av sanering beror på antalet pumpbrunnar som används.
- Konstinfiltration: en transportmodell med syfte att utreda om det är möjligt att späda ut halterna av PFAS i grundvattnet genom konstgjord infiltration av ytvatten från Tullingesjön till Tullingeåsen.

Samtliga scenarier har tagits fram under antagandet att spridning av PFAS har skett sedan 1960-talet, eftersom det inte går att fastställa när användningen av PFAS började. Det innebär att uttag av grundvatten vid vattenverket skedde i 50 år efter PFAS-föroreningen antogs uppstå. Därefter har PFAS-transporten modellerats för de sex scenarierna utan grundvattenuttag vid vattenverket för en tidsperiod på 30 år framåt i tiden.

De beräknade halterna av PFAS-ämnen i grundvattnet jämförs med Livsmedelsverkets åtgärdsgränser för PFAS i dricksvatten. Livsmedelsverket (2016) rekommenderar att undvika konsumtion av dricksvatten med PFAS-halter överskridande 90 ng/l samt att åtgärder bör vidtas för att sänka halterna så långt som möjligt under 90 ng/l. Det är troligt att åtgärdsgränser för PFAS i dricksvatten kommer att sänkas vidare under 2020 eller 2021. Åtgärdsgränserna har ingen direkt inverkan på själva modelleringen men har en inverkan på tolkningen av resultaten.

3.1 GRUNDVATTENFLÖDESMODELL

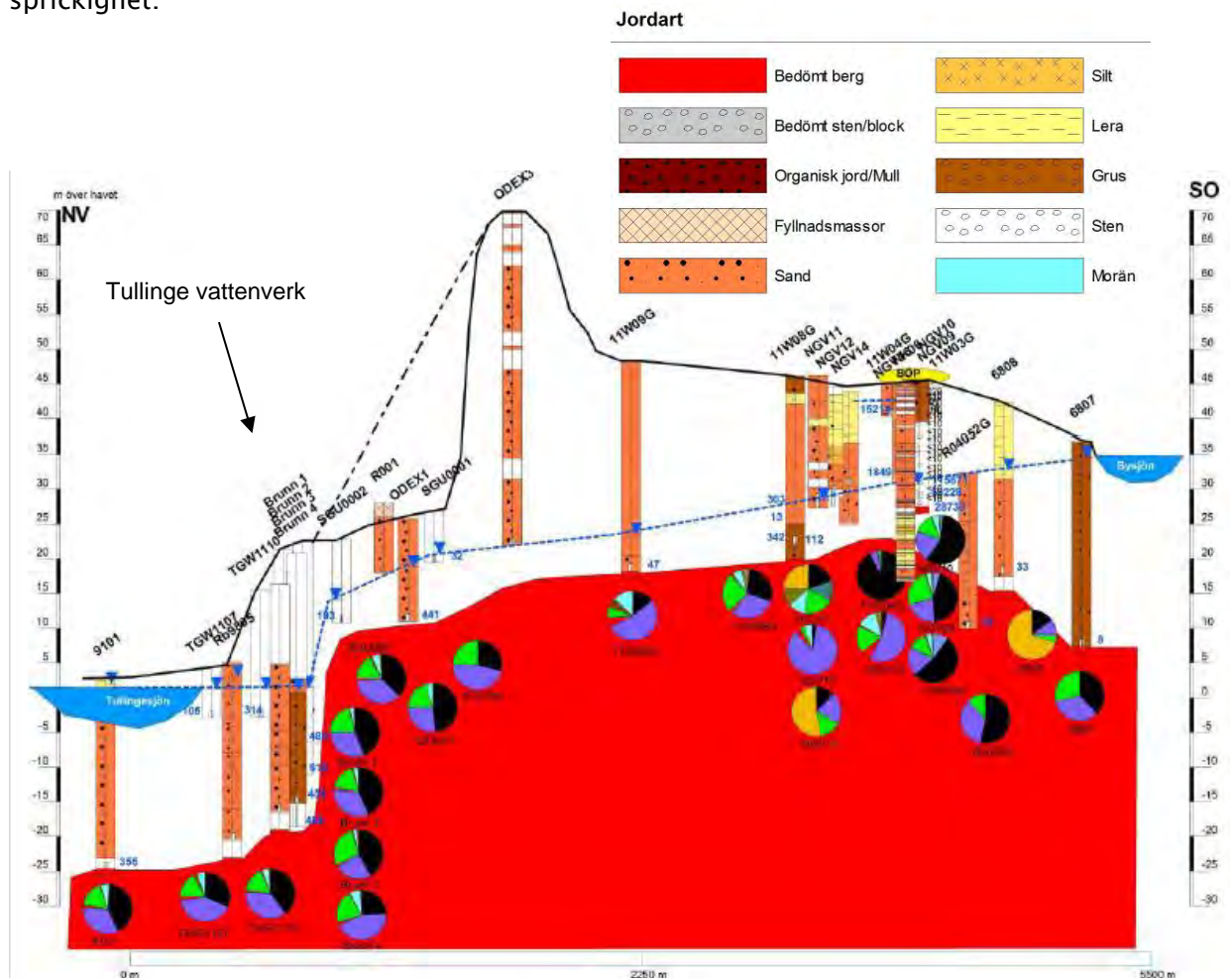
3.1.1 FYSIKALISKA PARAMETRAR

En grundvattenflödesmodell krävs innan en transportmodell kan utvecklas. Grundvattenflödesmodellen har gjorts i SEEP/W och alla relevanta fysiska modellparametrar sammanfattas i Tabell 1.

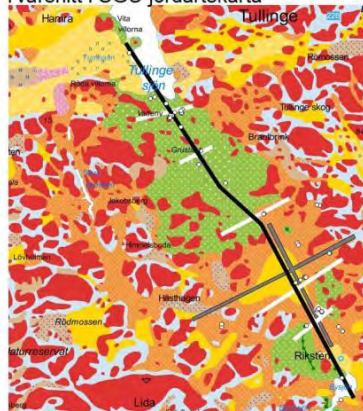
Tabell 1: Hydrogeologiska parametrar för grundvattenflödesmodell

Material	Mättad hydraulisk konduktivitet [m/s]	Porositet
Friktionsjord	$1 \cdot 10^{-4}$	0,35
Berg	$1 \cdot 10^{-7}$	0,01

Den hydrauliska konduktiviteten har modellerats under mättade/omättade förhållanden för friktionsjord, medan berg antogs ligga så pass djupt under grundvattenytan att den alltid är mättad med vatten. Porositeten för berg är vanligen mycket lägre än för jord förutom i områden med bevisat stora krosszoner eller sprickighet.



Tvärsnitt i SGU jordartskarta

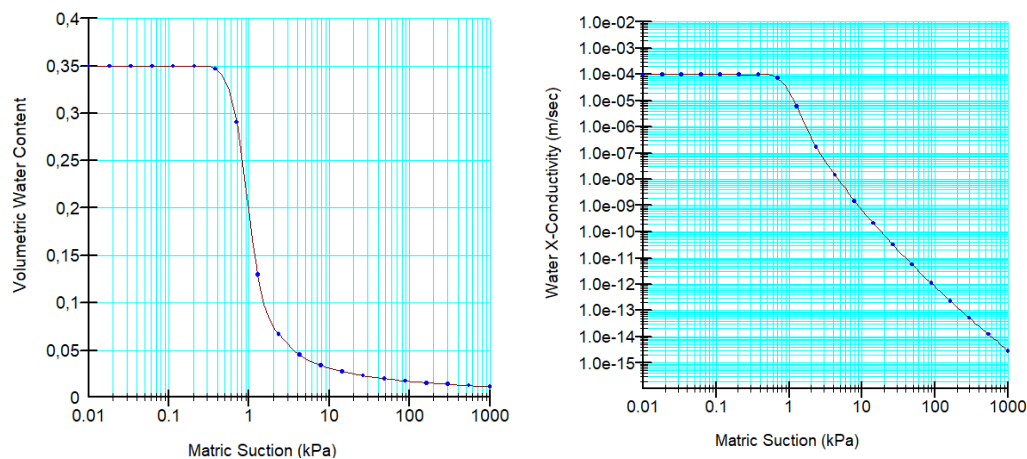


-  Isälvssediment
-  Berg
-  Glacial lera
-  Lera och silt
-  Fyllning
-  Postglacial grovsilt-finsand

Figur 3: Geologiska och geometriska grunden till grundvattenmodellen. Ett urklipp från figur 16 i Niras (2018). Figuren visar relevanta sonderingar, bergytan samt grundvattennivåer längs ett tvärsnitt från Tullingesjön i norr till Bysjön i söder.

Eftersom den hydrauliska konduktiviteten i omättad jord är en funktion av volumetrisk vattenhalt har en kurva tagits fram för friktionsjorden. Den är utvecklad från GeoStudios interna exempelfunktioner eftersom ingen uppmätt analys fanns att tillgå.

Funktioner för hydraulisk konduktivitet och volumetrisk vattenhalt för åsens friktionsjord visas i Figur 4. Ingen anisotropi har antagits i modellen. Det innebär att alla fysiska parametrar antas vara lika i alla riktningar.



Figur 4: Funktion för volumetrisk vattenhalt (vänstra figuren) och hydraulisk konduktivitet (högra figuren) för åsens friktionsjord.

Sonicborrning (Niras, 2018) har visat att det finns ett ler-/siltlager under den västra delen av f.d. huvudbrandövningsplatsen och stora delar av napalmövningsplatsen. Utbredningen lagret har dock inte fastställts i detalj. Modellen har inte tagit hänsyn till detta lager eftersom de flesta sonderingar längs åsen inte har visat ett ler-/siltlager under grundvattenytan (Figur 3).

3.1.2 RANDVILLKOR

Modellen styrs av vattentrycket som finns i Bysjön (+35 meter över havet) samt Tullingesjön (+ 1 meter över havet). Skillnaden i vattentryck på 34 m i höjd är det som driver grundvattnet genom modellen. Eftersom Bysjön och Tullingesjön ligger 4300 m från varandra är medelgradienten i åsen $34 \text{ m}/4300 \text{ m} = 8 \text{ ‰}$.

Grundvattenbildningen över modellytan har antagits ha ett konstant värde av $2 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$, förutom vid området för den f.d. brandövningsplatsen där grundvattenbildningen har antagits till $9,5 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ för att se till att en realistisk transport av PFAS-föreningar sker från jorden till grundvattnet.

För att modellera uttaget av vatten vid vattenverket under åren detta var i drift sattes en uttagsbrunn med ett uttag av $1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ i friktionsjorden vid vattenverket. Det motsvarar ett uttag av 0,02 l/s, vilket är ett lågt uttag jämfört med det av Niras angivna uttaget på 35 l/s (Niras, 2018). Det var dock inte möjligt att nå numerisk konvergens med ett högre uttag av vatten från vattenverket.

I fallet med aktiv sanering pumpas grundvatten upp ur marken nedströms brandövningsplatsen. Vattnet saneras och återförs därefter till åsen. Detta scenario modellerades med hjälp av ett uttag av vatten i grundvattenmodellen med $3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ för det mindre intensiva fallet och med $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ för det intensiva fallet samt en införsel av oförorenat vatten som motsvarade uttaget. PFAS-föroreningarna tilläts följa med det uppumpade vattnet, vilket minskade koncentrationen i åsens grundvatten.

För fallet där PFAS-halterna späds ut med hjälp av konstinfiltration med vatten från Tullingesjön användes ett randvillkor som gav en konstant vattenyta i ett område ca 1 km söder om vattenverket. Konstinfiltrationen resulterade i ökad inströmning av vatten till åsen.

3.2 TRANSPORTMODELLER

Transportmodellerna använder grundvattenflödet från flödesmodellen från för att modellera transport av PFAS med grundvattenflödet i Tullingeåsen. För transportmodellen behövs dessutom materialparametrar och randvillkor för de ingående materialens egenskaper avseende transport av PFAS.

3.2.1 FYSIKALISKA PARAMETRAR

I Tabell 2 sammanfattas fysikaliska parametrar som har använts för att modellera transport av PFAS-ämnen i Tullingeåsen. Funktion för adsorption av PFAS i friktionsjord visas i Figur 5.

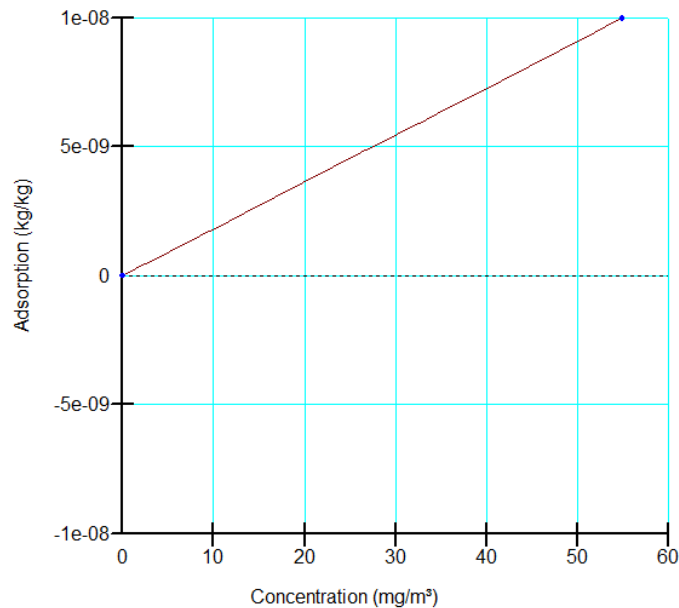
Tabell 2: Fysikaliska parametrar för transport av PFAS-ämnen i friktionsjord och berg.

Material	Parameter	Värde
Friktionsjord	Diffusion	Försumbar
	Torrdensitet	1400 kg/m ³
	Longitudinell dispersivitet	400 m
	Transversell dispersivitet	60 m
Berg	Diffusion	Försumbar
	Torrdensitet	2000 kg/m ³
	Longitudinell dispersivitet	1 m
	Transversell dispersivitet	0,1 m

Adsorption innebär fastläggning av förorening och därmed både fördröjning och minskning av föroreningskoncentration i grundvattnet. Det är en avgörande parameter vad gäller spridning av upplösta ämnen i grundvattnet. Hur mycket som fastläggs beror på ämnets kemiska egenskaper, vilka ytor som finns tillgängliga samt förekomsten av båda dessa. Adsorption av PFAS är en komplex process och olika PFAS-kemikalier har olika fastläggningsegenskaper. Fördelningskoefficienter (Kd) i friktionsjord för PFOS (ett enda PFAS-ämne) skiljer sig med minst tre tiopotenser i litteraturen (Ferrey, Adair och Wilson, 2009, Milinovic et al. 2015, Hale et al., 2017).

Adsorption är en funktion av upplösta halter. Höga halter i grundvatten leder till högre halter som fastläggs på jordpartiklar. Med tanke på den stora variation i Kd-värden

som finns för olika PFAS-kemikalier har en konservativ adsorptionsfunktion valts.



Funktionen visas i Figur 5.

Figur 5: Funktion för adsorption av PFAS-ämnen i friktionsjord. Adsorptionen ökar linjärt med en ökning av PFAS-koncentration i jorden.

3.2.2 RANDVILLKOR

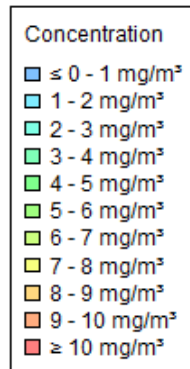
Den initiala koncentrationen av PFAS vid huvudbrand- och napalmövningsplatsen representerades i modellerna med hjälp av ett randvillkor för koncentration, vilken sattes till 50 mg/m³ i enlighet med uppmätta halter från Niras (2018). Ett randvillkor som möjliggör fri transport av PFAS ut från modellen sattes vid Tullingesjön för att undvika att PFAS ackumuleras där vatten flödar ut från modellen.

För att modellera påverkan av det tätskikt som Försvarmakten föreslagit som saneringsåtgärd togs randvillkoret med PFAS-koncentration vid markytan vid brandövningsplatsen bort. Detta för att modellen endast då skulle använda de koncentrationer som transporterats till grundvattnet innan anläggning av tätskikt.

4 RESULTAT

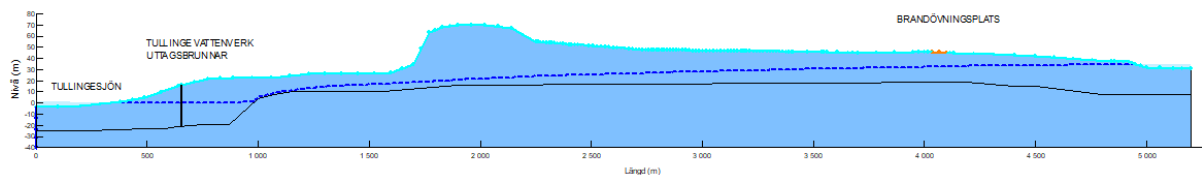
I detta avsnitt beskrivs resultaten för PFAS-transport vid befintlig situation samt de saneringsåtgärder som föreslagits.

4.1 NUVARANDE LÄGE



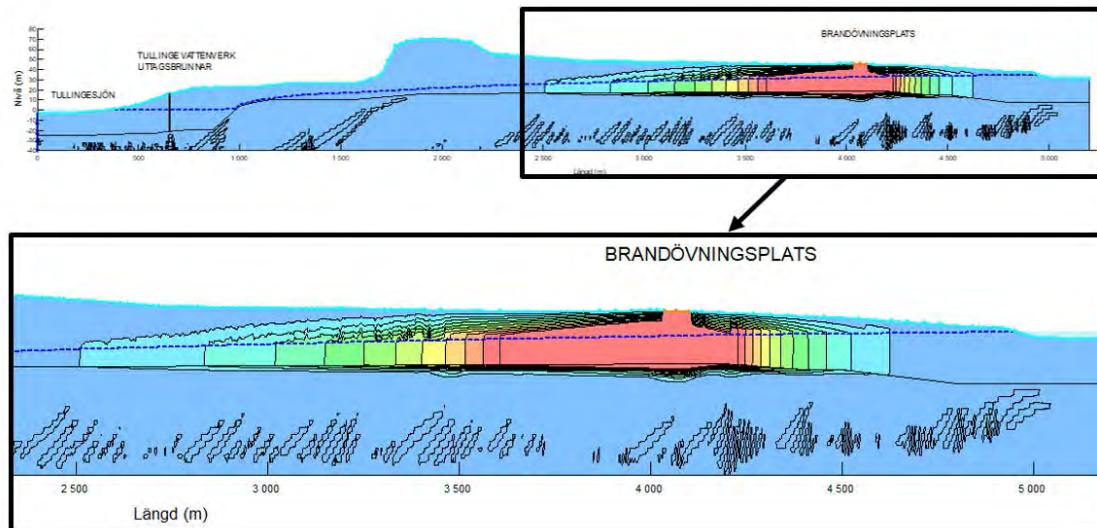
Figur 6: PFAS-koncentrationer som anges i alla resultaten av transportmodellerna (Figurer 7-14). 1 mg/m³ motsvarar 1000 ng/L.

I Figur 7 visas koncentrationen av PFAS i Tullingeåsen för initiala förhållanden där PFAS-föroreningen inte har börjat tränga ned i grundvattnet, d.v.s. ca år 1960. I detta scenario finns inte någon PFAS-förorening i Tullingeåsens grundvatten. I fallen från 1960 – 2010 är uttagsbrunnen, vilken visas med svart vertikal linje till vänster i profilen, fortfarande aktiv och pumpar upp vatten ur Tullingeåsen. I profilen visas Tullingesjön längst till vänster. Vattenansamlingen till höger representerar Bysjön. Figurer 7 – 14 finns i större format i Bilaga 1.



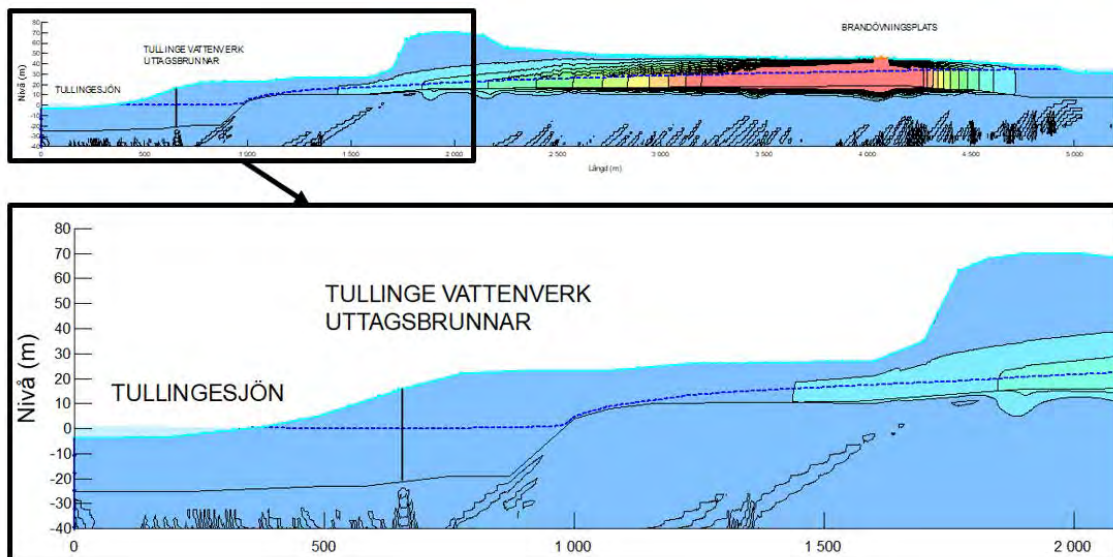
Figur 7: Initial koncentration av PFAS i grundvattnet då utsläppen av PFAS började vid flygflottilj F18 ca år 1960 (0 mg/m³).

Figur 8 visar koncentrationen av PFAS i Tullingeåsen ca år 1980, d.v.s. 20 år efter att PFAS-utsläppen startade. Beräkningarna visar en spridning av PFAS-förorening åt nordväst med grundvattenflödet ca 1500 m från F18. Koncentrationen vid brandövningsplatsen vid F18 beräknades överstiga 10 mg/m³, vilket motsvarar 10 000 ng/L. Föroreningsplymen hade i detta tidssteg inte nått Tullinge vattenverk.



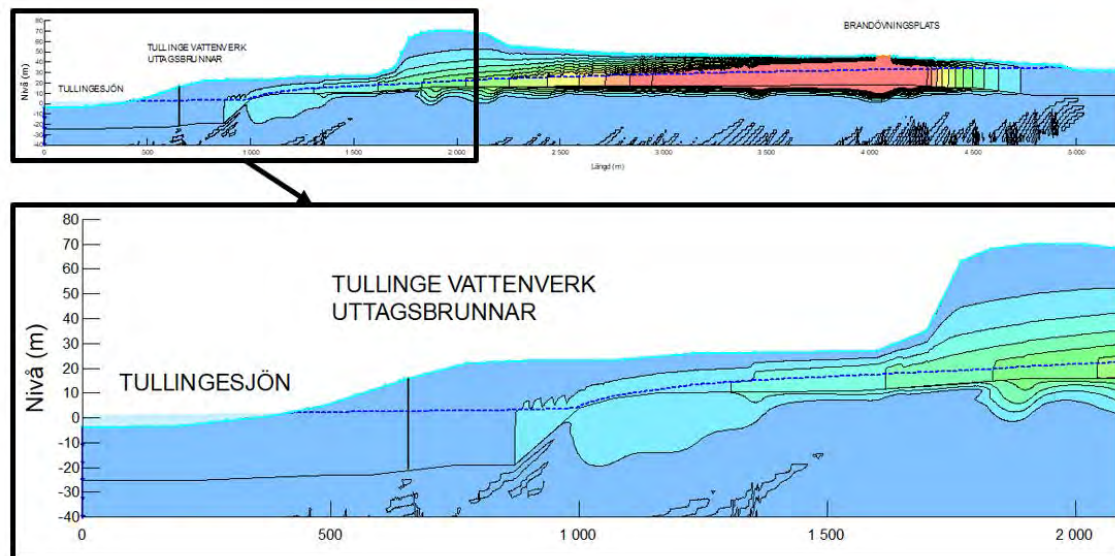
Figur 8: Koncentration av PFAS i Tullingeåsens grundvatten ca 20 år efter att utsläppen av PFAS startade (d.v.s. ca år 1980).

I Figur 9 visas PFAS-koncentrationen i Tullingeåsen ca år 2010, d.v.s. ca 50 år efter att utsläppen av PFAS startade. PFAS-koncentrationen vid Tullinge vattenverk beräknades till ca 300 ng/L, vilket överensstämmer med mätningar från Niras (2018), vilken också visade på halter kring 300 ng/L i vattenverkets uttagsbrunnar.



Figur 9: Koncentration av PFAS i Tullingeåsens grundvatten 50 år efter att utsläppen av PFAS startade (d.v.s. ca år 2010).

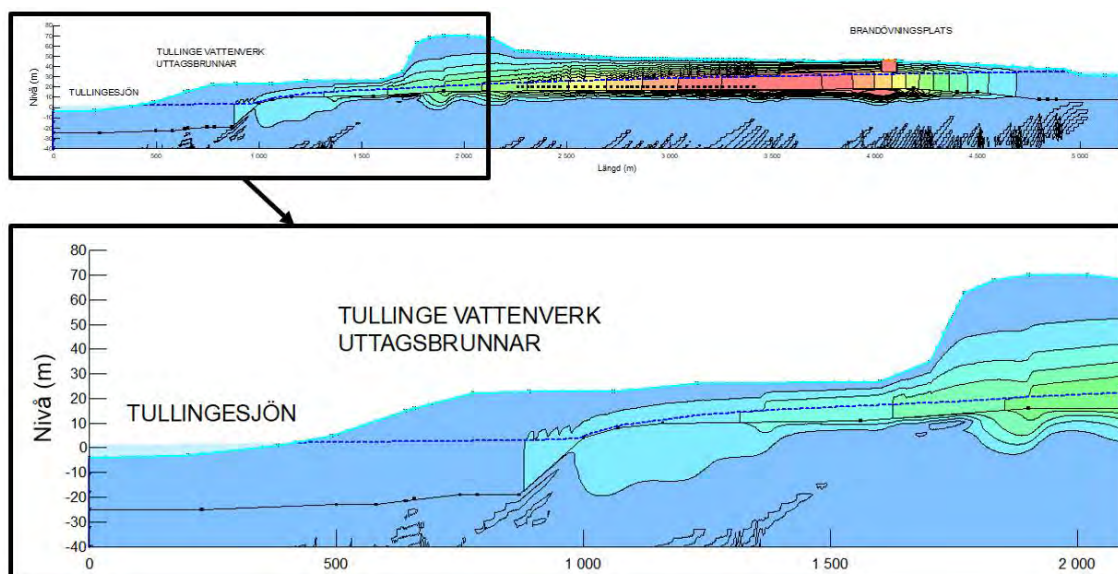
I Figur 10 visas PFAS-koncentrationen i Tullingeåsen ca år 2040, d.v.s. 80 år efter att utsläppen startade. I detta scenario har vattenverkets uttagsbrunnar varit inaktiva i ca 20 år och ingen saneringsåtgärd har vidtagits under året 2020. Koncentrationen av PFAS skulle uppgå vid vattenverket till ca 550 ng/l.



Figur 10: Koncentration av PFAS i Tullingeåsens grundvatten ca år 2040, förutsatt att inga saneringsåtgärder vidtas, ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.

4.2 PÅVERKAN AV TÄTNINGSÅTGÄRD

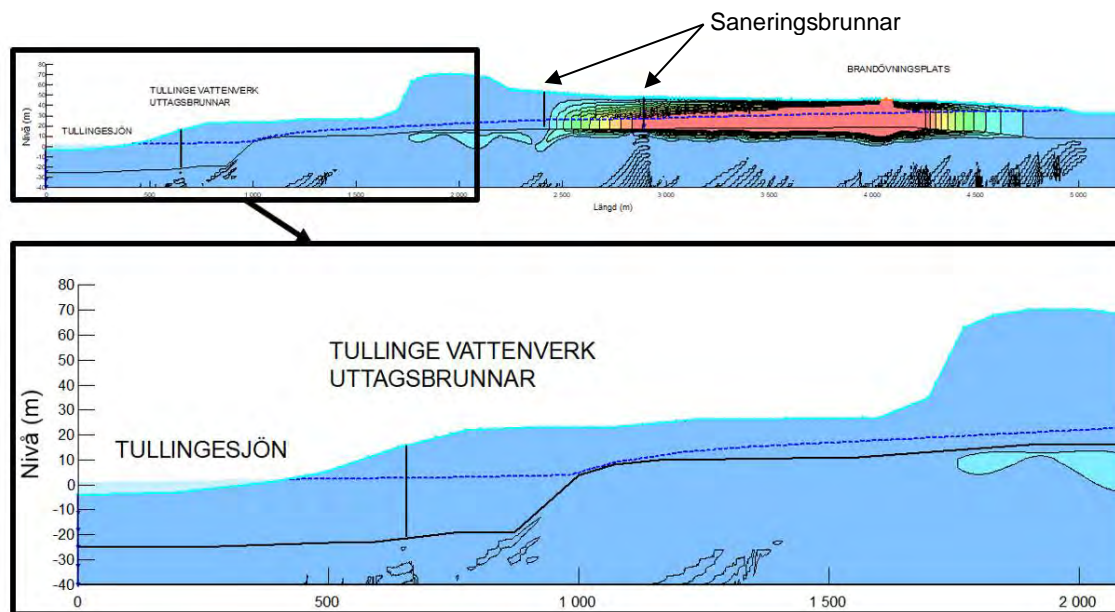
Figur 11 visar koncentrationen av PFAS i Tullingeåsens grundvatten ca år 2040, d.v.s. ca 80 år efter att PFAS började spridas från brandövningsplatsen. I beräkningsmodellen har ett tätskikt lagt på markytan året 2020, vilket hindrar infiltration ned i marken. Koncentrationen av PFAS uppgår vid vattenverket till ca 550 ng/l 20 år efter att tätskikten har anlagts.



Figur 11: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att ett tätskikt varit anlagt på ytan i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.

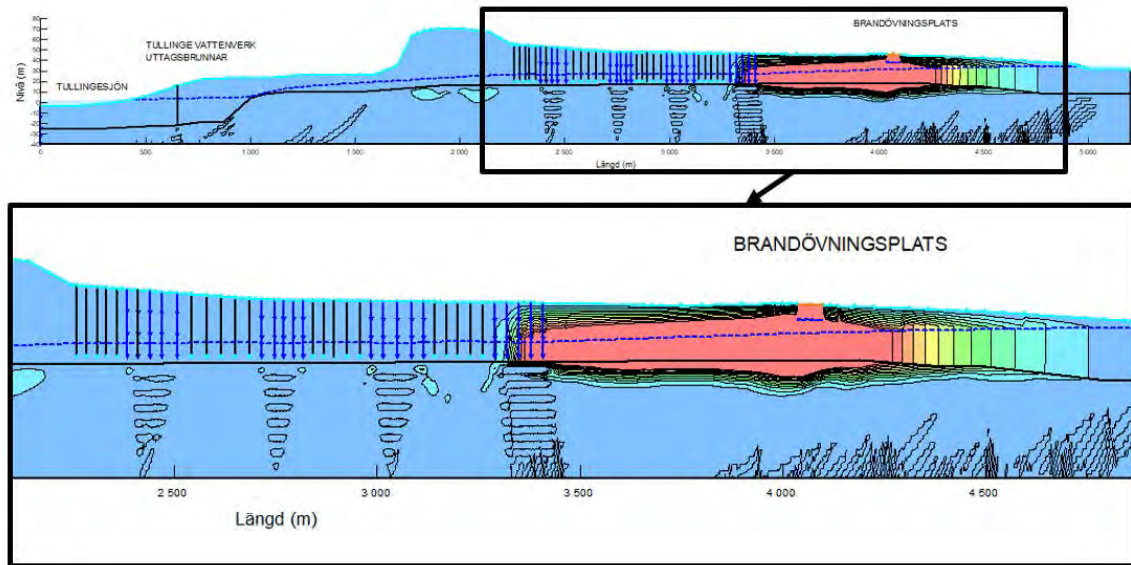
4.3 PÅVERKAN AV AKTIV SANERING

I Figur 12 redovisas resultat av transportmodellering i fallet då en mindre intensiv aktiv sanering har pågått i 20 år, d.v.s. ca år 2040. I detta scenario var endast en saneringsbrunn aktiv och hade ett uttag (samt införsel av rent vatten) på $3 \cdot 10^{-6}$ m³/s. Koncentrationen av PFAS uppgår vid vattenverket till ca 300 ng/l efter 20 år.



Figur 12: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att en mindre intensiv aktiv saneringsåtgärd med en saneringsbrunn har pågått i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.

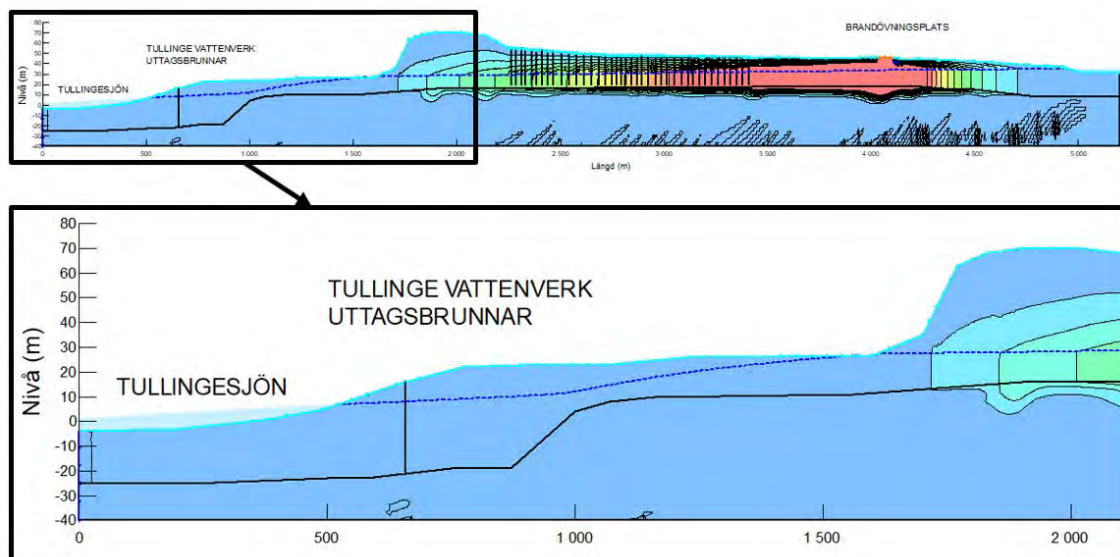
I Figur 13 visas resultat av transportmodellering i fallet då en mer intensiv aktiv sanering har pågått i 20 år, d.v.s. ca år 2040. I detta fall är tio saneringsbrunnar aktiva och pumpar ut förorenat vatten samt pumpar in rent vatten med ett flöde på $3 \cdot 10^{-6}$ m³/s. Koncentrationen av PFAS uppgår vid vattenverket till ca 270 ng/l efter 20 år.



Figur 13: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att en aktiv saneringsåtgärd med tio saneringsbrunnar pågått i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.

4.4 PÅVERKAN AV KONSTINFILTRATION

I Figur 14 visas resultat av transportmodell för fallet där konstinfiltration har tillämpats som saneringsåtgärd genom tillförsel av rent vatten ca 1000 m uppströms om vattenverket. Koncentrationen av PFAS uppgår vid vattenverket till ca 10 ng/l efter 20 år.



Figur 14: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att konstinfiltration pågått i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.

4.5 SAMMANFATTNING AV KONCENTRATION VID UTTAGSBRUNN

I Tabell 3 visas en sammanfattning av PFAS-koncentrationen vid uttagsbrunnen vid Tullinge vattenverk vid år 2040 samt 2050, vilket motsvarar 20 respektive 30 år efter att sanering antas inledas (2020).

Tabell 3: Sammanfattning av PFAS-koncentration vid uttagsbrunnen.

Scenario	PFAS-koncentration vid uttagsbrunn	
	20 års sanering (ng/l)	30 års sanering (ng/l)
Utan åtgärd	550	700
Tätning	550	650
Aktiv sanering – intensiv	270	180
Aktiv sanering – mindre intensiv	300	270
Konstinfiltration	10	3

5 DISKUSSION

5.1 ANTAGANDEN GÄLLANDE HYDROGEOLOGISKA PARAMETRAR

Niras (2018) skriver att den hydrauliska konduktiviteten utifrån tillgängliga uppgifter om grundvattenflödet kan antas ligga kring storleksordningen 1×10^{-3} m/s. Det värdet innebär att det finns lite motstånd till vattnets flöde och motsvaras enligt litteraturvärden av en grov sand eller grus (Freeze och Cherry, 1979). Niras (2018), Bilaga 3: Borrjournaler ODEX-/NOEX borring och installation av grundvattenrör, rapporterar huvudsakligen sand, finsand och mellansand under grundvattenytan. Eftersom det inte finns någon uppmätt fältdata för hydraulisk konduktivitet har vi använt ett mer konservativt värde av 1×10^{-4} m/s i modellen. Rimliga värden för friktionsjord ligger inom spannet 1×10^{-1} m/s (grovsingel) till 1×10^{-5} m/s (finsand). Den hydrauliska konduktiviteten avgör hastigheten med vilket vatten, och därmed PFAS, transporteras genom jordprofilen. En högre konduktivitet innebär en snabbare transport.

5.2 ANTAGANDEN GÄLLANDE RANDVILLKOR

Grundvattenbildning av 2×10^{-10} m³/s/m² motsvarar 6 mm/år, vilket anses vara ett lågt värde. Rodhe et al. (2006) visar att ett rimligt medelvärde för Botkyrka kommun ligger omkring 300 mm/år för grovjord. Anledningen till ett så lågt värde använts är att det var omöjligt att uppnå numerisk konvergens med en större grundvattenbildning. Enligt Vatteninformationsystem Sverige har Tullingeåsen en medelbredd av omkring 250 m. Distansen mellan Bysjön och Tullingesjön är 4300 m, vilken ger en yta av 1 075 000 m². Vid en grundvattenbildning av 300 mm/år (vilket motsvarar 0,3 m/år), fås en total vattenbildning av 1 075 000 m² x 0,3 m/år = 322 500 m³/år. Niras (2018) rapporterar att det normala grundvattenflödet i Tullingestråket mellan Bysjön anses ligga kring 5000 m³/dygn, alltså 1 825 000 m³/år, varav grundvattenbildning står för ca 18 %. Därmed är en utspädningseffekt från grundvattenbildning av betydelse men inte styrande. Att grundvattenbildning i modellen är 6 mm/år istället för 300 mm/år betyder troligtvis att PFAS halterna i det modellerade grundvattensystemet är någorlunda högre än vad den annars skulle vara.

Uttagsbrunnen vid vattenverket har antagits ta den största delen av sitt vatten från friktionsjorden istället för berget. Intaget för brunnen i modellen har därför placerats just ovanför gränsen mellan friktionsjord och berg. Uttaget från vattenverket var litet

jämfört med verkliga förhållande, vilket beror på att det inte gick att uppnå numerisk konvergens i modellen med ett högre uttag av grundvatten ur åsen.

Vattenuttaget från brunnen har en lokal inverkan på grundvattnets gradient eftersom den skapar en grundvattentratt. Det innebär att de upplösta PFAS-halterna blir indragna mot brunnen, och en högre pumpningshastighet skulle innebära en större indragningskraft. Att uttaget från vattenverket var litet jämfört med verkliga förhållanden betyder troligtvis att PFAS halterna i det modellerade systemet är någorlunda lägre än vad den annars skulle vara.

Effekten från en lägre grundvattenbildning och ett lägre uttag från vattenverket motverkar varandra. Eftersom konvergens inte uppnåddes, kunde vi inte utvärdera omfattningen av dessa effekter men båda två är av mindre betydelse jämfört med det totala flödet genom Tullingeåsensystemet.

5.3 RESULTAT AV TRANSPORTBERÄKNINGAR

Resultaten av beräkningar av PFAS-transport i Tullingeåsens grundvatten visar att ett tätskikt över brandövningsplatsen inte kommer att ha en inverkan på PFAS-halterna vid uttagsbrunnen. Även om ett effektivt tätskikt anläggs över hela källzonen kan man förvänta att PFAS-halterna kommer att öka vid vattenverket under minst 30 års tid. Detta på grund av PFAS-mängder som redan är i grundvattensystemet som långsamt sprids genom Tullingeåsen. Aktiv sanering med pump and treat har en inverkan på halterna vid uttagsbrunnen, och till skillnad från ett tätskikt kommer den totala mängden av PFAS i Tullingeåsen att minska.

Den mest effektiva åtgärden för att minska PFAS-halter vid uttagsbrunnen är konstinfiltration, där ytvatten från Tullingesjön infiltreras i åsen uppströms uttagsbrunnen. Denna saneringsåtgärd tar dock inte bort någon förorening ur Tullingeåsen. Aktiv sanering med pump and treat sänker halter av PFAS vid vattenverket samtidigt den resulterar i en minskning av mängden PFAS i Tullingeåsen.

5.4 OSÄKERHETER OCH FÖRBÄTTRINGSFÖRSLAG

I en numerisk modell finns alltid osäkerheter och antaganden. Modellen hade haft mindre osäkerheter om det hade funnits platsspecifika materialparametrar, samt en mer detaljerad kartläggning av friktionsjorden i Tullingeåsen. Utökning av modellen till en 3D-variant skulle förbättra vår förståelse av hur PFAS sprider sig genom systemet.

5.5 TEKNISKGRANSKNING AV MODELLEN

Delar av transportmodellen har externt utvärderats av modelleringsexpert Kathryn Dompierre, Ph.D., P.Eng. på GeoStudios i Calgary, Canada.

6 REFERENSER

Ferrey, M. L., Wilson, J. T., Adair, C., Su, C., Fine, D. D., Liu, X., & Washington, J. W. (2012). Behavior and fate of PFOA and PFOS in sandy aquifer sediment. *Groundwater Monitoring & Remediation*, 32(4), 63-71.

Freeze, R.A., Cherry, J.A. 1979. Groundwater. Prentice Hall, NJ.

Hale, S. E., Arp, H. P. H., Slinde, G. A., Wade, E. J., Bjørseth, K., Breedveld, G. D., ... & Høisæter, Å. (2017). Sorbent amendment as a remediation strategy to reduce PFAS mobility and leaching in a contaminated sandy soil from a Norwegian firefighting training facility. *Chemosphere*, 171, 9-18.

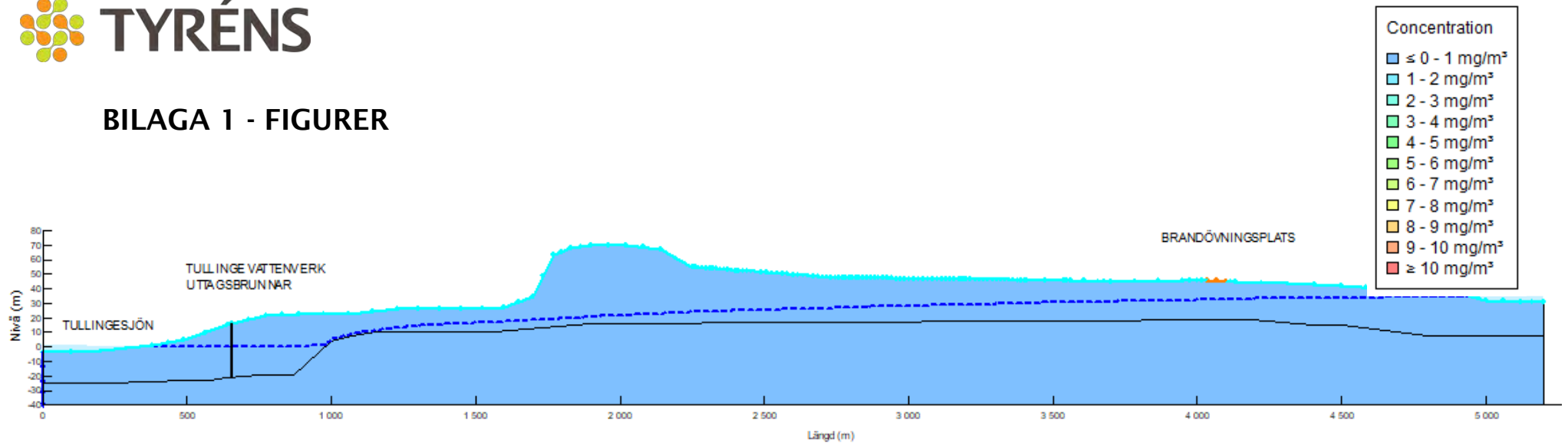
Livsmedelsverket. 2016. Risker vid förorening av dricksvatten med PFAS.

Milinic, J., Lacorte, S., Vidal, M., & Rigol, A. (2015). Sorption behaviour of perfluoroalkyl substances in soils. *Science of the Total Environment*, 511, 63-71.

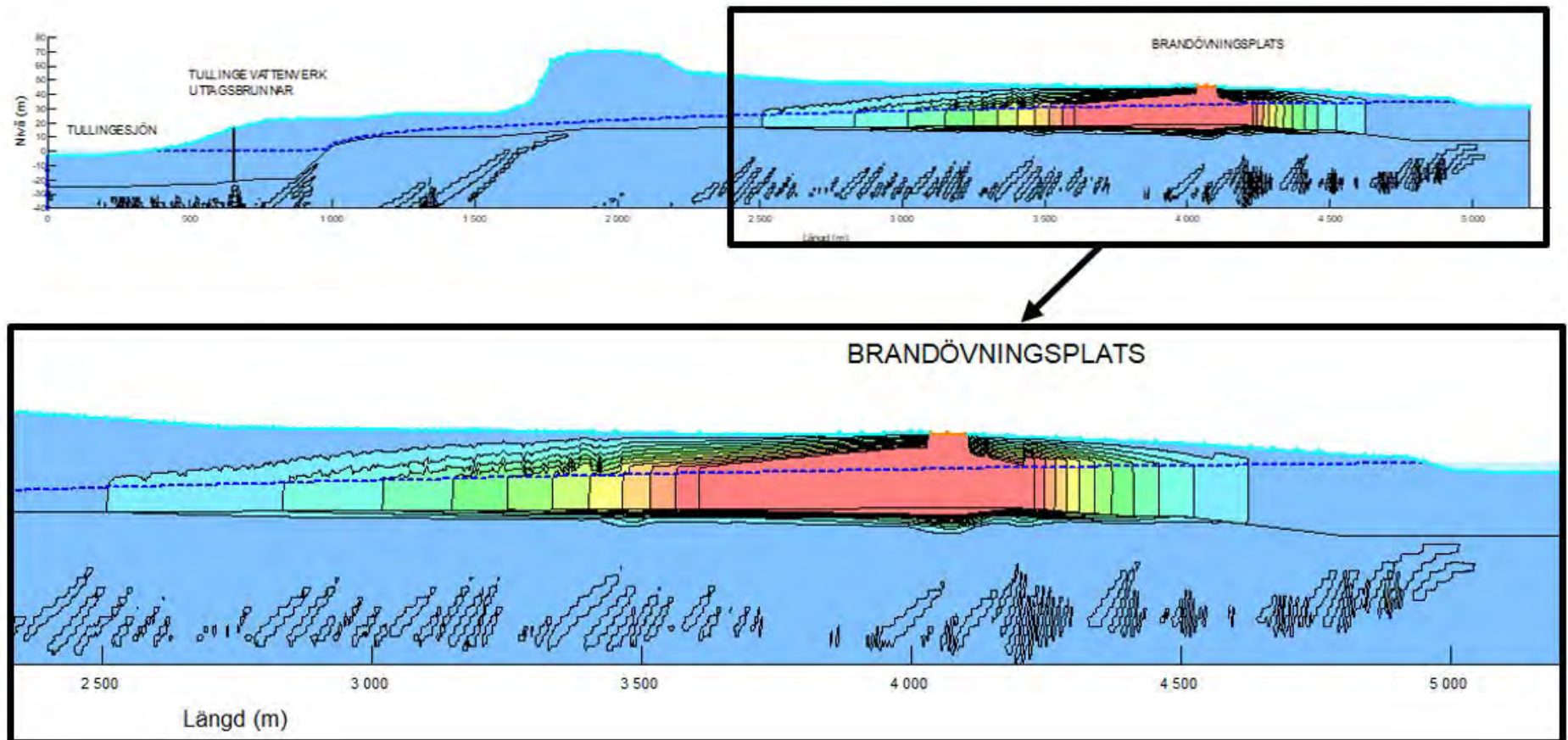
NIRAS. 2018. Åtgärdsförberedande utredning avseende PFAS-förorening på f.d. huvudbrand- och napalmövningsplatsen vid f.d. F 18 i Tullinge. Bilaga 0. FM2016-9188:11. 2018-03-12. 64 pp.

Rodhe, A., Lindström, G., Rosberg, J., Pers, C. 2006. Grundvattenbildning i svenska typjordar - översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell. Uppsala University Report Series A No. 66. 27 pp.

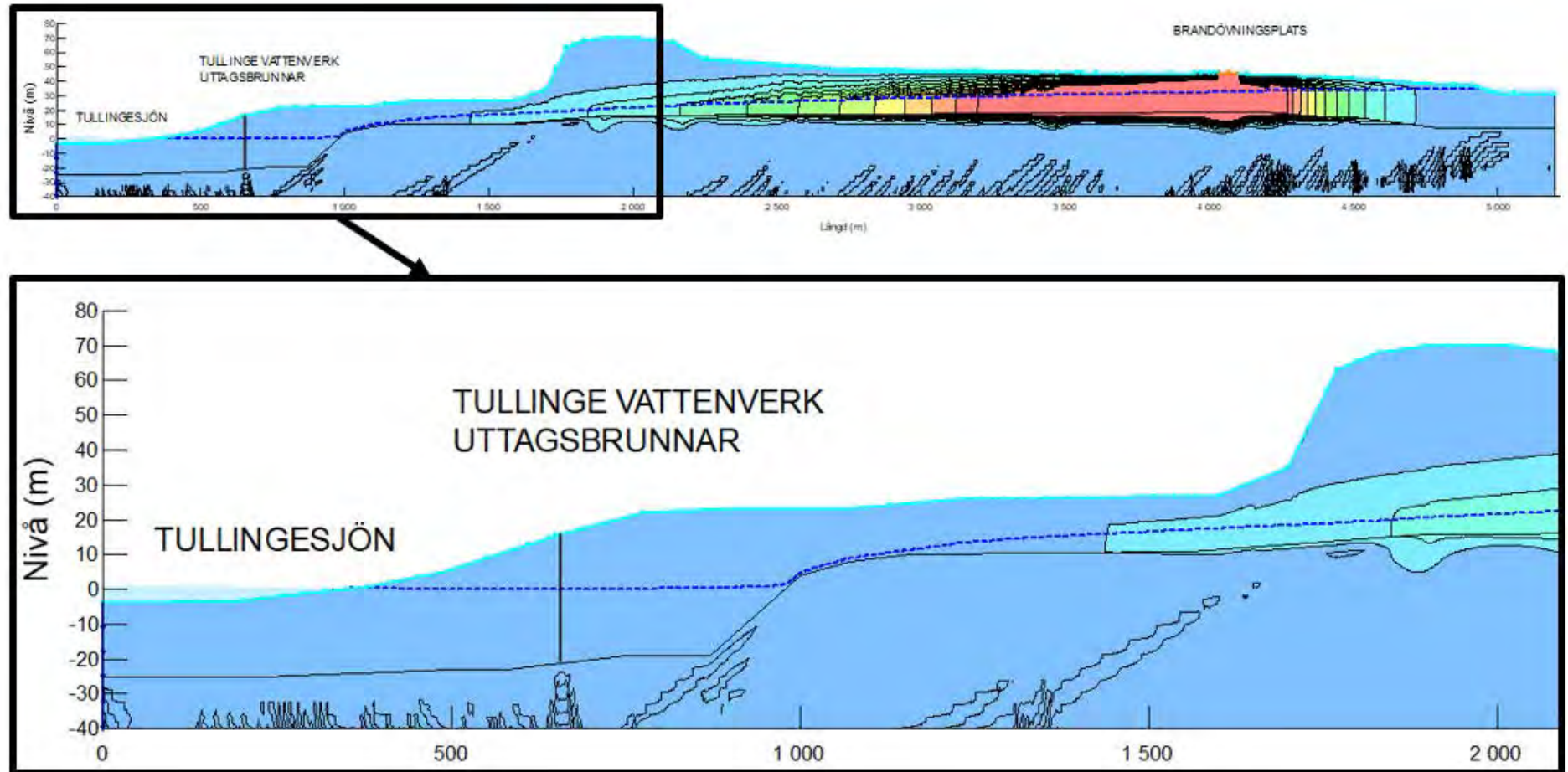
BILAGA 1 - FIGURER



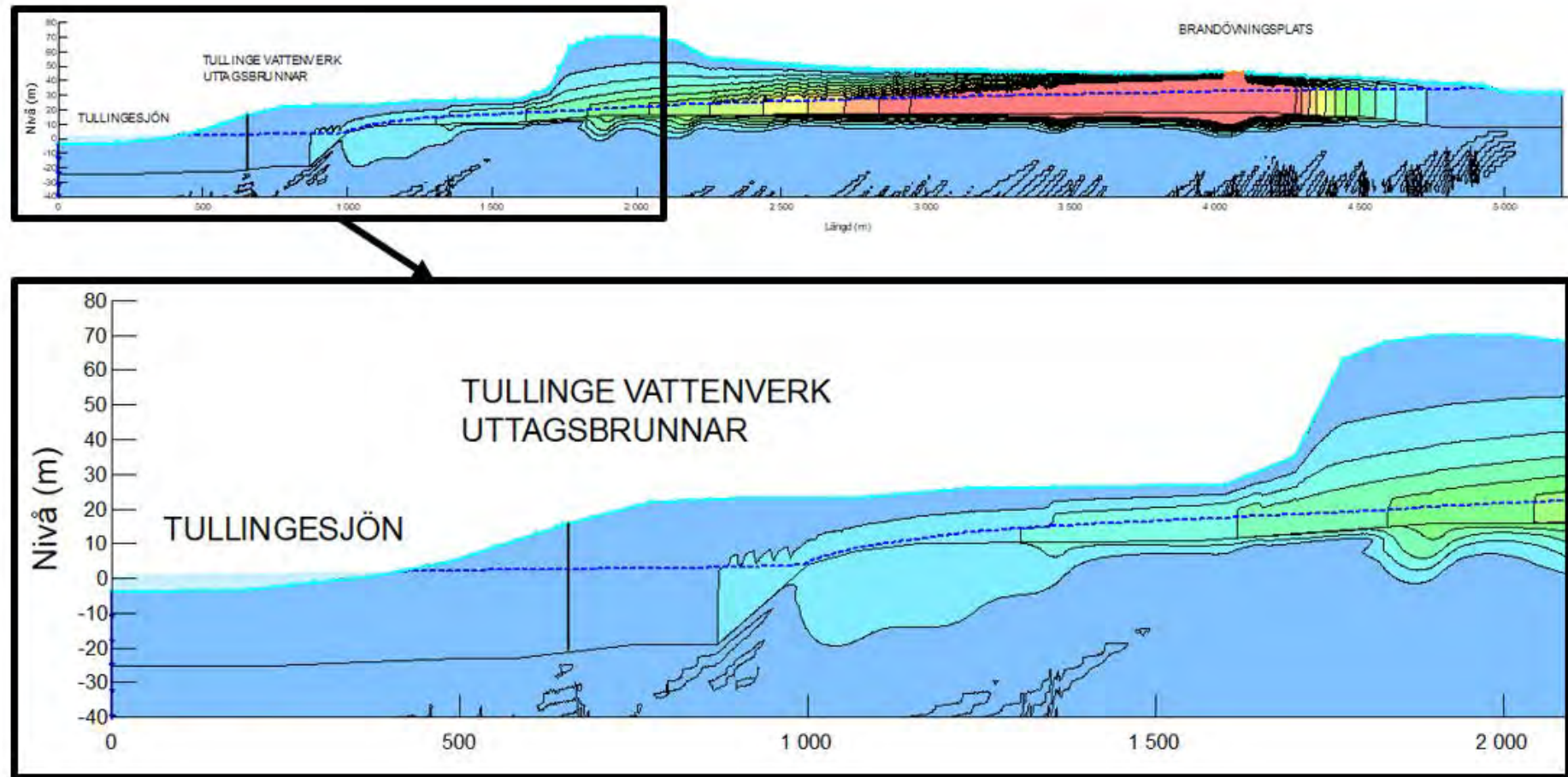
Figur 7: Initial koncentration av PFAS i grundvattnet då utsläppen av PFAS började vid flygflottilj F18 ca år 1960



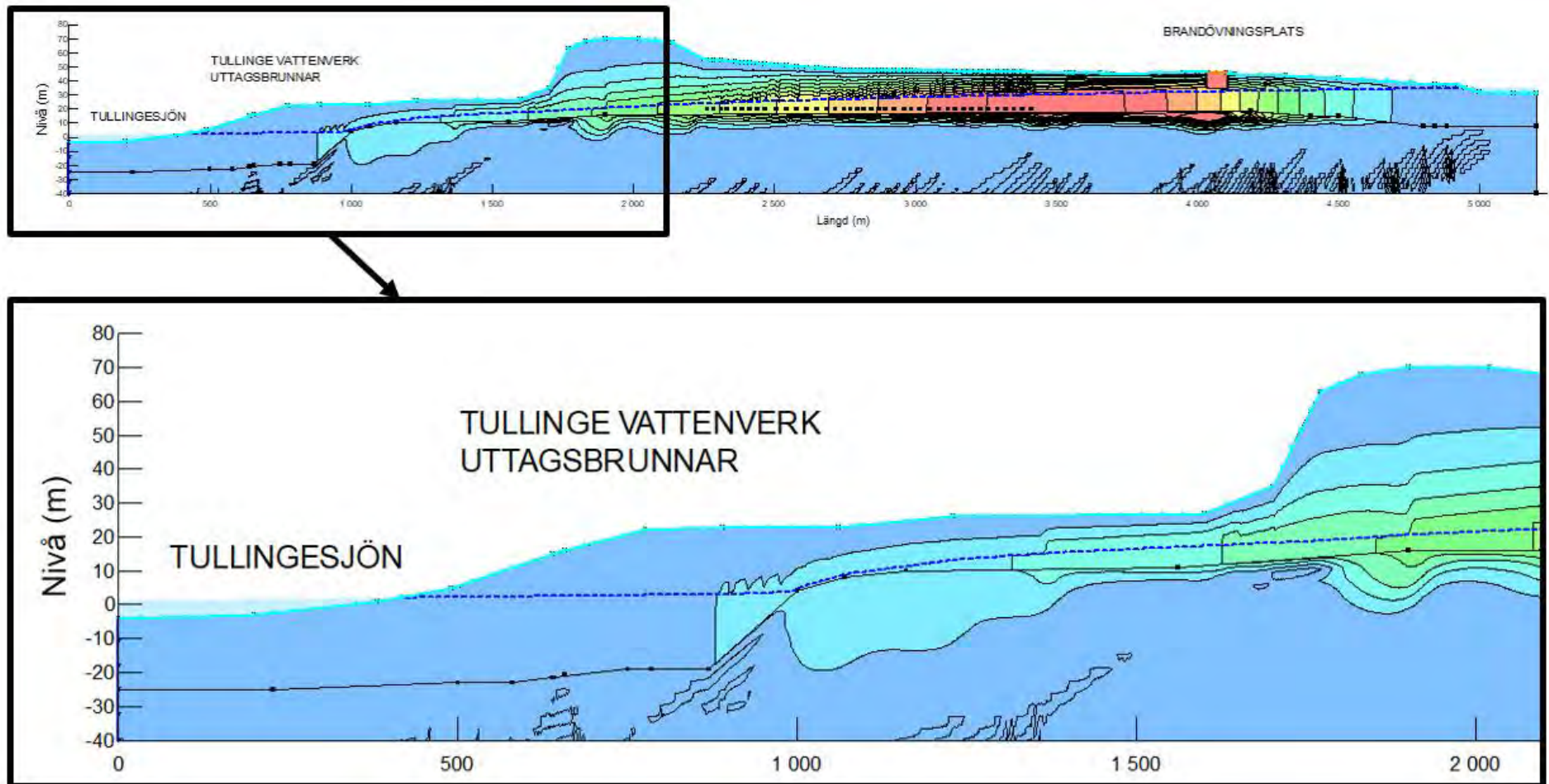
Figur 8: Koncentration av PFAS i Tullingeåsens grundvatten ca 20 år efter att utsläppen av PFAS startade (d.v.s. ca år 1980).



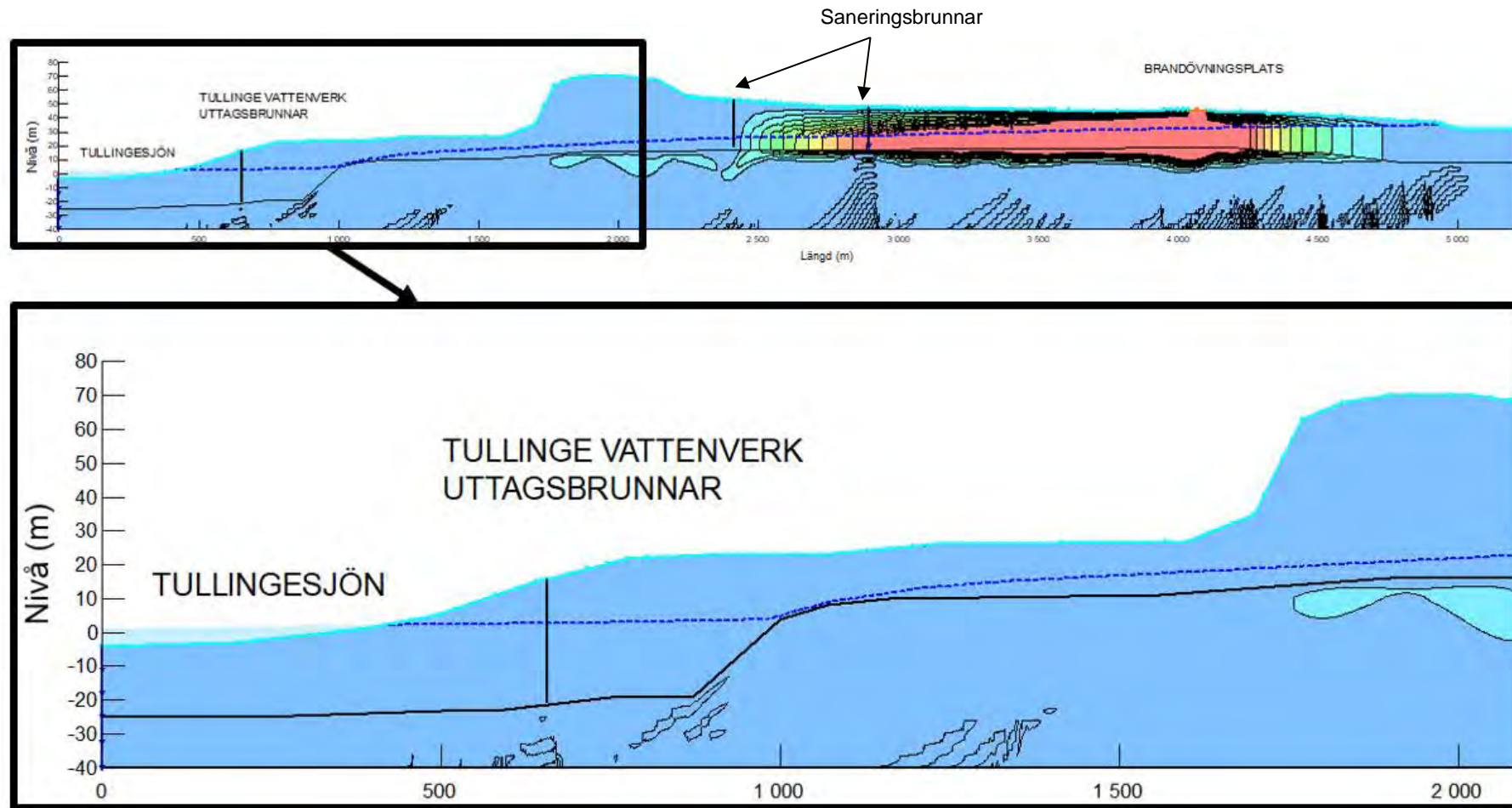
Figur 9: Koncentration av PFAS i Tullingeåsens grundvatten 50 år efter att utsläppen av PFAS startade (d.v.s. ca år 2010).



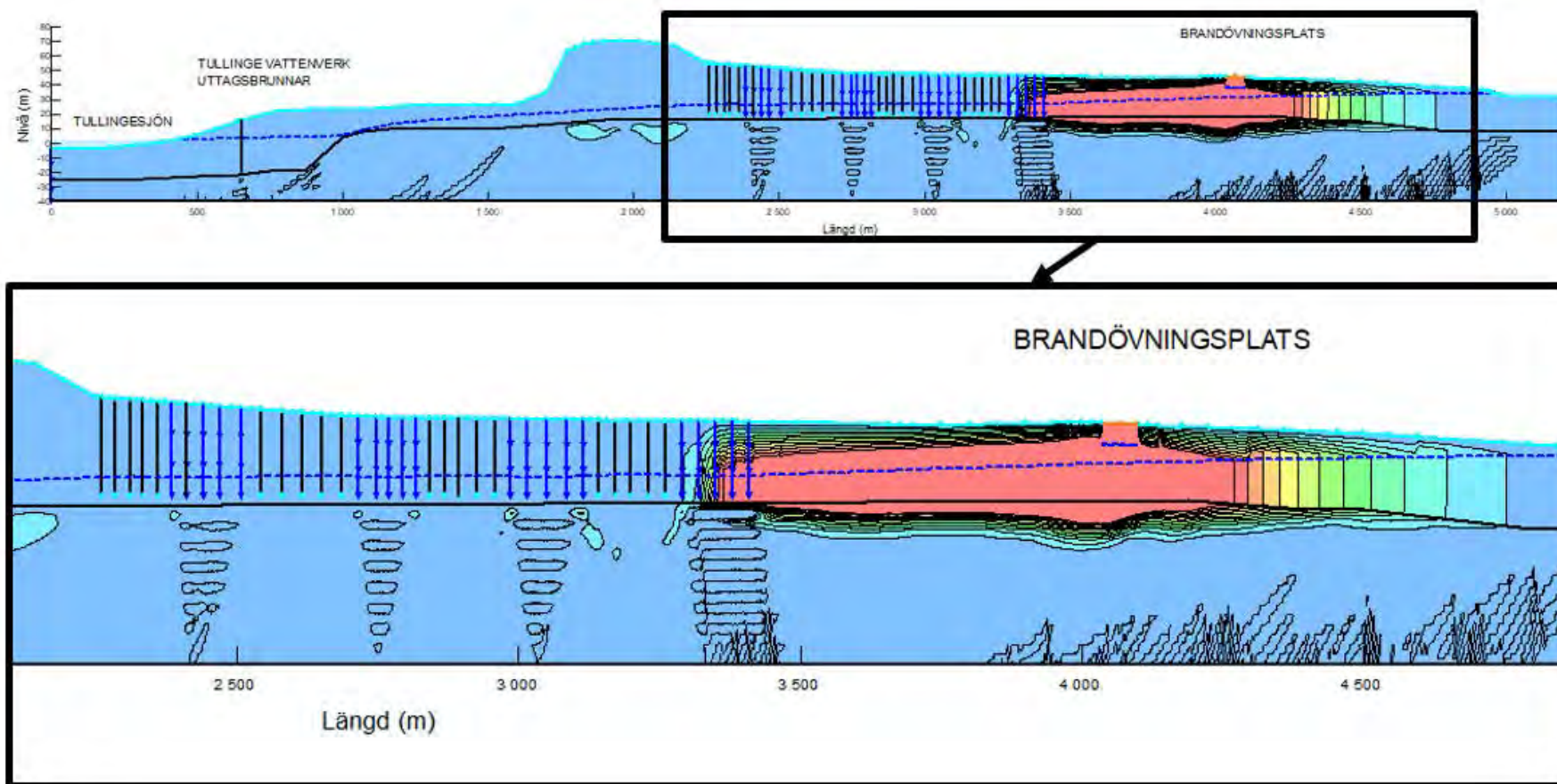
Figur 10: Koncentration av PFAS i Tullingeåsens grundvatten ca år 2040, förutsatt att inga saneringsåtgärder vidtas, ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.



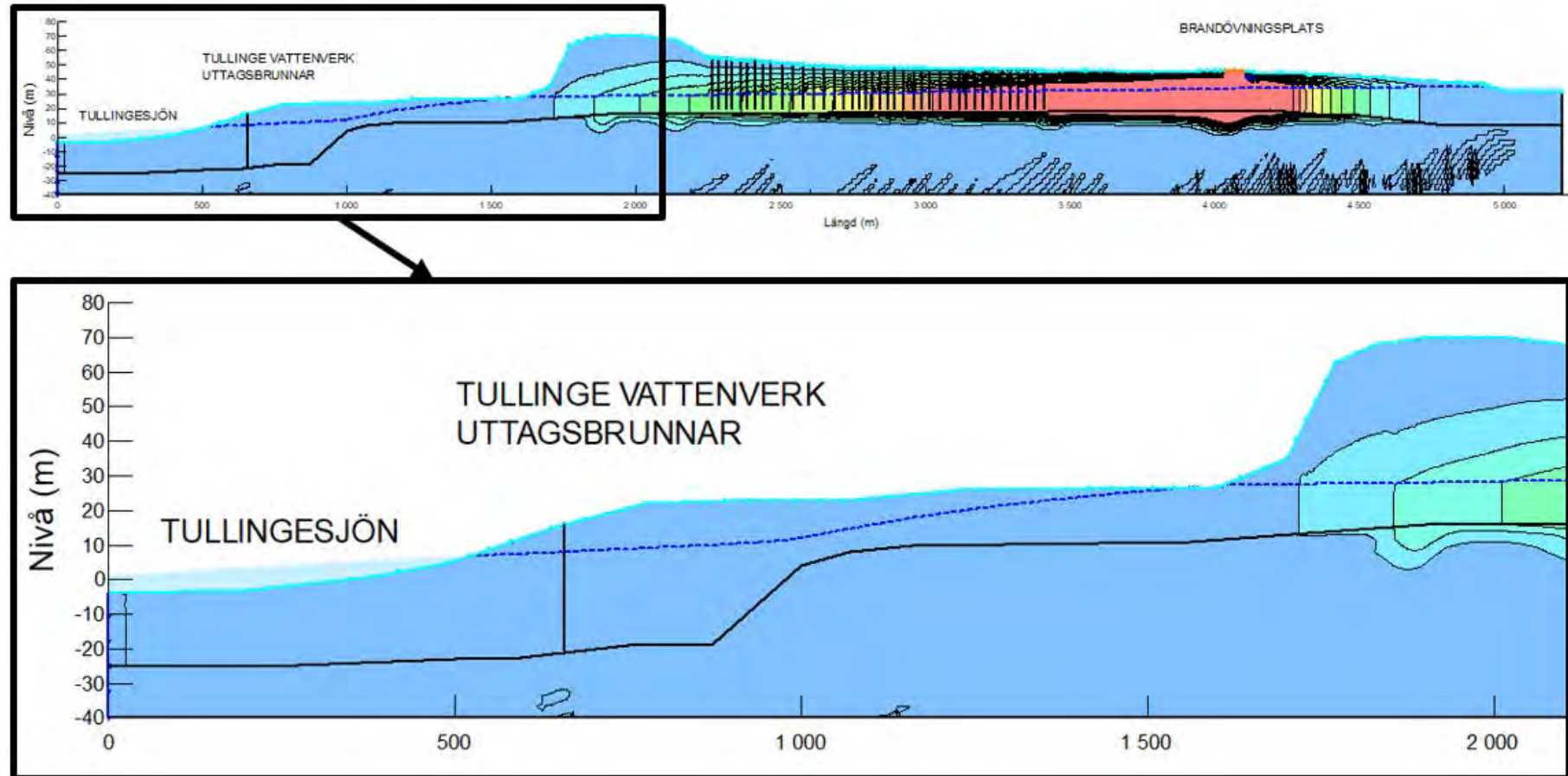
Figur 11: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att ett tätskikt varit anlagt på ytan i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.



Figur 12: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att en mindre intensiv aktiv saneringsåtgärd med en saneringsbrunn har pågått i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.



Figur 13: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att en aktiv saneringsåtgärd med tio saneringsbrunnar pågått i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.



Figur 14: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att konstinfiltration pågått i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.

RAPPORT
**TULLINGE VATTENVERK
UTREDNING AV PFAS RENINGSPROCESS**



UPPDRAG 292 010, Tullinge vattenverk åtgärdsutredning PFAS

Titel på rapport: TULLINGE VATTENVERK
UTREDNING AV PFAS RENINGSPROCESS

Status: Slutrapport

Datum: 2019-09-02

MEDVERKANDE

Beställare: Botkyrka kommun, Tekniska förvaltningen

Kontaktperson: Anette Rosdahl

Konsult: Tyréns AB

Uppdragsansvarig: Peter Olsson

Handläggare: Rafea Naif Majeed

Kvalitetsgranskare: Håkan Bergsten

REVIDERINGAR

Rafea Naif Majeed 2019-06-28

SAMMANFATTNING

I föreliggande rapport redogörs för vad PFAS är för ämne. Rapporten beskriver PFAS toxicitet samt dess inverkan på människan. Rapporten redogör även för de nu i dag möjliga reningsmetoder vilka kan avlägsna PFAS i vatten. Varje reningsmetod beskrivs var för sig och en jämförelse görs mellan de olika metoderna avseende till exempel kostnader, underhåll, livslängd, avfallshantering. Rapporten redogör även för vilka olika PFAS ämnen som de beskrivna reningsanläggningarna klarar av att rena.

Utifrån underlag avseende råvattenbeskaffenhet i Tullinge vattenverk och analyser på resultaten av råvattenprovtagningar beskrivs ett flertal lämpliga reningsmetoder för PFAS i rapporten. Halter är baserat på nuvarande riktvärden/åtgärdsgränser och eventuella kommande krav för halter av PFAS i vatten efter rening. Metodval tar även hänsyn till dimensionering av tänkta reningsanläggningar samt drift och underhåll av dessa.

Rapporten inkluderar även en grov kalkylkostnad för varje reningsteknik bestående av investeringskostnad och driftkostnad.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

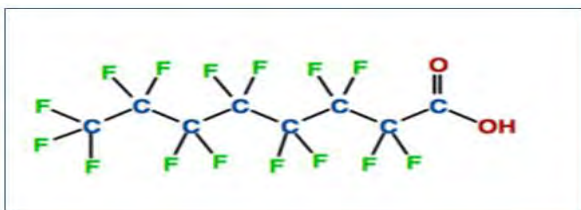
1	PFAS ÄMNEN I DRICKSVATTEN.....	6
1.1	VAD ÄR PFAS ÄMNEN?	6
1.2	EGENSKAPER HOS PFAS ÄMNEN	6
1.3	TOXICITET FÖR MÄNNISKOR	6
2	MÖJLIGA TEKNIKER FÖR RENING AV PFAS ÄMNEN I VATTEN.....	7
2.1	EFFEKTIVA TEKNIKER FÖR RENING AV PFAS ÄMNEN I VATTEN.....	7
2.1.1	ANJONBYTARMASSOR	7
2.1.2	MEMBRANFILTRERING	9
2.1.3	GRANULÄRT AKTIV KOL (GAK)	10
2.1.4	PAC PULVERISERAT AKTIVT KOL	11
2.2	FÖRDELAR OCH NACKDELAR FÖR DE TRE VANLIGASTE RENINGSTEKNIKerna FÖR PFAS I VATTEN.....	12
2.3	INEFFEKTIVA TEKNIKER FÖR RENING AV PFAS ÄMNEN I VATTEN.....	13
2.3.1	KONVENTIONELL BEHANDLING	13
2.3.2	LÅGTRYCKSMEMBRAN	13
2.3.3	OXIDATION MED HJÄLP AV OZON ELLER VÄTEPEROXID.....	13
2.3.4	OXIDATION MED HJÄLP AV KALIUMPERMANGANAT (KMNO ₄).....	13
2.3.5	OXIDATION MED HJÄLP AV TITANDIOXID (TiO ₂) OCH UV-LJUS.....	13
3	TULLINGE VATTENVERK.....	14
3.1	RÅVATTENTÄKTER.....	14
3.2	INKOMMANDE RÅVATTENS OCH UTGÅENDE DRICKSVATTENS BESKAFFENHET	14
3.2.1	OBSERVATIONER UTIFRÅN RESULTATET AV VATTENANALYS.....	15
4	RENINGSTEKNIKER SOM KONCEPT FÖR RENING AV PFAS ÄMNEN I VATTEN TILL OLIKA RIKTVÄRDEN.....	16
4.1	KONCEPT-1 RIKTVÄRDE ÄR 90 NG/L.....	16
4.1.1	RENINGSPROCESS	16
4.1.2	DIMENSIONERING AV RENINGSPROCESS.....	17
4.1.3	DRIFT AV PROCESSEN	18
4.1.4	SERVICE OCH UNDERHÅLL.....	18
4.1.5	PLACERING AV GAK-ANLÄGGNING.....	18
4.2	KOSTNADSKALKYL.....	18
4.2.1	INVESTERINGSKOSTNAD	18
4.2.2	DRIFTKOSTNAD	19
4.2.3	TEKNISK LIVSLÄNGD	19
4.3	KONCEPT-2 RIKTVÄRDE ÄR 45 NG/L.....	19

4.3.1	DIMENSIONERING AV RENINGSPROCESS.....	20
4.3.2	SERVICE OCH UNDERHÅLL.....	20
4.4	PLACERING AV GAK- ANLÄGGNING	20
4.5	KOSTNADSKALKYL.....	20
4.5.1	INVESTERINGSKOSTNAD	20
4.5.2	DRIFTKOSTNAD	21
4.5.3	TEKNISK LIVSLÄNGD	21
4.6	KONCEPT-3 RIKTVÄRDE ÄR 8 NG/L	21
4.6.1	DIMENSIONERING AV TEJNIKEN	22
4.6.2	DRIFT	23
4.6.3	SERVICE OCH UNDERHÅLL.....	23
4.7	PLACERING AV ANLÄGGNINGEN.....	23
4.8	KOSTNADSKALKYL.....	23
4.8.1	INVESTERINGSKOSTNAD	23
4.8.2	DRIFTKOSTNAD	24
4.8.3	TEKNISK LIVSLÄNGD	24
5	REFERENSER.....	25

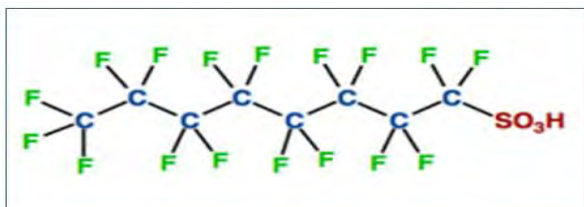
1 PFAS ÄMNEN I DRICKSVATTEN

1.1 VAD ÄR PFAS ÄMNEN?

PFAS (Poly- och Perfluorerade AlkylSubstanser) är ett samlingsnamn för en stor grupp ämnen. De förekommer inte naturligt, utan började framställas i mitten av 1900-talet. Det finns över 4000 olika ämnen i PFAS-gruppen. De mest kända substanserna som förkommer i ytvatten samt grundvatten är PFOA Figur 1 och PFOS Figur 2.



Figur 1. Perfluoroktansyra PFOA.



Figur 2. Perfluoroktan-sulfonsyra PFOS-salt.

1.2 EGENSKAPER HOS PFAS ÄMNEN

Det finns flera egenskaper som är gemensamma för PFAS ämnen och som påverkar hur dessa ämnen beter sig i sin omgivning:

- Starka kemiska bindningar
- Negativt laddad
- Låg instabilitet
- Hög molekyl vikt
- Måttlig löslighet

1.3 TOXICITET FÖR MÄNNISKOR

Varför behöver vi avlägsna PFAS ämnen från dricksvattnet? Flera olika studier visar att PFAS ämnen som människor exponeras för, huvudsakligen genom förtäring, kan förknippas med rad olika toxiska effekter och sjukdomar:

- PFAS binder till proteiner (inte lipider / fetter) och detekteras huvudsakligen i blod, lever och njurar.
- PFOS: cancerframkallande "suggestiv". PFOA: "Möjlig cancerframkallande" (Internationella byrån för forskning om Cancer 2014).
- Studie med 656 barn visade att förhöjd exponering för PFOS & PFOA är förknippade med minskad immunitet (Science Daily-2012).
- Stor epidemiologisk studie på 69 000 personer visade en trolig koppling mellan förhöjda PFOA-blodnivåer och följande sjukdomar: högt kolesterol, ulcerös kolit, sköldkörtelsjukdom, testikelcancer och njurcancer. (NRDC).

- Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet (2008) har upprättat riktvärden för exponeringen för PFOS på 150 ng/kg kroppsvikt per dag och för PFOA på 1500 ng/kg kroppsvikt per dag.

2 MÖJLIGA TEKNIKER FÖR RENING AV PFAS ÄMNEN I VATTEN

2.1 EFFEKTIVA TEKNIKER FÖR RENING AV PFAS ÄMNEN I VATTEN

Effektiva tekniker innefattar i huvudsak fysikaliska reningsprocesser som baserade på fysisk separation. Följande är exempel på sådana reningstekniker:

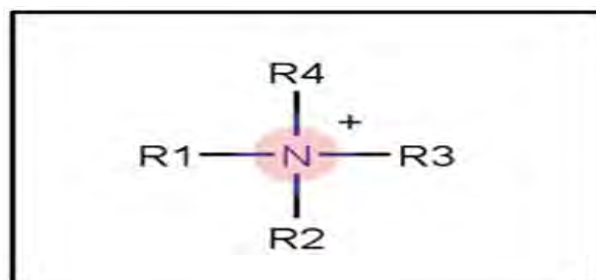
- Rening med anjonbytarmassor
- Membranfiltrering
- Granulärt aktiv kol (GAK)
- PAC pulveriserat aktivt kol

2.1.1 ANJONBYTARMASSOR

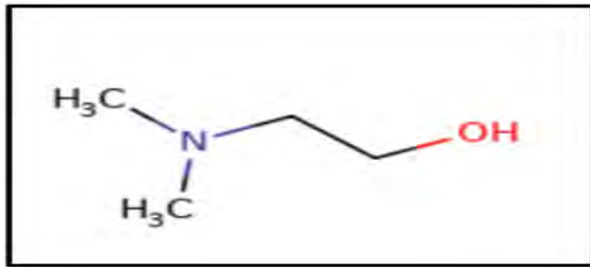
En jonbytarmassa är en massa eller en polymer som fungerar som ett medium för jonbyte. Det är en olöslig matris (eller stödstruktur) normalt i form av små mikrokulor eller pulver, vanligtvis vit eller gulaktig, tillverkad av ett organiskt fast eller polymert substrat. Det är poröst, vilket ger en stor yta på och inuti materialet. Anjonbytarmassa är olösliga substanser som i sin molekylstruktur har sura eller basiska radikaler som kan bytas ut. De positiva eller negativa jonerna på dessa radikaler ersätts av joner med samma tecken i lösningen som kommer i kontakt med dem. Utbyte av joner sker tillsammans med den medföljande frisättningen av andra joner, därmed kallas processen jonbyte.

Det finns flera typer av jonbytarmassor. Porstorleken hos syntetiska anjonbytarmassor kan bestämmas på ett enklare sätt och är mer homogen än i t.ex. granulärt aktivt kol. Massor som används för att adsorbera svaga organiska syror, såsom PFCA, PFSA och PFPA, består ofta av anjonbytarmassor med stark bas, och de funktionella grupperna "kvartär amin" (typ 1) se Figur 3, eller "dimetyletanolamin" (typ 2), se Figur 4. Nämnas bör även polymer Typ 3, som tillverkas av polystyrenulfonat, se Figur 5 och Figur 6.

Typ 1-massor uppvisar högre stabilitet än typ-2 samt även starkare affinitet för svaga syror, vilka ofta finns närvarande i vattnet. Typ 1 uppvisade dessutom högre kemisk och termisk stabilitet än typ 2-massor. Däremot var deras regenereringseffektivitet lägre än typ 2 massor, typ 2 massor är tillräckligt basiska för att avlägsna de flesta svaga syra joner.



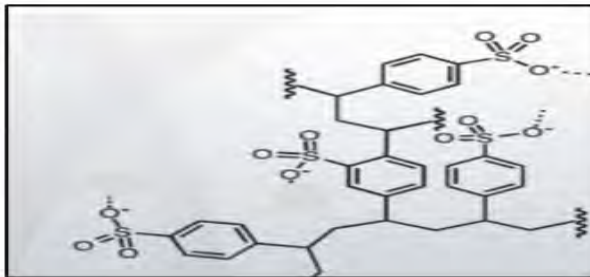
Figur 3. Kvartär amin.



Figur 4 . Dimetyletanoamin

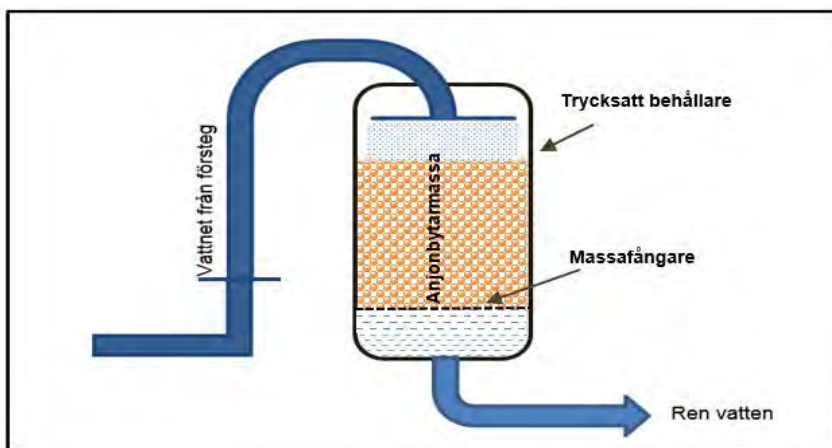


Figur 5 Anjonbyte kåda.



Figur 6 Polystyrenslfonat.

Massornas tendens att blanda sig med, upplösas i eller fuktas med vatten avgör adsorptionsförmåga hos massorna att attrahera PFAS ämnen från vattnet. pH-värdet i vattnet spelar stor roll vid adsorption av PFAS-ämnen, vid ändring av pH-värdet ändras joniska tillståndet [neutral eller anjonisk] och adsorbentens laddning. Vattenreningssprocessen med hjälp av anjonbyttarteknik visas schematiskt i Figur 7. Reningsgrad som kan uppnås 10-90% av PFOA och >90% av PFOS



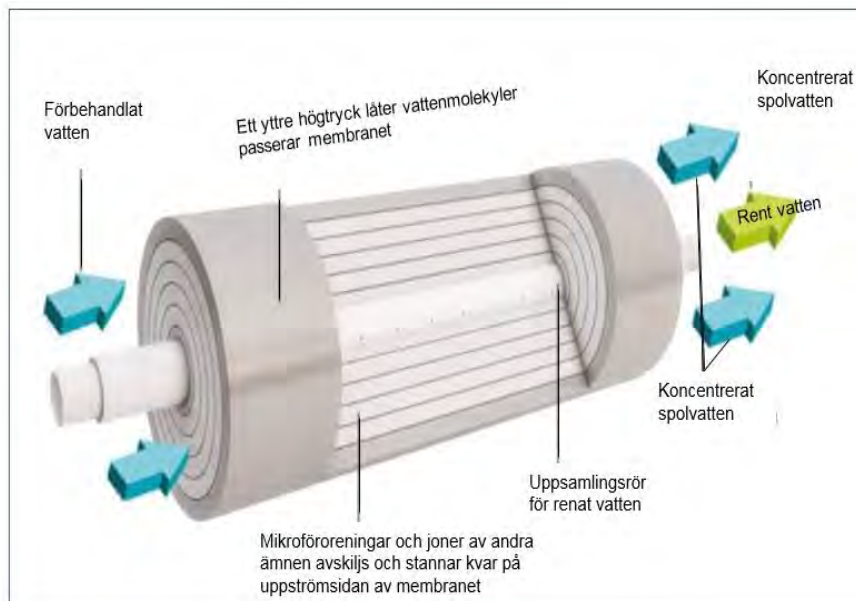
Figur 7. Vattenreningssprocess med anjonbytteteknik

2.1.2 MEMBRANFILTRERING

Membranfilter eller "membran" är mikroporösa plastfilmer. Genom ytfångst behåller membranerna partiklar eller mikroorganismer som är större än deras porstorlek. Vissa partiklar som är mindre än den angivna porstorleken kan behållas av andra mekanismer. Det finns många olika typer av membranfilter som t.ex. ultrafilter, nano filter, omvänd osmos (RO) filter, lågtryck membranfilter m.fl.

Olika membrantyper används beroende på storleken på de molekyler som ska rensas bort, t.ex. nano filter har porstorlekar på 0,5–2 nm för att hålla kvar molekyler med en storlek på ca 1 nm, medan RO-membran med porstorlekar under 0,5 nm används för mindre molekyler eller salter. Processerna i dessa högtrycksmembran sker i driftryck (5–80 bar), de kännetecknas vanligtvis av en molekylviktsgrens på 200–2 000 Dalton (det är ungefär vad en neutron eller proton väger och det motsvarar 1/12 av kolisotopen ¹²C) vid nano-filtrering och mindre än 200 Dalton för omvänd osmos membranfilter.

Omvänd osmos (RO) membranfilter används mest för att rena vatten från lokala föroreningar, men det finns nackdelar med den här reningsprocessen. Membranerna tar också bort många viktiga parametrar från det reade dricksvatten så som hårdhet, alkalitet samt att pH blir lågt vilket i sin tur kräver att det tillsätts vissa joner igen efter reningsprocessen för att vattnet skall vara lämpligt som dricksvatten. Ett typiskt omvänd osmosmembranfilter visas i Figur 8.



Figur 8 Omvänd Osmos membranfilter-R/O.

Val av membranfilter för rening av råvatten för dricksvattenproduktion bör utgå ifrån vilken typ av föroreningar som ska avlägsnas och deras koncentration i råvattnet, detta eftersom varje typ av membranfilter har sin egen reningsfunktion, reningsgrad, livslängd samt driftkostnad. I Figur 9 visas ett exempel på en membranfilteranläggning med omvänd osmos. Reningsgrad som kan uppnås > 90%.



Figur 9. Omvänd osmosmembran filteranläggning.

2.1.3 GRANULÄRT AKTIV KOL (GAK)

Aktivt kol är en produkt som tillverkas industriellt. Aktivt kol tillverkas av ett material som innehåller kol med stor inre adsorberande yta (hydrofob yta). Adsorption innebär vidhäftning eller klibbning av molekyler av gas, vätska eller upplösta fasta ämnen, på ytan av ett fast material, eller ibland i en vätska. Aktivt kol kan även absorbera molekyler. Absorption innebär passagen av ett ämne i eller genom huvuddelen av ett annat medium.

De vanliga råmaterialen för tillverkning av aktivt kol är trä, torv, kokosnötskal, brunkol, antracit och stenkol, men även olivkärnor och andra fruktkärnor kan användas.

Vid användning av aktivt kol är adsorptions- och kemisorption förmågan de två viktigaste egenskaperna för rening av vatten. Adsorption är en fysikalisk process som kan reverseras. Under adsorption tas gasformiga (adsorbenta) eller fria (adsorptiva) ämnen upp av det aktiva kolet. Vid behandling av vatten är adsorptionsförmågan utmärkt för rening av organisk bakgrundkontamination, t.ex. humusämnen och organiska föroreningar. Kemisorption är en katalytisk process som uppstår på ytan av det aktiva kolet.

Filtrering genom granulärt aktivt kol har visat sig vara en effektiv metod men bara om kolet är färskt eller nyligen regenererat. Korta genombrotstider har observerats, framför allt hos ämnen med korta kolkedjor (mindre än åtta kolatomer), vilket innebär att filter med granulärt aktivt kol måste regenereras ofta för att reningsmetoden ska fungera optimalt. I Figur 11 ser man absorption samt adsorptions förmåga hos aktiverade kolgranuler. Reningsgrad som kan uppnås av PFOA & PFOS > 90 %



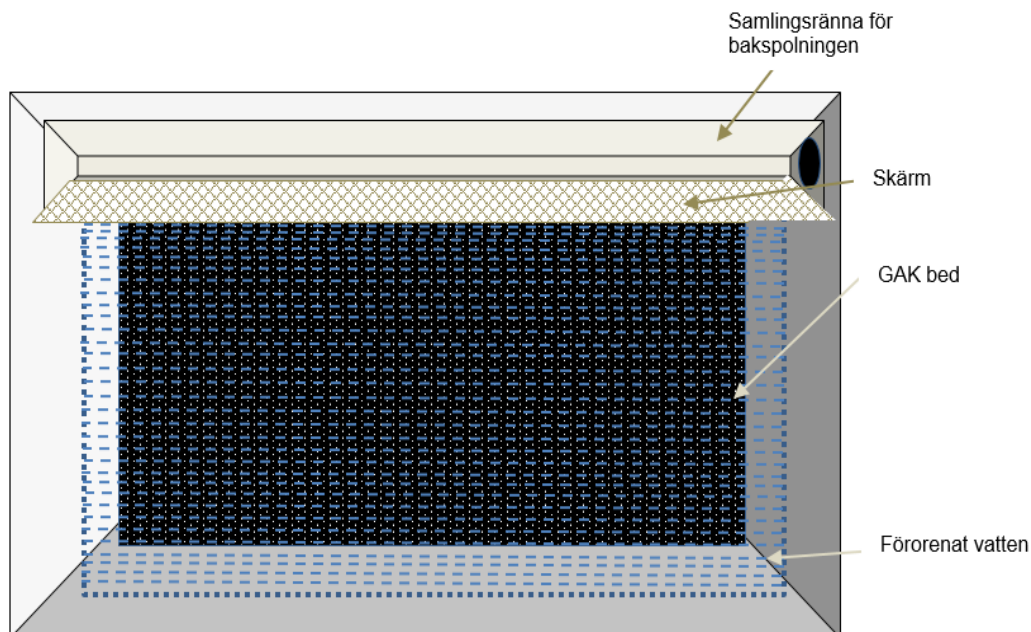
Figur 10. Aktiverade Kolgranuler



Figur 11. föroreningar och ångor har adsorberat och absorberat till GAK

2.1.4 PAC PULVERISERAT AKTIVT KOL

PAC är en typ av aktivt kol som säljs i pulveriserad form och har en medelvärdes kornstorlek på 20–50 μm . PAC tillverkas oftast av sågspån. PAC används huvudsakligen inom vattenrening för att ta bort organiskt material som ger vattnet dålig smak och lukt, men är även effektivt för att ta bort pesticider och herbicider vid låga koncentrationer. Det kan tillsättas direkt till vattnet och brukar användas vid säsonger med höga halter av organiskt material. Dock är PAC svårt att återaktivera. Pulveriserat aktivt kol har en PFAS reningsgrad som ligger mellan 10–97 %, men det kräver mer kolmassa än GAK. Varje liter vatten som ska renas från PFAS ämnen kräver mer än 50 mg pulveriserat kol för att nå 90% reningsgrad eller 16 mg för varje liter vatten vid 50% reningsgrad. En principskiss av en reningsprocess med pulveriserat aktivt kol visas i Figur 12.



Figur 12. Principskiss av en aktiv kolbassäng med aktivt kol.

2.2 FÖRDELAR OCH NACKDELAR FÖR DE TRE VANLIGASTE RENINGSTEKNIKERNA FÖR PFAS I VATTEN

Tabell 1. Jämförelse mellan de tre vanligaste reningsteknikerna för PFAS i vatten

Anjonbyte	Omvänd Osmos R/O	Granulat Aktivt Kol (GAK)
Mängden rent vatten efter filtret är lika med inkommande vatten till filtret.	Mängden ren vattenprocent efter filtreringsprocess [Recovery] kan vara låg.	Mängden rent vatten efter filtret är lika med inkommande vatten till filtret.
Ett användningssystem producerar ingen förorenande saltlösning men kräver korrekt avfallshantering	Avfall/restprodukter måste hanteras.	Små GAK-granuler som följer med spolningsvatten bör samlas in och deponeras.
Konkurrens med gemensamma joner för bindningsställen på massan kan påverka effektiviteten.	Avskiljning av flera föroreningar.	Konkurrens för adsorption med andra föroreningar kan minska effektiviteten.
Mineraltillsats är inte nödvändigt, och det innebär att mineralkoncentrationen är nästan lika före som efter filtret.	Mineraltillsats kan vara nödvändigt och det innebär flera eftersteg för att höja justera parametrar som t.ex. alkanitet, hårdhet samt pH	Mineraltillsats är inte nödvändigt, och det innebär att mineralkoncentrationen är nästan lika före som efter filtret.
Fungerar bäst för ämnen med långa kedjor av PFC- ämnen [Perfluor-kol organiska ämnen].	Fungerar bra med långa samt korta kedjor av PFC- ämnen [Perfluor-kol organiska ämnen].	Granulerad - GAK är den vanligaste behandlingsmetoden för långa kedjor PFC-ämnen [Perfluor-kol organiska ämnen].
Organiska ämnen, totalt upplösta fasta ämnen, mineralkanaler täpper igen massan och minskar effektiviteten.	Organiska ämnen, totalt upplösta fasta ämnen, mineralkanaler täpper igen membranen och minskar effektiviteten.	Organiska upplösta ämnen täpper igen porer i GAK massan och minskar effektiviteten.
Reningsgrad av PFOA 10-90% och PFOS >90%	Reningsgrad av PFOA & PFOS > 90 %	Reningsgrad av PFOA & PFOS > 90 %
Lägre driftkostnad	Hög driftkostnad [Energikrävande]	Lägre driftkostnad
Regenerering av massan med natriumkloridlösning	Högt vattenflöde vid rengöring av RO-filtret genom (bakspolning)	Termisk regenerering av GAC är nödvändigt.
Kortare EBCT [kontakttid] och det innebär att tekniken kräver mindre filtervolym	Ingen kontakttid utan vattnet passerar membran med hjälp av högt tryck.	Längre EBCT [kontakttid] och stor filtervolym.
Acceptabel investeringskostnad	Hög investeringskostnad	Låg investeringskostnad

2.3 INEFFEKTIVA TEKNIKER FÖR RENING AV PFAS ÄMNER I VATTEN

Det finns även ett stort antal reningstekniker som inte är effektiva vad gäller rening av PFAS ämnen i vatten. Dessa omfattar fysikaliska och kemiska reningsprocesser:

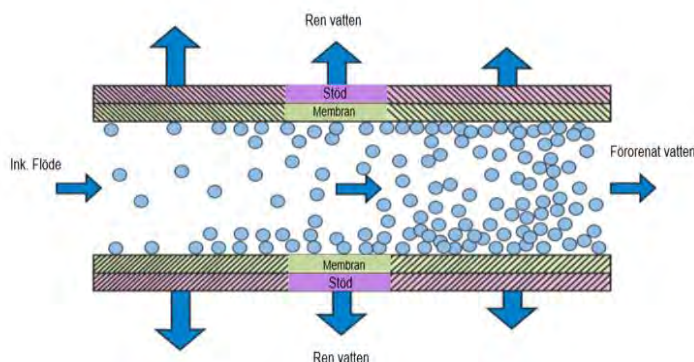
- Konventionell behandling
- Lågtrycksmembran
- Oxidation med hjälp av Ozon eller väteperoxid
- Oxidation med hjälp av Kaliumpermanganat (KMnO₄)
- Oxidation med hjälp av titandioxid (TiO₂) och UV-ljus

2.3.1 KONVENTIONELL BEHANDLING

Konventionell behandling omfattar processer såsom koagulering, flockning, sedimentering och filtrering (snabb och långsamfilter). Reningsgraden avseende PFAS vid konventionell behandling är väldigt låg. Dessa metoder räcker generellt inte för att avskilja PFAS ämnen i vatten till önskvärda nivåer.

2.3.2 LÅGTRYCKSMEMBRAN

Den typ av membran består av ett antal plaströr med väldigt små diameter som kan avskilja partiklar, humusämnen och mineraler samt lösta ämnen från vatten. Denna typ av membran är inte aktivt och kan därför inte avlägsna PFAS ämnen från vatten i någon större utsträckning. Avskiljningsgrad för PFAS ämnen för denna typ av membran ligger på mellan 0 till 23 %. Principen illustreras i Figur 13



Figur 13. Princip för reningsprocess i lågtrycksmembranfilter.

2.3.3 OXIDATION MED HJÄLP AV OZON ELLER VÄTEPEROXID

Nedbrytning av PFAS genom oxidation av PFC ämnen med hjälp av väteperoxid eller Ozon har väldigt låg reningsgrad (0–7%), avancerad oxidation (Ozon –väteperoxid) har även det en relativt låg reningsgrad av PFAS ämnen (ca 9%).

2.3.4 OXIDATION MED HJÄLP AV KALIUMPERMANGANAT (KMNO₄)

Oxidation av PFAS ämne med hjälp av Kaliumpermanganat kan ge en något bättre rening av PFAS ämnen i vatten än andra oxidationsmedel. Reningsgraden ligger på 1–53%.

2.3.5 OXIDATION MED HJÄLP AV TITANDIOXID (TiO₂) OCH UV-LJUS

Denna metod ger en reningsgrad av PFAS i vatten på ca 15%.

3 TULLINGE VATTENVERK

3.1 RÅVATTENTÄKTER

Råvattnet i Tullinge vattenverk är grundvatten som pumpas från fyra brunnar, B01, B02, B03 och B04. B03 respektive B04 ligger inom vattenverksområdet, medan B01 och B02 ligger utanför vattenverk.

3.2 INKOMMANDE RÅVATTENS OCH UTGÅENDE DRICKSVATTENS BESKAFFENHET

I Tabell 2 redovisas en sammanställning av halter av olika ämnen i inkommande råvatten (för år 2017 och 2019) samt utgående dricksvatten (för år 2016 och 2019) vid Tullinge vattenverk.

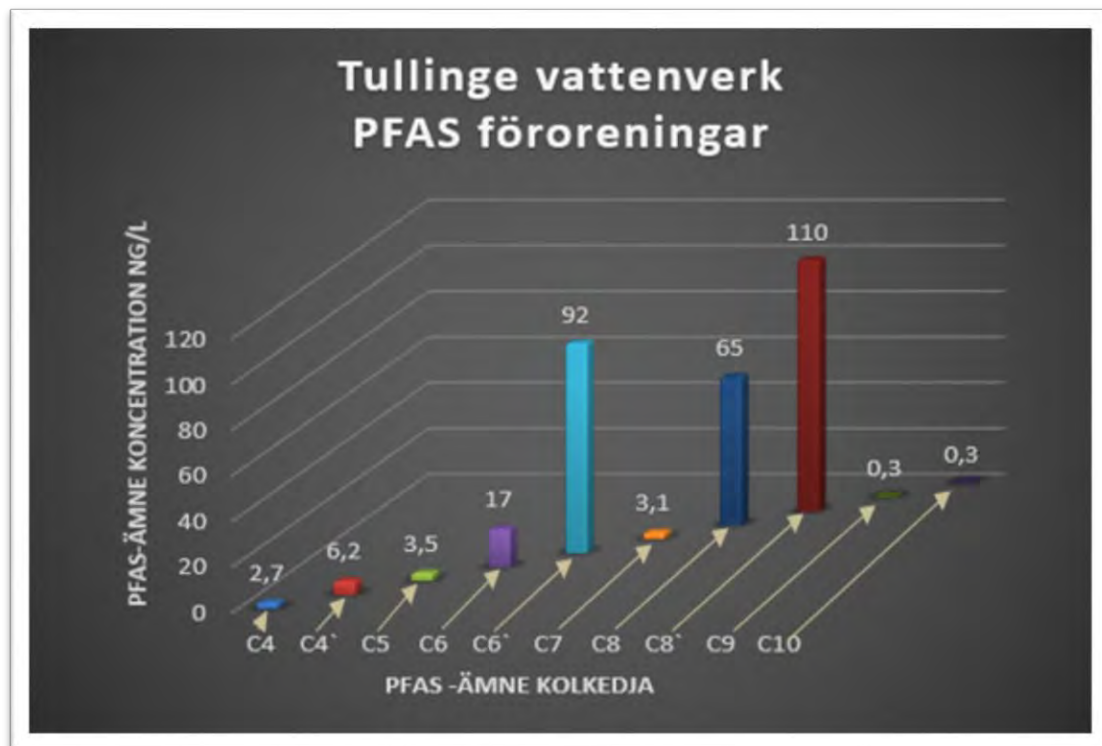
Tabell 2. Sammanställning av halter av olika ämnen i inkommande råvatten och utgående dricksvatten vid Tullinge vattenverk enligt provtagningsanalyser.

Parameter	Brunn 01		Brunn 02		Brunn 03		Brunn 04		Utgående Dricksvatten	
	2019	2017	2019	2017	2019	2017	2019	2017	2019	2016
PFOS [ng/l]	100	95	97	96	120	130	81	100	92	260
PFOA [ng/l]	57	64	76	65	72	79	80	79	56	76
PFH _{2A} [ng/l]	3,0	3,0	2,9	3,3	3,2	4,0	2,7	4,3	3,0	4,6
PFH _{2A} [ng/l]	17	16	16	18	17	22	16	21	15	20
PFH _{2S} [ng/l]	95	100	88	100	90	98	98	110	98	140
PFNA [ng/l]	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Summa PFAS [ng/l]	280	290	290	300	320	350	290	330	280	510
	2019		2019	2017	2019	2017	2019		2019	2017
pH	7,3		7,1		7,4		7,3		8,2	6,9
TOC [mg/l]	<2,0		<2,0		<2,0		<2,0		<2,0	<2,0
DOC [mg/l]	<2,0		<2,0		<2,0		<2,0		<2,0	
COD-Mn [mg O ₂ /l]	0,50		0,52		0,53		0,55		0,50	0,59
Turbiditet FNU	0,11		0,10		4,3		0,8		0,12	1,9
Alkanitet [mg HCO ₃ /l]	110		110		110		99		110	91
Konduktivitet [mS/m]	42		42		42		38		41	40
Sulfat SO ₄ [mg/l]	58		60		60		53		59	54
Färg [mg Pt/l]	<5,0		<5,0		29		7,0		<5,0	<5,0
Klorid [mg/l]	29		29		34		29		29	33
Järn Fe [mg/l]	0,013		0,0076		0,67		0,11		0,035	0,12
Mangan Mn [mg/l]	0,00053		0,00078		0,0076		0,0021		0,0012	0,012
Total hårdhet [dH°]	9,2		9,3		9,0		7,2		8,3	8

3.2.1 OBSERVATIONER UTIFRÅN RESULTATET AV VATTENANALYS

Utifrån analys svaren på vattenprover i inkommande råvatten och utgående dricksvatten enligt Tabell 2 kan följande observationer göras:

- Kemiska och fysiska (utom PFAS- ämnen) parametrar på rå- samt dricksvatten ligger under gränsvärde i livsmedelsföreskrifterna (SLVFS 2001:30).
- Summa PFAS- ämnen är högt på både råvatten och dricksvatten.
- Alla uttagsbrunnar vid Tullinge vattenverk är förorenade med PFAS- ämnen (Grundvattenbrunnar: B01, B02, B03 och B04).
- Befintlig reningsprocess vid Tullinge vattenverk avlägsnar eller reducerar inte PFAS- ämnen i inkommande råvatten utan minskar endast halterna av järn och mangan samt höjer pH på utgående dricksvatten.
- Råvattnet från alla brunnar har neutralt pH (7,0–7,4).
- De PFAS-ämnen som har högsta koncentration i råvattnet är PFOS, PFOA, och PFHXS.
- Alla tre ämnen [Perfluor-kol organiska ämnen] har långa kolkedjor (C6 och C8). Det medför behov av en reningsteknik som kan avlägsna PFAS - ämnen med långa kolkedjor.
- PFOS (Perfluoroktansulfonat) har högre koncentration än PFOA (Perfluoroktansyra) i grundvattnet.
- PFHxs (Perfluorhexansulfonat) har högre koncentration än PFHxA (Perfluorhexansyra) i grundvattnet.
- Detta innebär att PFAS ämnen med lång kolkedja (C6, C8) i grundvatten som innehåller sulfonatgrupp (HO_2S) har högre koncentration än de som har syragrupp (oktansyra och sulfonsyra). Se Figur 14



Figur 14. Koncentration av PFAS ämnen vid Tullinge Vattenverk utifrån längd på kolkedja.

Uppmätta koncentrationer av PFAS-ämnen vid Tullinge vattenverk har inte varierat mycket över tid vilket kan ses i Tabell 1.

Tabell 3. Historiska uppmätta koncentrationer av PFAS ämnen vid Tullinge vattenverk.

Datum ÅÅÅÅ	PFOA ng/l	PFOS ng/l	PFHxA ng/l	PFHxS ng/l
2011	62	129	17	112
2015	50,5	62,7	11,3	78
2016	76	260 ??	20	140
2017	64	95	16	160
2019	56	92	15	98

?? väldigt hög (fel)

4 RENINGSTEKNIKER SOM KONCEPT FÖR RENING AV PFAS ÄMNER I VATTEN TILL OLIKA RIKTVÄRDEN

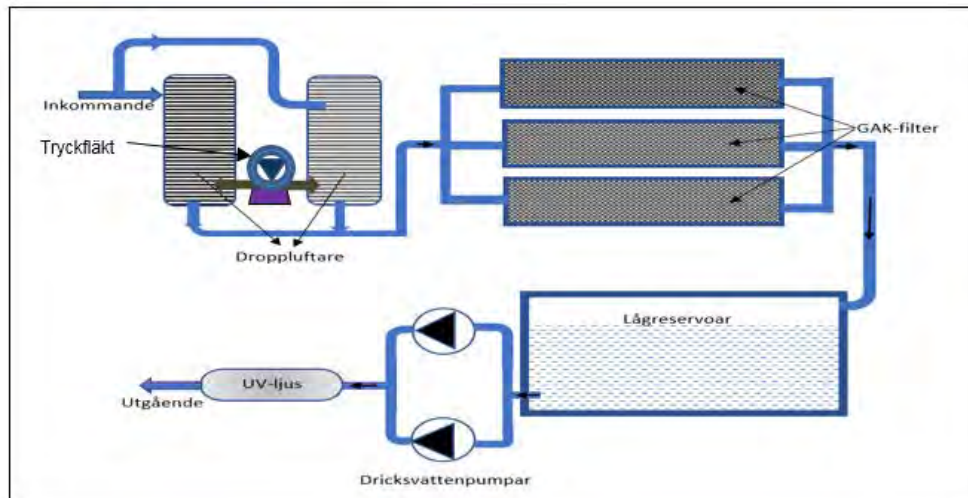
I detta avsnitt lämnas förslag till flera olika koncept för rening av PFAS ämnen i vattnet vid Tullinge vattenverk till olika nivåer/riktvärden. Livsmedelsverkets nuvarande åtgärdsgräns 90 ng/l, men en halvering av åtgärdsgränsen diskuteras, 45 ng/l. Inom EU diskuteras betydligt lägre riktvärden ner mot något eller några ng/l. Bakgrundshalten i Mälaren ligger på 8 ng/l varför denna kan anses vara ett åtgärds mål.

4.1 KONCEPT-1 RIKTVÄRDE ÄR 90 NG/L

I dagsläget ligger riktvärdet för PFAS ämnen i dricksvatten på 90 ng/l. Den teknik som bedöms som mest lämplig för att klara ett riktvärde på 90 ng/l i dricksvattnet baserar på fysikalisk separation. En metod av fysikalisk separation är adsorption med hjälp av aktivt kol. I Tullinge vattenverk har inkommande råvatten låg turbiditet och färg. Vid en så god vattenkvalitet behövs ej någon förfiltrering för att avskilja partiklar och humusämnen. Råvattnet kan pumpas direkt till GAK filter (bassäng) efter luftningssteg.

4.1.1 RENINGSPROCESS

Reningsprocessen i Tullinge vattenverk behöver bestå av luftningssteg och GAK-filter (GAK-bassänger), då man kan utnyttja befintligt luftningssteg för råvattnet för att minska järn och manganhalter och höja pH-värdet. Råvattnet pumpas med hjälp av pumparna som ligger in i grundvattenbrunnar till befintlig droppluftare. Alla grundvattenpumpar behöver styras via en frekvensomriktare för att kunna reglera inkommande flöde till verket efter vattennivå in i brunnarna och i lågreservoren. Efter det rinner vattnet med självfall via en fördelningskanal till GAK-filtersteg så att alla GAK bassänger får jämnflöde. Vattnet rinner vidare efter GAK-filtrering till lågreservoren. Från lågreservoren pumpas vattnet vidare med hjälp av befintliga renvattenpumpar via befintlig UV-ljuset till distributionsnätet. Se Figur 15.



Figur 15. Koncept vattenreningsprocess för avskiljning av PFAS ämnen (90 ng/l).

4.1.2 DIMENSIONERING AV RENINGSPROCESS

Volymen av GAK-filter bestäms av kontakttiden (EBCT) i minuter mellan kolbädd och vattenflöde samt Linjär flödes hastighet m/h.

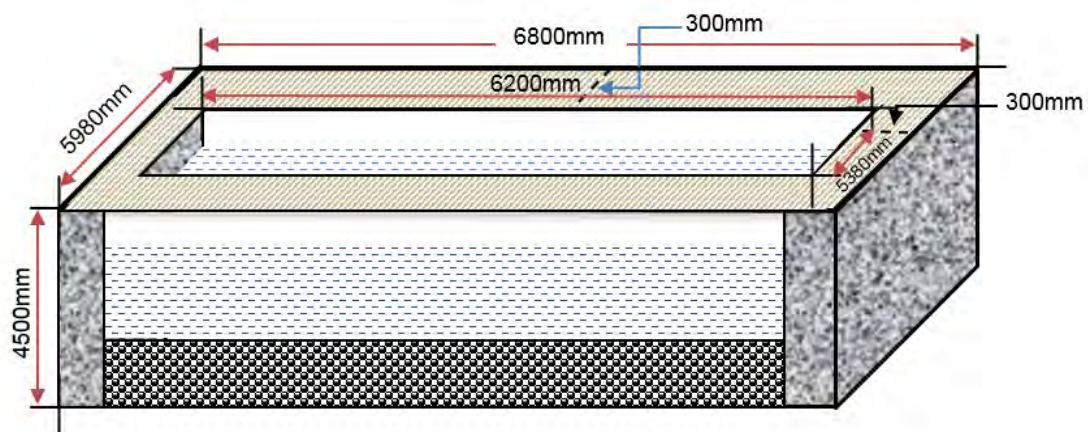
Vattenflöde i Tullinge vattenverk ligger på 400–450 m³/h. Den totala kolfiltervolymen som behövs för att uppnå tillräcklig kontakttid mellan vattnet och kolet är 75 m³ och en uppehållstiden 10 minuter och den linjära hastigheten uppgår då till 10 m/h.

Processen behöver bestå av fyra bassänger som har samma mått, tre av fyra bassänger kan klara det totala flödet utfall en av bassängerna behöver service, total GAK-volym som behövs för fyra bassänger är 100 m³.

Varje bassäng har en volym på ≈150 m³ och ett mått på [6,2 x 5,38 x 4,5] m. Totalyta som behövs till alla fyra bassänger är 150 m².

Totalyta för bassängerna med rörsystem och fördelningsrännor är 300 m².

En principskiss på utformning av GAK-filter visas i Figur 16



Figur 16. Principskiss utformning av GAK-filter vid Tullinge vattenverk för rening av PFAS ämnen.

4.1.3 DRIFT AV PROCESSEN

Inkommande flöde leds till fyra bassänger, varje bassäng har en volym på 150 m³. Inkommande råvatten fördelas jämt över filtren via en inloppsränna. Vattnet passerar under ett jämnt flöde genom den aktiva kolbädden. Filtrerat vatten samlas upp i en utloppskammare under kolfiltret. Därefter leds vattnet till efterföljande behandlingssteg. När ett förinställt drifttryck uppnåtts sker en automatisk backspolning.

4.1.4 SERVICE OCH UNDERHÅLL

GAK-bädden regenereras efter en parameter kallas för genomavbrottstid, då DOC koncentration (mg/l) före GAK-filter är lika med, lite mindre eller högre än DOC koncentration efter GAK-filter. Generellt behöver GAK-filter regenereras 1–3 gång per år beroende på koncentrationen av organiska föroreningar i inkommande råvatten. Backspolning av bassängerna kan ske 1–2 gånger per dygn automatisk. Service och underhåll kan ske på en av bassängerna genom att flöde leds om till de tre andra bassängerna.

4.1.5 PLACERING AV GAK-ANLÄGGNING

Det finns utrymme för placering av denna typ av anläggning inom området, en möjlig placering visas som markerat område i Figur 17.



Figur 17. Möjlig placering av nya processen i Tullinge vattenverk.

4.2 KOSTNADSKALKYL

En grov kostnads kalkyl för GAK-filtrering enligt koncept 1 har upprättats. Kostnads kalkylen omfattar investeringskostnad och driftkostnad.

4.2.1 INVESTERINGSKOSTNAD

Uppskattad investeringskostnad redovisas i Tabell 4.

Tabell 4. Uppskattad investeringskostnad för en GAK-filteranläggning enligt koncept 1 vid Tullinge vattenverk

Objekt	För anläggningen som består av fyra bassänger SEK	Felmarginal
Tekniskhuskostnad.		
Arkitekts arbete	525 000	± 10 %
Konstruktionsarbete	546 000	± 15 %
Material	6 279 000	± 10 %
Byggherrekostnader	3 150 000	± 10 %
Totalkostnad/Tekniskhus	10 500 000	± 12 %
Processkostnad		
GAK-Bassänger [Konstruktionsarbete + Material]	6 000 000	± 20 %
GAK-massa (ny massa)	2 400 000	± 15 %
Rörsystem	3 000 000	± 25 %
El och styrning	1 600 000	± 25 %
Luftaggregat	1 200 000	± 10 %
Pumpar	80 000	± 10 %
Totalt Processkostnad	14 280 000	± 17 %
Totalanläggningkostnad	24 780 000	± 15 %

4.2.2 DRIFTKOSTNAD

Uppskattad driftkostnad redovisas i Tabell 5.

Tabell 5. Uppskattad driftkostnad för en GAK-filteranläggning enligt koncept 1 vid Tullinge vattenverk.

Objekt	För M ³ dricksvatten/h SEK	Felmarginal
GAK-massa (ny)	0,6	± 15%
Elförbrukning	0,08	± 15%
Värmeförbrukning	0,32	± 15%
Regenerering av massan	0,15	
Totalt kostnad	1,15	± 15%

4.2.3 TEKNISK LIVSLÄNGD

Bassängernas livslängd är mer än 100 år, men GAK-massa bör regenereras 1–2 gånger per år och den bör bytas ut helt efter 4–5 år beroende på koncentrationen av föroreningar i inkommande vatten. Tiden som krävs för att tömma bassängerna och byta eller regenerera kolmassan ligger på två till tre veckor. Rörsystem och pumpar har en livslängd på upp till 50 år.

4.3 KONCEPT-2 RIKTVÄRDE ÄR 45 NG/L

Reningstekniken och reningsprocessen bör vara densamma som i koncept 1. För att nå ett riktvärde på PFAS ämnen som ligger på 45 ng/l på utgående vattnet från Tullinge vattenverk bör kontakttiden [EBCT] mellan kolbädd i GAK-filter och råvattnet vara längre och det innebär att GAK-filtervolym behöver vara större eller antal GAK-bassänger fler till antalet.

4.3.1 DIMENSIONERING AV RENINGSPROCESS

Kontakttiden (EBCT) behöver vara 21 minuter vilket innebär att GAK- bäddvolym behöver vara $157,5 \text{ m}^3 \approx 158 \text{ m}^3$. Linjärfördeshastighet skall ligga på 10 m/s. Processen behöver bestå av sex bassänger, fyra av de sex bassängerna kan klara hela det inkommande flödet, detta möjliggör att en eller två av de sex bassänger kan vara tagna ur drift för underhåll och servicearbete.

Varje bassäng behöver ha en volym på $112,5 \text{ m}^3$ och ett mått ligger på [7000x4004x4000] mm. Total area som behövs är 350 m^2 .

4.3.2 SERVICE OCH UNDERHÅLL

Konceptet kräver samma upplägg gällande service och underhåll som koncept 1. Effektiviteten hos de två koncepten beroende på flera faktorer: flöde, föroreningskoncentration, pH, vattentemperatur, kontaktid (EBCT), egenskaperna hos utvalt kol, koncentration av oorganiska ämnen i vattnet, omgivande naturligt organiskt material och närvaron eller frånvaron av klor. Är till exempel mängden naturlig organiskt material som är närvarande hög, kommer förmågan hos kolet för att avlägsna PFAS-ämnen att minska.

4.4 PLACERING AV GAK- ANLÄGGNING

Möjlig placering av anläggningen i koncept 2 är densamma som för koncept 1.

4.5 KOSTNADSKALKYL

4.5.1 INVESTERINGSKOSTNAD

Uppskattad investeringskostnad för en GAK-filteranläggning vid Tullinge vattenverk enligt koncept 2 redovisas i Tabell 6.

Tabell 6. Uppskattad investeringskostnad för en GAK-filteranläggning enligt koncept 2 vid Tullinge vattenverk.

Objekt	För anläggningen som består av sex bassänger SEK	Felmarginal
Teknikhuskostnad.		
Arkitekts arbete	625 000	± 10 %
Konstruktionsarbete	525 000	± 15 %
Material	7 550 000	± 10 %
Byggherrekostnader	3 800 000	± 10 %
Totalkostnad/Teknikhus	12 500 000	± 12 %
Processkostnad		
GAK-massa (ny massa)	4 740 000	± 10 %
Rörsystem	3 200 000	± 25 %
El och styrning	1 800 000	± 25 %
Luftaggregat	1 200 000	± 10 %
Pumpar	80 000	± 10 %
Totalt Processkostnad	17 770 000	±16 %
Totalanläggningskostnad	30 270 000	±14 %

4.5.2 DRIFTKOSTNAD

Uppskattad investeringskostnad för en GAK-filteranläggning vid Tullinge vattenverk enligt koncept 2 redovisas i Tabell 7

Tabell 7. Uppskattad driftkostnad för en GAK-filteranläggning enligt koncept 2 vid Tullinge vattenverk.

Objekt	Kostnad För M ³ dricksvatten/h SEK	Felmarginal
GAK-massa	1,8	± 15%
Elförbrukning	0,2	± 15%
Värmeförbrukning	0,4	± 15%
Regenerering av massan	0,3	
Totalt kostnad	2,7	± 15%

Kostnaderna kan variera beroende på föroreningskoncentration i råvattnet samt närvaron och koncentration av andra föroreningar som konkurrerar om kolbäddens yta. Utöver kapitalkostnader finns det andra kostnader som t ex. arbetskraft, ersättning, drift, underhåll, utrustning och transport samt deponi av uttömt kol. Behandling av använt kol kan vara nödvändigt före deponi.

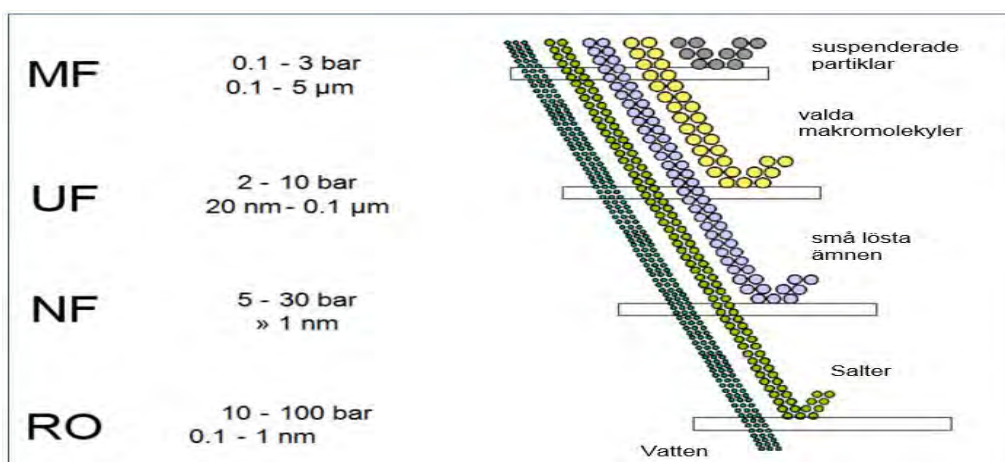
4.5.3 TEKNISK LIVSLÄNGD

Livslängden för de delar som omfattas av koncept 2 är jämförbara med livslängden för anläggningen enligt koncept 1.

Aktiva kolfilter har en begränsad livslängd. Efter långvarig användning mätas deras ytor med adsorberade föroreningar och ingen ytterligare rening sker. Filtermaterialet måste därför bytas ut med jämna mellanrum, enligt tillverkarens instruktioner.

4.6 KONCEPT-3 RIKTVÄRDE ÄR 8 NG/L

För att nå ett riktvärde på 6–8 ng/l på utgående dricksvatten krävs en mycket hög reningsgrad, över 90 %. Membranfiltrering är i detta fall ett bra alternativ för att kunna uppnå denna reningsgrad. R/O membran är det effektivaste membranfiltret för den här processen, då det kan avlägsna alla partiklar, salter samt små lösta ämnen i vattnet, se Figur 18



Figur 18. Jämförelse av genomsläpplighet hos olika membranfilter. RO-filter kan avskilja mycket små partiklar från vatten.

4.6.1 DIMENSIONERING AV TEKNIKEN

Förbehandling

Vattnets beskaffenhet är grunden till dimensionering av reversosmos (RO) filter. För att undvika igensättning i membranen och för en bättre filtrering samt längre livslängd för filtret bör råvattnet passera via ett förbehandlingssteg för att avlägsna partiklar, olja, järn, mangan, kalcium, natrium och humusämnen. I Tullinge vattenverk har inkommande råvatten en bra kvalitet bortsett från hårdheten vilken är ganska hög och detta innebär ett behov av att avhärda vattnet med hjälp av en avhärningsanläggning, eller ett MF (Mikrofilter) som kan avlägsna partiklar som har en diameter ner till 0,1 mikrometer.

Dimensionering av R/O membran filter

Massbalans

$[Q \text{ (m}^3/\text{h)} \times \rho \text{ (kg/m}^3) \times C]$ Inkommande flöde = $[Q \text{ (m}^3/\text{h)} \times \rho \text{ (kg/m}^3) \times C]$ ren vatten + $[Q \text{ (m}^3/\text{h)} \times \rho \text{ (kg/m}^3) \times C]$ Rejekt. → C är föroreningskoncentration.

Mängden renat vattenprocent (Recovery) = Renat vatten/ inkommandeflöde x 100

I Tullinge vattenverk har vi inkommande flöde (grundvatten) som ligger på 450 m³/h = 10 800 m³/dygn.

Utgående (dricksvatten) är 400 m³/h = 9600 m³/dygn

Detta behöver beräknas:

Antal element.

Antal kärl.

Aktuella flöde in [LMH]. → där LMH är (liter m² timma)

Maximum tillåtet flöde för grundvatten är 30 (LMH) [varier enligt tillverkare].

Dimensionerande flöde = 22 LMH

Utgående renat vatten = 400 m³/h = 400 000 l/h

Membranfilterarea som behövs = Utgående ren vatten (l/h) /dimensionerat flöde LMH

= 400 000/22 = 18 181,8182 m² ≈ 18 181,12 m²

Membran filterarea = 40 m² → [varier enligt tillverkare].

Antal element = 18 181,12/40 = 454,528 ≈ 455 element.

Varje kärl består av 4 element [varier enligt tillverkare].

Antal kärl = 113,75 ≈ 114 kärl

Total area som behövs för R/O anläggning är 150 m².

Efterbehandling

Vattnet har, efter passage av R/O membran, lågt pH, låg alkanitet, låg hårdhet m.m. Detta på grund av att membranen avlägsnar alla partiklar, joner samt lösta ämnen i vattnet som karbonat, hydroxider, kalcium, magnesium, salter vilka är jätteviktiga för människor, växter och djur. Därför bör renat vatten behandlas efter membranfiltreringen. Efterbehandlingen behöver bestå av olika steg:

- pH-höjning
- Alkanitets höjning
- Hårdhetshöjning

pH-höjning

pH-höjningsprocessen kan utföras på olika sätt, då det är beroende på vilka kemikalier som skall tillsättas i vattnet som t.ex. lut (natriumhydroxid), kalk (kalciumhydroxid) eller krita (kalciumkarbonat).

pH-höjning (lutdosering)

Processen består av ett kärl (3–5 m³) och två doseringspumpar. En av pumparna fungerar är som huvudpump och den andra är reservpump. Det som ytterligare ingår i doseringsutrustningen är flödesmätare, rörkopplingar, bakventiler och doseringsmunstycke.

Höjning av alkalinitet

Alkaniteten kan höjas med hjälp av kalciumkarbonat [CaCO₃]

Med den här processen kan man höja alkanitet, hårdhet samt pH. Processen består av:

- Kalciumkarbonattank (Krita).
- Doseringspump 2 st.
- Drivvattentank
- Kopplingar

Anläggningen kräver en area på ca 20-25m²

Totalarea som behövs för att nå ett riktvärde som ligger på 8 ng PFAS/liter är 170–180 m².

4.6.2 DRIFT

Inkommande råvatten leds efter luftningsprocess och förbehandlingssteg till RO-anläggning som består av 114 membran där trycket behöver höjas till 20–25 bar med hjälp av en centrifugalpump och vattnet pumpas in i RO membranen.

4.6.3 SERVICE OCH UNDERHÅLL

RO membran kräver mycket mindre service i jämförelse med andra tekniker. RO membran fungerar enligt en bestämd mängd renat vattenprocent (Recovery) av tillverkare, om recovery blir mindre innebär det att membranens reningsgrad blir mindre p.g.a. igensättning i själva membranen eller slitage i membranen.

4.7 PLACERING AV ANLÄGGNINGEN

Möjlig placering av den här typen av anläggning följer samma upplägg som för koncept 1 & 2.

4.8 KOSTNADSKALKYL

4.8.1 INVESTERINGSKOSTNAD

Uppskattad investeringskostnad för en membranfilteranläggning vid Tullinge vattenverk enligt koncept 3 redovisas i Tabell 8

Tabell 8. Uppskattad investeringskostnad för en membranfilteranläggning vid Tullinge vattenverk enligt koncept 3.

Objekt	Totalkostnad SEK	Felmarginal
Teknikhuskostnad.		
Arkitekts arbete	262 500	± 10%
Konstruktionsarbete	220 000	± 15%
Material	4 766 000	± 10%
Byggherrekostnader	1 575 000	± 10%
Totalkostnad/Teknikhus	6 823 500	± 12%
Processkostnader		
Förbehandlingen		
Avhärdning	700 000	± 10%
Filtrering	1 050 000	± 10%
R/O membranfilter (ny)	20 000 000	± 20%
Rörsystem	1 500 000	± 25%
El och styrning	2 000 000	± 25%
Pumpar	600 000	± 10%
Efterbehandling	150 000	± 10%
Total kostnad	26 000 000	± 16%
Anläggningskostnad	32 823 500	± 14%

4.8.2 DRIFTKOSTNAD

Uppskattad driftkostnad för en membranfilteranläggning vid Tullinge vattenverk enligt koncept 3 redovisas i Tabell 9.

Tabell 9. Uppskattad driftkostnad för en membranfilteranläggning vid Tullinge vattenverk enligt koncept 3.

Objekt	För M ³ dricksvatten/h SEK	Felmarginal
El förbrukning	0,5	± 15%
Värmeförbrukning	0,1	± 15%
förbehandlingskostnad	0,4	± 15%
Efterbehandlingskostnad	0,3	± 15%
Service och underhåll	0,2	
Rengöring av membran	0,1	
Totalt kostnad	1,6	± 15%

4.8.3 TEKNISK LIVSLÄNGD

R/O membran har en livslängd på ca 10–15 år för kärnen som innehåller elementen. Livslängd för elementen är på ca 3–5 år, oavsett hur mycket vatten som filtrerat genom det. Vattenkvalitet som filtreras via osmosmembran spelar stor roll för membranens livslängd.

R/O membranerna behöver utrustas med anti-skalningsanläggning som består av doseringspump och kemikaliedoseringsskåp för att undvika igensättning i membranerna samt förlänga livslängd på membranläggningen. Rörsystem och pumpar håller upp till 50 år.

5 REFERENSER

SLU (Sverige Lantbruksuniversitet).

Svenskt Vatten (rapport Nr 2017-20).

Science Daily. Januari 25, 2012: JAMA och Arkiv Tidskrifter. /

<https://www.sciencedaily.com/releases/2012/01/120124162345.htm>

NRDC (Natural Resources Defense Council) Rapport 15 maj, 2019

https://energycommerce.house.gov/sites/democrats.energycommerce.house.gov/files/documents/05.15.19%20Witness%20Testimony_Olson.pdf

Avsedd för
Botkyrka kommun

Typ av dokument
Rapport

Datum
September, 2019

SAMHÄLLSEKONOMISK KONSEKVENSANALYS VATTENSTRÅKET I TULLINGE



SAMHÄLLSEKONOMISK KONSEKVENSPANALYS
VATTENSTRÅKET I TULLINGE

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	Sammanfattning	2
2.	Exekutiv sammanfattning	4
3.	Inledning	8
3.1	Rapportens fokus	8
3.2	Rapportens disposition	9
4.	Referensalternativ och förändringsscenarier	10
4.1	Referensalternativ	10
4.2	Scenario 1. Vattenverket tas i bruk och det förorenade området efterbehandlas med hjälp av barriärteknik/övertäckning	10
4.3	Scenario 2. Vattenverket tas i bruk och det förorenade området efterbehandlas med hjälp av urgrävning och förbränning	11
5.	Resultat	13
5.1	Samhällsekonomiska nyttor av scenario 1 och 2	14
5.1.1	Kostnadsbesparing vid minskat beroende av dricksvatten från Norsborgs vattenverk	14
5.1.2	Eventuella kostnader för anläggning av ett nytt vattenverk	15
5.1.3	Kostnadsbesparing vid minskat beroende av vatten från Norsborgs vattenverk till jordbruk, industri och Karolinska sjukhuset i Huddinge	16
5.1.4	Minskad risk vid ett eventuellt parasit/virus-utbrott i Mälaren	16
5.1.5	Positiva miljöeffekter vid minskat läckage av PFAS	19
	20	
5.1.6	Positiva hälsoeffekter till följd av minskad exponering av PFAS	20
5.1.7	Ökade rekreativsvärden	21
5.1.8	Minskad stigma kring det förorenade området och vattentäkten	22
5.1.9	Ökat markvärde på det förorenade området	22
5.1.10	Minskad behov av kommunala informationsinsatser, provtagningar och konsultutredningar	26
5.2	Samhällsekonomiska kostnader av scenario 1 och 2	27
5.2.1	Investerings- och driftskostnader för att ta vattenverket i bruk	27
5.2.2	Negativa miljö- och hälsoeffekter för att ta vattenverket i bruk	28
5.2.3	Åtgärds-kostnader för efterbehandlingsalternativ barriärteknik/inneslutning/övertäckning	28
5.2.4	Negativa miljö- och hälsoeffekter av efterbehandlingsalternativ barriärteknik/inneslutning/övertäckning	28
5.2.5	Åtgärds-kostnader för efterbehandlingsalternativ urgrävning och förbränning	28
5.2.6	Negativa miljö- och hälsoeffekter av efterbehandlingsalternativ urgrävning och förbränning	29
6.	Slutsatser och diskussion	30
7.	Referenser	32

1. SAMMANFATTNING

2011 påträffades PFOS i vattnet från Tullinge vattenverk i Botkyrka kommun som därefter fick stängas på grund av detta. Nedstängningen innebar att de ca 16 500 personer i Botkyrka kommun, som vid tidpunkten försörjdes via vattenverket (WSP, 2012) istället fick sin vattenförsörjning tillgodosedd från Norsborgs vattenverk (Mälaren). Än idag (2019) får samtliga Botkyrkabor sin dricksvattenförsörjning tillgodosedd genom Norsborgs vattenverk. I denna studie analyseras de samhällsekonomiska konsekvenserna (kostnader och nyttor) om grundvattentäkten i Tullinge tas i bruk igen och det förorenade området efterbehandlas. Två olika scenarier formuleras vilka studeras i förhållande till ett referensscenario (dagens situation). Syftet med analysen är att den ska ge indikationer på om scenarierna kan förväntas vara samhällsekonomiskt lönsamma, vilket de är om nyttorna överstiger kostnaderna. Följande scenarier används i rapporten vilka baseras på NIRAS (2018).

Scenario 1 Vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och utgående dricksvatten renas genom omvänd osmos. Förorenade jordmassor täcks över.

Scenario 2 Vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och utgående dricksvatten renas genom omvänd osmos. Förorenade jordmassor grävs ut och schaktas bort.

Den övergripande samhällsnyttan med att öppna vattentäkten är att detta skulle ge en säkrare och mer redundant dricksvattenförsörjning för kommunen och regionen. Stockholmsregionen utsätts för risker kopplade till trygg och säker dricksvattenförsörjning och även hantering av dagvatten och tillskottsvatten¹. Att vara alltför beroende av Mälaren för dricksvattenförsörjningen innebär en risk utifrån Botkyrkas perspektiv. Det är därför en stark drivkraft för kommunen att bidra till en säkrare dricksvattenförsörjning för kommuninvånarna. Vikten av ett större antal aktiva vattenresurser och dricksvattenanläggningar är även av stor betydelse ur ett regionalt perspektiv. En redundant vattenförsörjning för regionen innebär att vattendistributionen kan upprätthållas trots att enskilda enheter i distributionssystemet tas ur drift. Tullingeåsen-Ekebyhov som vattenresurs är till exempel listade som hög prioritet i vattenförsörjningsplanen för Stockholmsregionen från 2018. Sammantaget kan vi – i förhållande till referensalternativet – konstatera att det finns starka indikationer på att nyttorna kommer att överväga kostnaderna såväl i scenario 1 som scenario 2. I sammanställning inkluderas ej potentiella kostnader förknippat med uppförandet av ett nytt vattenverk (0,5 till 3 mdkr) vilket skulle kunna bli fallet på lång sikt om vattenverket i Tullinge inte tas i drift igen.

Monetariserade kostnader och nyttor till och med år 2040 för scenario 1 och 2 jämfört med referensalternativet, mnkr.

	Scenario 1 - Övertäckning	Scenario 2 - Schaktning
Totala nyttor	432	537
Totala kostnader	272-274	429
Nettonytta	160-162	108

Notering: I tabellen inkluderas ej eventuell nytta förknippad med att inte behöva etablera ett nytt vattenverk. Kostnaden för att etablera ett nytt vattenverk är uppskattad till mellan 0,5 till 3 mdkr vilket således som minst skulle fördubbla nivåerna på nyttorna.

I jämförelse med referensalternativet uppskattar vi de totala nyttorna som uppstår fram till år 2040 till cirka 432 mnkr för scenario 1 och cirka 537 mnkr för scenario 2. I jämförelse med referensalternativet uppskattar vi de totala investerings- och driftskostnaderna till cirka 272-

¹ Vatten som inte ska finnas i spillvattennätet, t.ex. dränerings- eller grundvatten som läcker in i otäta ledningar.

274 mnkr för scenario 1 och cirka 429 mnkr för scenario 2. Siffrorna är en uppskattning av de totala kostnaderna och nyttorna med scenario 1 och 2 men det finns osäkerheter som gör att de behöver tolkas med försiktighet.

De största nyttoposterna i förändringsscenarierna jämfört med dagens situation är:

- Minskad risk vid ett eventuellt parasit/virus-utbrott i Mälaren (både scenario 1 och 2)
- Positiva miljöeffekter till följd av minskad PFAS-halt i kringliggande sjöar (både scenario 1 och 2)
- Mer tillgänglig mark för exploatering (scenario 2)
- Minskat stigma och negativ påverkan på huspriser (scenario 2)

2. EXEKUTIV SAMMANFATTNING

År 2011 påträffades PFOS i vattnet från Tullinge vattenverk i Botkyrka kommun som därefter fick stängas på grund av detta. Än idag (2019) får de Botkyrkabor som tidigare fick sin dricksvattenförsörjning tillgodosedd från Tullinge vattenverk istället vatten från Norsborgs vattenverk (Mälaren). Efter att föroreningen blev känd initierade Botkyrka kommun ett antal utredningar (bl.a. WSP, 2012) som visade att föroreningen hade orsakats av Försvarens användning av brandskum vid den före detta flygflottiljen (F18) i Tullinge. Två spridningsvägar kunde identifieras; via en berghangar på flottiljen och via övningsytor där brandskum använts. Det blev också klarlagt att föroreningarna är mycket ojämnt fördelade med allt ifrån ca 555 ng/kg TS vid en provtagningsplats till 20–40 ng/kg TS vid näraliggande områden. I grundvattnet påträffades vatten med PFOS-halt på 40 000 ng/l eller ännu högre på ca 16 meters djup. Genombrottet av PFOS och andra PFC-ämnen genom grusåsen och ner i grundvattnet bedöms ha ägt rum kring 1985, varefter belastningen steg fram till ca 1995 för att sedan ha varit konstant. 2012 uppmättes PFOS-halter på omkring 300–400 ng/l i grundvattentäkten i Tullinge. Från grundvattnet sprids föroreningen vidare till Tullingesjön och Mälaren.

Det finns en stor osäkerhet och begränsad erfarenhet vad gäller åtgärder för att efterbehandla PFAS. Naturvårdsverket (2019) beskriver hur de metoder som kan tillämpas är förknippade med många osäkerheter, t.ex. avseende metodernas effekt, hur de ska utformas och genomföras, åtgärdskostnader och behandlingstider. Schaktning är den metod som oftast används för PFAS-förorenad mark. Det faktum att molekylerna är relativt vattenlösliga och rörliga innebär att de kan tränga ned till relativt stora djup, vilket gör det svårt och dyrt att schaktsanera.

I denna studie analyseras de samhällsekonomiska konsekvenserna (kostnader och nyttor) om grundvattentäkten i Tullinge tas i bruk igen och det förorenade området efterbehandlas. Två olika scenarier formuleras. Syftet med analysen är att den ska ge indikationer på om scenarierna kan förväntas vara samhällsekonomiskt lönsamma, vilket de är om nyttorna överstiger kostnaderna. I rapporten används begreppet nytta som benämning på en undviken kostnad, vilken kan uppkomma om en åtgärd genomförs. En nytta är alltså den kostnadsbesparing som uppstår om en åtgärd genomförs, mot alternativet att ingen åtgärd tas (referensscenario).

Scenarier

Scenarier som används i denna rapport baseras på scenarier i NIRAS (2018) samt ett referensscenario som avser dagens situation.

Referensscenario Vattenverket i Tullinge förblir stängt och att vattenförsörjningen för Botkyrkaborna fortsätter att helt och hållet ske genom Mälaren

Scenario 1 Vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och att utgående dricksvatten renas från PFOS och andra perfluorerade ämnen med hjälp av omvänd osmos och de förorenade jordmassorna täcks över.

Scenario 2 Vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och att inkommande råvatten renas från PFOS och andra perfluorerade ämnen med hjälp av omvänd osmos och förorenade jordmassorna grävs ut.

Kostnader

Scenario 1 Vattenverket tas i bruk till en uppskattad investeringskostnad på 30,4 mnkr (för att klara en PFAS-halt på 8 ng/l). Den ackumulerade driftskostnaden fram till 2040 för omvänd osmos som reningsteknik för utgående dricksvattnet uppskattas till cirka 239 mnkr. Det förorenade området efterbehandlas med hjälp av barriärteknik/övertäckning till en kostnad på 2,5–4,5 mnkr². Totalkostnaden för scenario 1 är alltså 272–274 mnkr fram till år 2040.

Scenario 2 Vattenverket tas i bruk till en uppskattad investeringskostnad på 30,4 mnkr (för att klara en PFAS-halt på 8 ng/l). Den ackumulerade driftskostnaden fram till 2040 för omvänd osmos som reningsteknik för utgående dricksvattnet uppskattas till cirka 239 mnkr. Det förorenade området efterbehandlas med hjälp av urgrävning och förbränning till en kostnad på 160 mnkr³. Totalkostnaden för scenario 2 är alltså 429 mnkr fram till år 2040.

Sammanfattningsvis är kostnaderna betydligt högre i scenario 2 jämfört med scenario 1 vilket beror på kostnaden som förknippas med schaktsanering.

Nyttor

Den övergripande samhällsnyttan med att öppna vattentäkten är att detta skulle ge en säkrare och mer redundant dricksvattenförsörjning för kommunen och regionen. Stockholmsregionen utsätts för risker kopplade till trygg och säker dricksvattenförsörjning och även hantering av dagvatten och tillskottsvatten. Att vara alltför beroende av Mälaren för dricksvattenförsörjningen innebär en risk utifrån Botkyrkas perspektiv. I en samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys finns i stort sett alltid poster som inte är möjliga att uttrycka i kronor, t.ex. på grund av databrist, alltför komplexa ekologiska samband, osv. Det är då viktigt att dessa poster beskrivs utförligt i kvalitativa termer. Även i denna studie finns poster – särskilt på nyttsidan – som inte är möjliga att uttrycka i kronor. Detta är inte överraskande eftersom flera av de värden som grundvattentäkten skulle ge till följd av minskad förekomst av PFAS, t.ex. hälsa och rekreation, inte är prissatta på någon marknad. Det finns ett flertal metoder för att ekonomiskt värdera icke-marknadsprissatta varor och tjänster, såsom exempelvis rent vatten, rekreationsmöjligheter, god fisktillgång i sjöar och att kunna dricka vatten utan att riskera exponeras för PFOS och andra föroreningar. Det har dock legat utanför ramarna för detta uppdrag att genomföra en ny datainsamling för att ta reda på hur just Botkyrkaborna värderar dessa nyttor i kronor. För att ändå uppskatta storleken på de icke-marknadsprissatta nyttorna har översiktliga värdeöverföringar gjorts från tidigare studier. Genom att identifiera och belysa de olika delnyttorna av att åter ta grundvattentäkten i bruk erhålls en så fullständig och transparent bild som möjligt av dess totala nytta, återigen givet att somliga kostnads- och nyttoposter beskrivs i ord snarare än i kronor. Genomgående i rapporten beskrivs osäkerheterna i de beräkningar som gjorts. Nyttorna (och kostnaderna) beräknas löpande i rapporten utifrån ett 20-årsperspektiv. Under tabellen sammanfattas de olika nyttorna och hur de har beräknats. I sammanställning inkluderas ej potentiella kostnader förknippat med uppförandet av ett nytt vattenverk (0,5 till 3 mdkr) vilket skulle kunna bli fallet på långt sikt om vattenverket i Tullinge inte tas i drift igen. Huruvida detta skulle vara nödvändigt bedöms inte inom ramen för denna rapport men det bedöms vara ett möjligt scenario givet vattentäktens höga prioritering i regionala vattenförsörjningsplanen.

² Denna siffra baseras på beräkningar i NIRAS (2018). Sedan detta har nya beräkningar gjorts av Helldén Environmental Engineering på beställning av Försvarsmakten (2019-06-26). I denna uppskattas totalkostnaden för en övertäckning uppgå till 20 mnkr. Kostnader för övertäckning beskrivs i avsnitt 5.2.3.

³ Även för denna siffra har nya beräkningar genomförts av Helldén Environmental Engineering på beställning av Försvarsmakten. I denna uppskattas att kostnaden för urgrävning i kombination med deponering till ca 250 mnkr och urgrävning i kombination med högtemperaturförbränning till ca 750 mnkr. Kostnader för urgrävning och förbränning beskrivs i avsnitt 5.2.5.

Monetariserade nyttor till och med år 2040 för scenario 1 och 2 jämfört med referensalternativet, mnkr.

	Nyttor scenario 1	Nyttor scenario 2
Markvärde, varav:		
<i>Lågt scenario</i>	0	10 000 000
<i>Högt scenario</i>	0	25 000 000
Markvärdespåverkan på närbelägna bostäder	0	34 000 000
Hälsorisker, kontaminerat dricksvatten	282 000 000	282 000 000
Nytta till följd av förväntad utveckling i VA-taxa	88 000 000	88 000 000
Betalningsvilja för fiske, varav:		
<i>Lågt scenario</i>	57 000 000	113 000 000
<i>Högt scenario</i>	134 000 000	268 000 000
Kommunala insatser	5 000 000	10 000 000
Total	432 000 000	537 000 000

Notering: I tabellen inkluderas ej eventuell nytta förknippad med att inte behöva etablera ett nytt vattenverk. Kostnaden för att etablera ett nytt vattenverk är uppskattad till mellan 0,5 till 3 mdkr vilket således som minst skulle fördubbla nivåerna på nyttorna. I beräkningen av totalsumman använder vi det lågt räknade scenariot för både markvärde och betalningsvilja för fiske.

Markvärde (engångsnytta)

Beroende på vilka antaganden som görs påverkas antingen fem eller två tomter i scenario 2 i jämförelse med referensscenariot och scenario 1. Vid hög påverkan (fem tomter) uppskattar vi att det förlorade markvärdet till 25 mnkr. Vid låg påverkan (två tomter) uppskattar vi det förlorade markvärdet till 10 mnkr. Beräkningarna baseras på PEAB:s ursprungliga kalkyler för marken vid förvärv.

Markvärdespåverkan på närbelägna bostäder (engångsnytta)

Baserat på tidigare studier bedöms närliggande tomter till föreningen ha ett lägre marknadspris i referensscenariot jämfört med scenario 2 på grund av stigma, rädsla för hälsoeffekter och estetik. Vi har antagit att tomter inom en radie på 450 meter från det förorenade området påverkas. Värdet skattas till 34 mnkr i scenario 2 jämfört med referensscenario och scenario 1.

Hälsorisker, kontaminerat dricksvatten (nytta över 20 år)

Det minskade beroendet av dricksvatten från Mälaren gör att det i händelse av ett parasit/virus/bakterie-utbrott i Mälaren kommer vara möjligt att undvika stora skadestånder i form av produktionsförluster, sjukfrånvaro, sjukvårdskostnader, oro, obehag osv. Baserat på sannolikheter för en sådan händelse och kostnad för ett sjukdomsfall skattas nyttan till 282 mnkr, både för scenario 1 och 2 jämfört med referensscenario.

Nytta till följd av förväntad utveckling i VA-taxa (nytta över 20 år)

Det har nyligen skett höjningar av SVOA:s VA-taxa och höjningar för år 2020 och 2021 har aviserats. Vid ett antagande att SVOA:s VA-taxa stiger med 2 procent per år till år 2040 och att kostnaden för vatten från Tullinge vattenverk stiger med 1 procent per år till år 2040 skulle detta innebära en samlad kostnadsbesparing motsvarande 88 mnkr.

Betalningsvilja för fiske (nytta över 20 år)

Baserat på tidigare betalningsviljestudier beräknas nyttan för fiske i Tullingesjön och Albysjön. Betalningsviljan för att undvika farligt höga PFAS-halter i Tullingesjön och Albysjön uppskattas till mellan 113–267 mnkr. Denna siffra används för scenario 2 och baseras på antaganden om antal fisketillfällen i sjöarna per år. För scenario 1 gör vi ett antagande om en halverad

betalningsvilja jämfört med scenario 2, då ansamlingen av PFAS i grundvattenåsen i detta scenario blir större över tid.

Kommunala insatser (engångsnytta)

Baserat på kostnader för (1) arbetstid som kommunalanställda har lagt på föreningsfrågan (2) ersättning av kol i vattenverkets kolfilter (3) provtagning av dricksvattnet och (4) konsultkostnader uppskattas Botkyrka kommun spara 10 mnkr i scenario 2 och 5 mnkr i scenario 1 jämfört med referensscenariot.

Slutsatser

I denna studie beräknas nyttorna överstiga kostnaderna både i scenario 1 och scenario 2. Man ska komma ihåg att värdena i tabellen nedan baseras på skattningar som har osäkerhet förknippade med sig i olika utsträckning. Osäkerheter hänger samman med antaganden avseende exempelvis betalningsviljan för fiske, husprisens påverkan, sannolikheten för att ett virus eller parasitutbrott ska ske, m.m.

Monetariserade kostnader och nyttor som uppstår fram till och med år 2040 för scenario 1 och 2 jämfört med referensalternativet, mnkr.

	Scenario 1 - Övertäckning	Scenario 2 - Schaktning
<i>Totala nyttor</i>	429	537
<i>Totala kostnader</i>	272-274	429
<i>Nettonytta</i>	160-162	108

Notering: I tabellen inkluderas ej eventuell nytta förknippad med att inte behöva etablera ett nytt vattenverk. Kostnaden för att etablera ett nytt vattenverk är uppskattad till mellan 0,5 till 3 mdkr vilket således som minst skulle fördubbla nivåerna på nyttorna.

3. INLEDNING

PFAS är samlingsnamn för en stor grupp perfluorerade ämnen (per- och polyfluorerade alkylsubstanser) som under senare år har uppmärksammats allt oftare på grund av deras farlighet för människa och miljö. Ämnenas fysikaliska och kemiska egenskaper (de är värmetåliga och smuts- och vattenavvisande) förklarar användningen inom bland annat textil-, plast- och pappersindustrin, i viss elektronik och i brandskum, Naturvårdsverket (2019). PFAS bryts inte ner i miljön vare sig på kemisk eller biologisk väg och är därför mycket persistenta. Vidare är många av ämnena bioackumulerande, vilket innebär att de ackumuleras i levande organismer. Eftersom de perfluorerade ämnena är fett- och vattenavstötande lagras de inte i fettvävnad på samma sätt som andra bioackumulerande ämnen utan binder istället till proteiner och lagras i andra organ i kroppen, till exempel i levern och i blodet (KemI, 2019). Människor exponeras främst via mat - särskilt fisk och skaldjur. Ammande spädbarn exponeras via modersmjölk. Dessutom exponeras människor för PFAS via förorenat dricksvatten och genom exponering via huden till följd av användning av PFAS-behandlade produkter. Slutligen kan människor exponeras via inandning av förorenat damm (Karolinska institutet, 2019).⁴

2011 påträffades PFOS i vattnet från Tullinge vattenverk i Botkyrka kommun som därefter fick stängas på grund av detta. Än idag (2019) får Botkyrkaborna sin dricksvattenförsörjning tillgodosedd genom Norsborgs vattenverk (Mälaren). Efter att föroreningen blev känd initierade Botkyrka kommun ett antal utredningar (bl.a. WSP, 2012) som visade att föroreningen hade orsakats av Försvarsmaktens användning av brandskum vid den före detta flygflottiljen (F18) i Tullinge. Två spridningsvägar kunde identifieras; via en berghangar på flottiljen och via övningsytor där brandskum använts. Det blev också klarlagt att föroreningarna är mycket ojämnt fördelade med allt ifrån ca 555 ng/kg TS vid en provtagningsplats till 20–40 ng/kg TS vid näraliggande områden. I grundvattnet påträffades vatten med PFOS-halt på 40 000 ng/l eller ännu högre på ca 16 meters djup. Genombrottet av PFOS och andra PFC-ämnen genom grusåsen och ner i grundvattnet bedöms ha ägt rum kring 1985, varefter belastningen steg fram till ca 1995 för att sedan ha varit konstant. 2012 uppmättes PFOS-halter på omkring 300–400 ng/l i grundvattentäkten i Tullinge. Från grundvattnet sprids föroreningen vidare till Tullingesjön och Mälaren.

Det finns en stor osäkerhet och begränsad erfarenhet vad gäller åtgärder för att efterbehandla PFAS. I Naturvårdsverket (2019) beskrivs hur de metoder som kan tillämpas är förknippade med många osäkerheter, t.ex. avseende metodernas effekt, hur de ska utformas och genomföras, åtgärdskostnader och behandlingstider. Schaktning är den metod som oftast används för PFAS-förorenad mark. Det faktum att molekylerna är relativt vattenlösliga och rörliga innebär att de kan tränga ned till relativt stora djup, vilket gör det svårt och dyrt att schaktsanera.

3.1 Rapportens fokus

I denna rapport analyseras de samhällsekonomiska konsekvenserna (kostnader och nyttor) om grundvattentäkten i Tullinge tas i bruk igen och det förorenade området efterbehandlas. En stor utmaning för värdering är att grundvatten inte köps och säljs på någon marknad. Att grundvattnet inte är marknadsprissatt innebär alltså svårigheter att ekonomiskt värdera det (Naturvårdsverket, 2002). Ett alternativt sätt att komma runt problematiken att ett marknadspris saknas är att värdera grundvattentäkten genom att analysera vad det skulle kosta om den behöver ersättas med ett annat alternativ. I detta fall finns redan ett alternativ till grundvattentäkten i Tullinge i form av Norsborgs vattenverk vilket gör att inga omfattande investeringar kommer att krävas för att öppna ett nytt vattenverk. Däremot kan beroendet av

⁴ Karolinska institutet, 2019. Perfluorerade och polyfluorerade ämnen - <https://ki.se/imm/perfluorerade-och-polyfluorerade-amnen>.

Norsborgs vattenverk komma att innebära högre kostnader för Botkyrka om VA-taxan höjs. På så sätt kan framtida kostnadsbesparingar bli möjliga om kommunen även har tillgång till vattenverket i Tullinge. För att få en så rättvisande bild som möjligt av den totala nyttan av att öppna vattentäkten och efterbehandla det förorenade området behövs ett brett spann av nyttotyper belysas som utöver dricksvattenförsörjningen inkluderar; ökade rekreativvärden, minskade hälsorisker, ökade markvärden, minskade kommunala kostnader för utredningar och provtagningar, minskad risk för skadestånder orsakade av virus- och parasitutbrott och så vidare.

Den långsiktiga nyttan med att åter kunna använda vattentäkten hänger samman med vilken typ av efterbehandling som sker och efterbehandlingen i sig själv leder också till viktiga samhällsnyttor. Två olika scenarier formuleras därmed beroende på val av efterbehandlingsalternativ och analysen av kostnader och nyttor för respektive scenario görs i förhållande till ett referensalternativ. Syftet med analysen är att den ska ge indikationer på om scenarierna kan förväntas vara samhällsekonomiskt lönsamma, vilket de är om nyttorna överstiger kostnaderna. En avgränsning är att studien inte inkluderar konsekvenserna av föroreningen från bergrummet på flottiljen utan enbart föroreningen som finns i marken. Anledningen till avgränsningen är att föroreningen i bergrummet inte sprids till grundvattentäkten, vilket är studiens fokus. Det förorenade vattnet från bergrummet renas via kolfilter, men sprids i viss mån till sjöarna Getaren och Bysjön.

Den övergripande samhällsnyttan med att öppna vattentäkten är att detta skulle ge en säkrare och mer redundant dricksvattenförsörjning för kommunen och regionen. Stockholmsregionen utsätts för risker kopplade till trygg och säker dricksvattenförsörjning och även hantering av dagvatten och tillskottsvatten. Att vara alltför beroende av Mälaren för dricksvattenförsörjningen innebär en risk utifrån Botkyrkas perspektiv. Det är därför en stark drivkraft för kommunen att bidra till en säkrare dricksvattenförsörjning för kommuninvånarna. I vattenförsörjningsplanen för Botkyrka kommun från 2017 bedöms Tullingeåsen-Ekebyhov-Riksten kunna försörja minst 50 procent av invånarna i kommunen år 2040. Grundvattenförekomsten utpekade även vara av hög regional prioritet i den regionala vattenförsörjningsplanen för Stockholms län från 2018 (Region Stockholm m.fl., 2018).

3.2 Rapportens disposition

Nedan beskrivs rapportens scenarier, d.v.s. en beskrivning av vad Ramboll utgått ifrån när kostnader och nyttor värderats. Vi har utgått från ett referensalternativ (dagens situation) och två förändringsscenarier. Efter det kommer ett kapitel med resultat för de olika nyttorna och kostnaderna som presenteras i förhållande till referensalternativet. Slutligen hålls en diskussion kopplat till resultaten.

4. REFERENSALTERNATIV OCH FÖRÄNDRINGSSCENARIER

I detta avsnitt presenteras de olika scenarierna som konsekvensanalyseras. Vi utgår från två förändringsscenarier för tänkbara förändringar vid såväl vattenverket i Tullinge som det förorenade området vid f.d. F18 flygflottilj i Tullinge. Dessa analyseras i förhållande till ett referensscenario (dagens situation).

Figur 1: Beskrivning av rapportens scenarier

SCENARIO	INNEHÅLL	TYP
Referensscenario	Vattenverket i Tullinge förblir stängt och att vattenförsörjningen för Botkyrkaborna fortsätter att helt och hållet ske genom Mälaren	Ingen förändring
Scenario 1	Vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och att utgående dricksvatten renas från PFAS och andra perfluorerade ämnen med hjälp av omvänd osmos	Liten förändring
Scenario 2	Vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och att inkommande råvatten renas från PFAS och andra perfluorerade ämnen med hjälp av omvänd osmos och förorenade jordmassorna grävs ut.	Stor förändring

4.1 Referensalternativ

Ett viktigt steg i en samhällsekonomisk konsekvensanalys är att definiera ett referensalternativ. I denna studie beskriver referensalternativet dagens situation, d.v.s. att vattenverket i Tullinge förblir stängt och att vattenförsörjningen för Botkyrkaborna fortsätter att helt och hållet ske från Mälaren (Norsborgs vattenverk). Referensalternativet innebär även att det förorenade området vid före detta F18 Tullinge flygflottilj inte kommer att saneras och även fortsättningsvis kommer att ha samma användning som idag.

4.2 Scenario 1. Vattenverket tas i bruk och det förorenade området efterbehandlas med hjälp av barriärteknik/övertäckning

Scenario 1 innebär att vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och att utgående dricksvatten renas från PFOS och andra perfluorerade ämnen. Tyréns (2019) utreder på uppdrag av Botkyrka kommun potentiella reningstekniker för att uppnå det övergripande målet att dricksvatten kan levereras som uppfyller Livsmedelsverkets nu gällande riktvärde avseende PFAS, d.v.s. en halt som inte överstiger 90 ng/l. Dessutom utreds tekniker som även skulle uppnå potentiella framtida EU-riktvärden på 45 ng/l respektive 8 ng/l. Rapporten fokuserar endast på reningsteknik som bedöms vara passande för att dessa tre respektive riktvärden kan uppnås.

Aktivt kol är en produkt som tillverkas industriellt av material som innehåller kol med stor inre adsorberande yta, t.ex. trä, torv, kokosnötskal, brunkol, antracit och stenkol, olivkärnor och andra fruktkärnor. Filtrering genom granulärt aktivt kol har visat sig vara en effektiv metod men

bara om kolet är färskt eller nyligen regenererat. Filter med granulärt aktivt kol måste regenereras ofta för att reningsmetoden ska fungera. Livslängden för tekniken uppskattas till mer än 100 år för bassängerna men GAK-massan bör regenereras 1–2 gånger/år. Rörsystem och pumpar uppskattas hålla upp till 50 år.

Membranfilter eller "membran" är mikroporösa plastfilmer som genom ytfångst behåller partiklar eller mikroorganismer som är större än deras porstorlek. Vissa partiklar som är mindre än den angivna porstorleken kan behållas av andra mekanismer. Det finns många olika typer av membranfilter, t.ex. ultrafilter, nanofilter och omvänd osmos (RO) membranfilter. Olika membrantyper används beroende på storleken på de molekyler som ska renas bort. Omvänd osmos (RO) membranfilter används mest för rena vattnet från lokala föroreningar. Det finns dock nackdelar med den här reningsprocessen eftersom membranet även bidrar till försämringar avseende dricksvattnets hårdhet, alkanitet och pH-värde. Livslängden för RO-membran är 10–15 år och för rörsystem och pumpar upp till 50 år.

Om Tullinge vattenverk öppnar igen innebär det att dricksvattenförsörjningen för Botkyrkaborna blir mindre beroende av Mälaren men att boende i de norra delarna av kommunen även fortsättningsvis kommer att få sitt dricksvatten från Norsborgs vattenverk. Scenario 1 innebär vidare att det förorenade området vid före detta F18 Tullinge flygflottilj kommer att efterbehandlas i enlighet med åtgärdsförslag "**Barriärteknik/inneslutning/övertäckning**" i NIRAS (2018). I korthet innebär åtgärden att en horisontell barriär (övertäckning med hjälp av en gummiduk) tillämpas för att reducera utlakning eller spridning av föroreningar via infiltrerande nederbörd eller smältvatten från det förorenade markområdet. Det senaste förslaget för övertäckning inkluderar 10 m tätskikt utanför det PFAS-förorenade området samt 5 m tätskikt vid avslantning av skyddsskiktet. Storleken på övertäckningen bedöms i dagsläget till ca. 15 000 m².⁵ Övertäckning med tätskikt innebär att PFAS kommer att finnas kvar i marken men att spridningen från jord till grundvatten begränsas. Tekniken är dock oprövad för PFAS.

4.3 Scenario 2. Vattenverket tas i bruk och det förorenade området efterbehandlas med hjälp av urgrävning och förbränning

Scenario 2 innebär även det att vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och att det förorenade området efterbehandlas med hjälp av urgrävning och förbränning. Utgående dricksvatten renas även i detta scenario från PFOS och andra perfluorerade ämnen enligt samma tekniker som utifrån Tyréns (2019) beskrevs för scenario 1, d.v.s. med kolfilterrening och/eller membranfiltrering/omvänd osmos. Jämfört med scenario 1 kommer dock behovet av rening på lång sikt att minska eftersom scenariot innebär en högre grad av omhändertagande av det förorenande ämnet vid källan. På kort och medellång sikt kommer dock behovet av kolfiltrering och membranfiltrering/omvänd osmos vara detsamma i scenario 1 och 2 eftersom det kommer att ta lång tid innan PFAS-halterna i grundvattensystemet går ner.

Om Tullinge vattenverk öppnar igen innebär det att dricksvattenförsörjningen för Botkyrkaborna blir mindre beroende av Mälaren men att boende i de norra delarna av kommunen även fortsättningsvis kommer att få sitt dricksvatten från Norsborgs vattenverk. Scenario 2 innebär att det förorenade området vid före detta F18 Tullinge flygflottilj kommer att efterbehandlas i **enlighet med åtgärdsförslag "Urgrävning och förbränning"** i NIRAS (2018). I korthet innebär åtgärden att de förorenade jordmassorna grävs ur och transporteras till en behandlingsanläggning för förbränning i hög temperatur, vilket är en väldokumenterad metod för många olika typer av ämnen, däribland PFAS. I Kumla ligger Sveriges enda godkända anläggning för denna typ av högtemperaturförbränning. I nuläget bedöms anläggningen dock inte ha kapacitet att hantera och

⁵ Mailkonversation 29/5/2019 mellan Botkyrka kommun och Helldén Environmental Engineering AB.

behandla de volymer som skulle bli aktuella i det här fallet. WSP (2016) betonar vikten av att deponianläggningen klarar av att storskaligt och effektivt rena allt lakvatten med exempelvis kolfilterrening. I annat fall finns en risk att föroreningen enbart förflyttas från ett ställe till ett annat.

5. RESULTAT

I detta avsnitt redovisas de positiva och negativa konsekvenserna av de två scenarierna jämfört med referensalternativet. I möjligaste mån uttrycks kostnaderna och nyttorna kvantitativt och monetärt, och i annat fall ges kvalitativa bedömningar. Den mest övergripande samhällsnyttan och skälet till att öppna vattentäkten igen är en säkrare och mer redundant dricksvattenförsörjning för kommunen och regionen. Det faktum att Botkyrka idag saknar en reservvattentäkt inom kommunens geografiska gräns utgör en risk. Om något händer den ordinarie vattentäkten, exempelvis ett utbrott av virus, parasiter eller bakterier, är det av stor betydelse att snabbt kunna utnyttja en annan dricksvattenkälla. Kostnaderna för att öppna vattenverket i Tullinge och efterbehandla det förorenade området måste vägas mot samhällsnyttan av att kunna undvika framtida skadestånder i en situation då ingen reservvattentäkt finns att tillgå, att säkerställa ett eventuellt behov av vatten till industri och jordbruk i framtiden, att minska stigmat kring det förorenade området och stärka områdets rekreations- och markvärden, m.m. Som den sammanfattande resultattabellen nedan visar är flera kostnads- och nyttoposter gemensamma för scenario 1 och 2.

Tabell 1: Sammanfattning av resultat per nytto- och kostnadspost (första året)

	Typ	Scenario 1	Scenario 2	MNKR S1	MNKR S2
Nyttor	Kostnadsbesparingar på sikt när kommunen blir mindre beroende av dricksvattenförsörjning från Norsborgs vattenverk.	Ja	Ja	3,5	3,5
	Nytta till följd av minskad risk vid ett ev. parasit/virus-utbrott i Mälaren	Ja	Ja	18,7	18,7
	Positiva miljöeffekter till följd av minskad spridning av PFAS till grundvatten och ytvatten.	Till viss del*	Ja		10–18
	Positiva hälsoeffekter till följd av minskad exponering av PFAS-föroreningar.	Till viss del	Ja		
	Ökade rekreativvärden.	Till viss del	Ja		Se miljöeffekter ovan
	Minskat "stigma" kring det förorenade området och vattentäkten och dess påverkan på huspriser	Nej	Ja		34
	Ökat markvärde på det förorenade området – möjliggöra för utökad bebyggelse	Nej	Ja		10–25
	Minskat behov av kommunala informationsinsatser, provtagningar och konsultutredningar	Till viss del	Ja	5	10
Kostnader	Investeringskostnader för att ta vattenverket i bruk (omvänd osmos 8 ng/l)	Ja	Ja	30,4	30,4
	Driftskostnader för att ta vattenverket i bruk (omvänd osmos 8 ng/l)	Ja	Ja	15,9	15,9
	Negativa miljö- och hälsoeffekter av att ta vattenverket i drift (t.ex. buller, luftutsläpp, avfall)	Ja	Ja		
	Åtgärds kostnader för efterbehandling med hjälp av barriärteknik/inneslutning/övertäckning	Ja	Nej	2,5–4,5	
	Negativa miljö- och hälsoeffekter av efterbehandling med hjälp av barriärteknik/inneslutning/övertäckning (t.ex. buller, luftutsläpp, avfall)	Ja	Nej	Marginell	
	Åtgärds kostnader för efterbehandling med hjälp av urgrävning, transport och förbränning	Nej	Ja		160
	Negativa miljö- och hälsoeffekter av efterbehandling med hjälp av urgrävning och förbränning (t.ex. buller, luftutsläpp, avfall)	Nej	Ja		

Notering: *Övertäckningen syftar till att minska spridning av PFAS, men spridningen minskar ej lika mycket som i scenario 2. Vi förstår det framförallt som att spridningen kan minska till närliggande ytvatten genom t.ex. visst skydd vid kraftig nederbörd. Läckaget nedåt mot grundvattenåsen förblir oförändrat. Därför har vi satt "Till viss del". I tabellen inkluderas ej eventuell nytta förknippad med att inte behöva etablera ett nytt vattenverk. Kostnaden för att etablera ett nytt vattenverk är uppskattad till mellan 0,5 till 3 mdkr vilket således som minst skulle fördubbla nivåerna på nyttorna.

5.1 Samhällsekonomiska nyttor av scenario 1 och 2

Detta avsnitt presenterar de nyttor som varit möjliga att identifiera inom ramen för uppdraget. Ett flertal av nyttorna är gemensamma för scenario 1 och scenario 2 medan andra nyttor endast kan förväntas uppstå till följd av scenario 2.

De nyttor som förväntas uppstå till följd av scenario 1 respektive scenario 2 finns presenterade i Tabell 2: Nyttor vid scenario 1 och scenario 2 jämfört med referensalternativet Tabell 2.

Nyttouppskattningen är beräknad som en jämförelse mot referensalternativet att ingen åtgärd genomförs. I beräkningarna tar vi hänsyn till de nyttor som uppkommer på sikt till 2040. Detta görs för de löpande nyttorna *hälsorisker till följd av risk för kontaminerat dricksvatten, nytta till följd av förväntad utveckling i VA-taxa från SVOA samt betalningsvilja för fullgott rekreativfiske*. I totalsumman summerar vi nyttorna som uppstår till följd av *låga scenariot*, vilket alltså är det mest konservativa beräkningsalternativet. Vid summering av nyttorna som uppstår fram till 2040 för scenario 1 och scenario 2 i jämförelse med referensalternativet, uppskattar vi nyttan för scenario 1 till ca. 429 mnkr och nyttan för scenario 2 till ca. 537 mnkr.

Tabell 2: Nyttor vid scenario 1 och scenario 2 jämfört med referensalternativet

	Nyttor scenario 1	Nyttor scenario 2
Markvärde, varav:		
<i>Lågt scenario</i>	0	10 000 000
<i>Högt scenario</i>	0	25 000 000
Markvärdespåverkan på närbelägna bostäder	0	34 000 000
Hälsorisker, kontaminerat dricksvatten	282 000 000	282 000 000
Nytta till följd av förväntad utveckling i VA-taxa	88 000 000	88 000 000
Betalningsvilja för fiske, varav:		
<i>Lågt scenario</i>	57 000 000	113 000 000
<i>Högt scenario</i>	134 000 000	268 000 000
Kommunala insatser	5 000 000	10 000 000
Total	429 000 000	537 000 000

Notering: I beräkningarna av markvärde och betalningsvilja för fiskemöjligheter har vi utgått ifrån lågt scenario (konservativa beräkningar). Nyttoberäkningarna för hälsorisker vid kontaminerat dricksvatten, betalningsvilja för fiskemöjligheter och påverkan på VA-taxa är det aggregerade värdet fram till 2040 (20 år). I beräkningen använder vi en diskonteringsränta på 3,5 procent.

5.1.1 Kostnadsbesparing vid minskat beroende av dricksvatten från Norsborgs vattenverk

Denna nytta förväntas uppstå både i scenario 1 och scenario 2

Ett minskat beroende av dricksvatten från Norsborgs vattenverk kommer med tanke på dagens låga nivå på VA-taxan inte medföra några större kostnadsbesparingar för Botkyrka kommun. I ett framtidsscenario som innebär ökade risker kopplade till såväl dricksvattenförsörjningen som avloppshanteringen kan det dock förväntas att VA-taxan kommer att stiga. På längre sikt kan kommunens kostnader för inköp av dricksvatten alltså minska om Tullinge vattenverk tas i bruk igen. SVOA fastställde under 2018 att bruksavgifterna för 2019 behövde höjas med 2 procent till 4,08 kr/m³, vilket enligt bolagets egna bedömning utgör en kraftig avgiftsökning. Även under 2020 och 2021 väntas stora höjningar. Dessa höjningar är i linje med bolagets strävan efter fullständig kostnadstäckningsgrad.⁶ I vattenförsörjningsplanen för Stockholms län (Region Stockholm, 2018) beskrivs att stora investeringar behöver göras av Stockholmsregionens tre

⁶ SVOA (2018) "Taxa för vatten och avlopp 2019", 2018-05-14

stora vattenproducenter för att klara kapaciteten i framtiden. Att investeringsbehoven för Stockholmsregionens dricksvattenförsörjning i framtiden är stora påpekas även av Svenskt vatten (2017), som vidare påpekar att VA-taxan kan behöva fördubblas de kommande 20 åren. Som exempel nämns att Stockholm planerar att lägga ned Bromma reningsverk och istället bygga ut och om Henriksdals reningsverk till en kostnad av ca 6 miljarder kronor. Om SVOA:s prishöjningar är på 2 procent årligen även i framtiden, skulle det ta cirka 35 år för priset att fördubblas. Antagandet om en kontinuerlig årlig prishöjning på 2 procent kan således tolkas som en underskattning.

Tabell 3: Räkneexempel 1: Kostnadsbesparing VA-avgifter vid återöppnande av Tullinge vattenverk

	Berörda invånare	Genomsnittlig förbrukning per år	Referensscenario: Uppskattat pris m3	Scenario 1 & 2: Uppskattat pris m3	Uppskattad besparing (inkl. diskontering)
2020	40 000	305,5	4,16	4,12	498 576
2021	40 000	305,5	4,24	4,16	976 685
2022	40 000	305,5	4,33	4,20	1 434 970
2023	40 000	305,5	4,42	4,25	1 874 053
2024	40 000	305,5	4,50	4,29	2 294 541
2025	40 000	305,5	4,59	4,33	2 697 022
2026	40 000	305,5	4,69	4,37	3 082 068
2027	40 000	305,5	4,78	4,42	3 450 234
2028	40 000	305,5	4,88	4,46	3 802 061
2029	40 000	305,5	4,97	4,51	4 138 072
2030	40 000	305,5	5,07	4,55	4 458 776
2031	40 000	305,5	5,17	4,60	4 764 669
2032	40 000	305,5	5,28	4,64	5 056 230
2033	40 000	305,5	5,38	4,69	5 333 926
2034	40 000	305,5	5,49	4,74	5 598 210
2035	40 000	305,5	5,60	4,78	5 849 523
2036	40 000	305,5	5,71	4,83	6 088 291
2037	40 000	305,5	5,83	4,88	6 314 930
2038	40 000	305,5	5,94	4,93	6 529 842
2039	40 000	305,5	6,06	4,98	6 733 419
2040	40 000	305,5	6,18	5,03	6 926 040
Totalt					87 902 140

Källa: Antalet berörda invånare avser de som potentiellt kan få sitt dricksvatten från Tullinge vattenverk (Botkyrka kommuns vattenförsörjningsplan 2017). Genomsnitt förbrukning (kubikmeter) av vatten utgår ifrån riksnittet och är inhämtat från SCB. VA-taxan för 2019 om 4,08 kr per m3 är hämtad från SVOA. Vi använder en diskonteringsränta på 3,5 procent.

Vid ett antagande att SVOA:s VA-taxa stiger med 2 procent per år till år 2040 och att kostnaden för Tullinge vattenverk stiger med 1 procent till år 2040 skulle detta innebära en samlad kostnadsbesparing motsvarande ca 88 mnkr.

5.1.2 Eventuella kostnader för anläggning av ett nytt vattenverk

I nom ramen för rapporten bedöms inte om en anläggning av nytt vattenverk blir nödvändig på medellång- till lång sikt.

Ramboll kan inom ramen för denna rapport inte bedöma huruvida det blir nödvändigt att anlägga ett nytt vattenverk i Botkyrka kommun till följd av PFOS-föreningen i grundvattentäkten. För

närvarande existerar den infrastruktur som gör det möjligt för kommunens invånare att tillgodose vattenförsörjning genom Norsborgs vattenverk (Mälaren), och därtill är det möjligt att rena vattnet från Tullingeåsen med tillämpning av omvänd osmos. På längre sikt finns dock risken om begränsad möjlighet till vattenförsörjning från Mälaren för Botkyrkaborna, samt en risk att eskalerande PFAS-nivåer i Tullingeåsen försvarar reningen av vattnet till brukliga dricksvattennivåer. I rapporten "Regional vattenförsörjningsplan för Stockholms län" beskrivs också att Tullingesjön och Tullingeåsen är vattenresurser med hög regional prioritet. I rapporten beskrivs också att stockholmsregionen är en region där det är uppenbart att ökad kapacitet behövs för att möta det ökande vattenbehovet i länet. Vid detta eventuella inträffande följer att det av nödvändighet behöver anläggas ett nytt vattenverk i Botkyrka kommun. I till exempel Kristianstad och Uppsala har det beräknats vilka kostnadsbesparingar som varit möjliga att göra genom att förse kommunmedborgarna med dricksvatten från egen grundvattentäkt. Kostnaden för att ersätta grundvattentäkten Uppsalaåsen med ytvatten från Mälaren uppskattats till minst 3 miljarder kr (Uppsala kommun, 2015). Förklaringen till det stora beloppet är att omfattande investeringskostnader för vattenverk med ledningar är nödvändiga. På liknande sätt har grundvattenrådet Kristianstad (Göransson, 2008) räknat fram att ersättningskostnaden för grundvattentäkten på Kristianstadsslätten är 50–510 mnkr. Dessa kostnadsiffror är fingervisande för vilka typer av investeringskostnader som är nödvändiga vid anläggning av nya vattenverk och ny infrastruktur för vattendistribution. Inom ramen för rapporten görs dock inte bedömningen kring den eventuella förhöjda risken att behöva anlägga ett nytt vattenverk i Botkyrka kommun till följd av föroreningen som har uppstått. Därför beräknas inte heller den eventuella kostnadsbesparingen som kan uppstå.

5.1.3 Kostnadsbesparing vid minskat beroende av vatten från Norsborgs vattenverk till jordbruk, industri och Karolinska sjukhuset i Huddinge *Denna nytta förväntas uppstå både i scenario 1 och scenario 2*

Ett minskat beroende av vatten till jordbruk och industri från Norsborgs vattenverk skulle i dagsläget inte medföra någon kostnadsbesparing för Botkyrka kommun eftersom dessa användningsområden är så marginella. Denna typ av användningsområden kan komma att bli aktuella i framtiden och då skulle det innebära en kostnadsbesparing att kunna ta vatten från Tullinge vattenverk istället för Mälaren, se även resonemanget ovan. Göransson, (2008) har beräknat vad det är värt för jordbruk och industri att kunna använda vatten från grundvattentillgången i Kristianstad till bevattning med mera. Optionsvärdet och industrins användarvärde värderas genom att uppskatta vad kostnaden skulle ha varit om vattnet fick tas från annat håll, baserat på kommunalt kubikmeterpris. Optionsvärdet skattas till 90–120 mnkr och värdet för industrin till 7 mnkr. Det är möjligt att Karolinska sjukhuset i Huddinge, genom att åter få tillgång till Tullinge vattenverk som reservvatten, därigenom kan undvika kostnader. Detta är då en nytta jämfört med referensalternativet. Denna nytta har dock inte varit möjlig att monetarisera inom uppdraget.

5.1.4 Minskad risk vid ett eventuellt parasit/virus-utbrott i Mälaren *Denna nytta förväntas uppstå både i scenario 1 och scenario 2*

Klimatförändringar med översvämningar, skyfall och stigande havsnivåer ökar risken för översvämning av VA-system och att dricksvatten förorenas av parasiter/virus. I detta avsnitt analyseras ett scenario med parasit/virus-utbrott till följd av klimatförändringar men det är viktigt att komma ihåg att det även finns andra typer av risker i Mälaren och att samhällskostnaderna till följd av exempelvis ett oljeutsläpp skulle också kunna bli omfattande. Det finns många beräkningar gjorda kopplat till virus- och parasitutbrott från olika delar av Sverige och denna typ av händelse är även ett illustrativt och realistiskt exempel för Mälaren. Om Tullinge vattenverk tas

i bruk igen kommer det minskade beroendet av dricksvatten från Mälaren göra att det i händelse av ett parasit/virus/bakterie-utbrott i Mälaren kommer vara möjligt att undvika stora skadestånder i form av produktionsförluster, sjukfrånvaro, sjukvårdskostnader, oro, obehag osv. Mälaren är en sårbar ytvattentäkt med många olika hot och risker och olika nyttjanden (Botkyrka kommuns vattenförsörjningsplan, 2017). Det råder stor risk för översvämningar. I detta avsnitt diskuteras ett antal svenska episoder med förorenat dricksvatten och vilka samhällsekonomiska kostnader de medförde. Exempelen illustrerar vilka kostnader som skulle kunna undvikas i Botkyrka kommun om det finns andra alternativ till Norsborgs vattenverk.

Mellan 1998 och 2011 skedde 59 utbrott i Sveriges vattentäkter, motsvarande 4,2 utbrott per år. Totalt omkring 52 000 personer uppskattas ha exponerats mot dessa enligt Guzma-Herrador et al (2015⁷). Denna siffra är troligen en väsentlig underskattning av de faktiskt antal drabbade, vilket Söderqvist et al (2016) menar är vanligt. De flesta utbrotten orsakas av dricksvatten där grundvatten använts som råvatten. Störst antal personer har däremot smittats av dricksvatten från ytvattenverk. I drygt hälften av utbrotten angavs orsaken till utbrottet vara en förorening av råvattnet. Nedan presenteras några fall av vattenburna utbrott med betydande samhällspåverkan.

Utbrott av *Cryptosporidium* i Skellefteå och Östersund, 2010–2011

Vintern 2010/2011 inträffade ett omfattande vattenburet sjukdomsutbrott i Östersunds kommun, orsakat av parasiten *Cryptosporidium hominis*.⁸ Kort därefter, i april 2011, skedde ett ytterligare utbrott av parasiten. Denna gång i Skellefteå. Utbrotten i Östersund och Skellefteå är de första stora dricksvattenburna utbrotten med *Cryptosporidium* i Sverige. Vattenburna utbrott med parasiten har tidigare skett i ett antal europeiska länder samt i USA och Kanada (Lindberg et al, 2016). *Cryptosporidium* är ett urdjur som orsakar diarrésjukdom hos både människor och djur. Parasiten har lång överlevnad i miljön och är även tåliga mot klor i de doser som används vid dricksvattenberedning. I en analys av råvatten från större vattenverk mellan 2003 och 2008, visade 11,5 procent av proverna (totalt 200 prover) positiva utslag för *Cryptosporidium*. Dessa parasiter hittades vid minst ett tillfälle i samtliga undersökta råvatten.

I webbenkäter som genomfördes efter att utbrotten inträffat, uppgav 4 600 invånare i Skellefteå och 12 700 invånare i Östersund att de insjuknat. Denna siffra antas dock vara underskattad (Lindberg et al, 2016). I Skellefteå uppskattade Folkhälsomyndigheten att 20 000 personer smittats av parasiten.⁹ I Östersund uppskattas att utbrottet orsakade ca 27 000 sjukdomsfall. Detta motsvarar 45 % av de invånare som exponerats mot dricksvattnet. De samlade samhällskostnaderna för utbrottet har uppskattats till 220 mnkr.

Virusutbrott i Lilla Edet 2008

Hösten 2008 inträffade ett virusutbrott i Lilla Edet, som får sitt dricksvatten från Göta Älv. Orsaken till utbrottet tros vara kopplad till förorening av ytvattnet efter kraftiga regn. Det påvisades kolifager i dricksvattnet vilken kunde ses som en indikation på bristande barriärer mot virus. Minst 2 400 invånare uppges ha insjuknat.¹⁰

⁷ Guzma-Herrador, et al (2015) "Waterborne outbreaks in the Nordic Countries, 1998 to 2012". *Eurosurveillance*, Volume 20, Issue 24, 18/Jun/2015.

⁸ Lindberg, Anna. Lusua, Jens. Nevhage, Björn (2011) "Cryptosporidium i Östersund vintern 2011/2011: Konsekvenser av ett stort vattenburet sjukdomsutbrott". FOI/Livsmedelsverket, December 2011.

⁹ Folkhälsomyndigheten 2016: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar/vattenburen-smitta/exempel-pa-dricksvattenburna-utbrott-i-sverige/>

¹⁰ Folkhälsomyndigheten 2016

¹⁰ Ibid.

Campylobacter i Söderhamn 2002–2003

Vintern 2002–2003 inträffade två utbrott av magsjukdom i Söderhamn. Utbrotten kunde genom enkätstudier kopplas till det kommunala dricksvattnet som producerades av grundvatten. Ett av utbrotten kunde kopplas till Campylobacter eftersom detta agens (organism som orsakar smitta) påvisades hos sjuka personer.

I Livsmedelsverkets (2016) rapport **”Risken att bli magsjuk av dricksvatten – en svensk kohortstudie”**¹¹ uppskattas att 2,4 procent årligen drabbas av magsjuka genom dricksvattnet. Detta motsvarar 175 000 fall per år i Sverige eller att en person blir sjuk av dricksvatten i genomsnitt en gång vart 40:e år. I Livsmedelsverkets rapport påvisas ingen statistiskt signifikant skillnad beträffande utbrottsrisken för dricksvatten uttaget grundvatten jämfört med ytvatten. Särskilt stor risk för vattenburna utbrott uppges ske efter perioder med kraftigt regn. Vid många utbrott visar uppföljningar att antalet drabbade är större än det antal som först anmäls och registreras (Toljander et al 2016). I cirka 70 procent av utbrotten förblir agens (virus- eller bakterietyp) okänd.

Samhällskostnaden för dricksvattenburna är beroende på flera olika parametrar, t.ex. produktionsbortfall, obehag och sjukdomskostnader, men också påverkan på samhällsfunktioner. I en studie över betalningsviljan i Skellefteå kommun för att minska riskerna för mag- och tarmsjukdomar till följd av förorenat dricksvatten¹², påvisas att tillfrågade invånare i kommunen är villiga att betala 39 – 67 kronor per månad utöver nuvarande VA-avgifter för att med säkerhet slippa bli sjuka av dricksvattnet. I *Dricksvattenutredningens preliminära förslag till åtgärder för trygg och säker dricksvattenförsörjning* av Söderqvist et al (2016)¹³ föreslås att en realistisk skattning för skadekostnaden till 20 000 kr per insjuknad. Denna siffra inkluderar inte kostnader för eventuella leveransavbrott till följd av vattenburna utbrott och är troligtvis en underskattning.

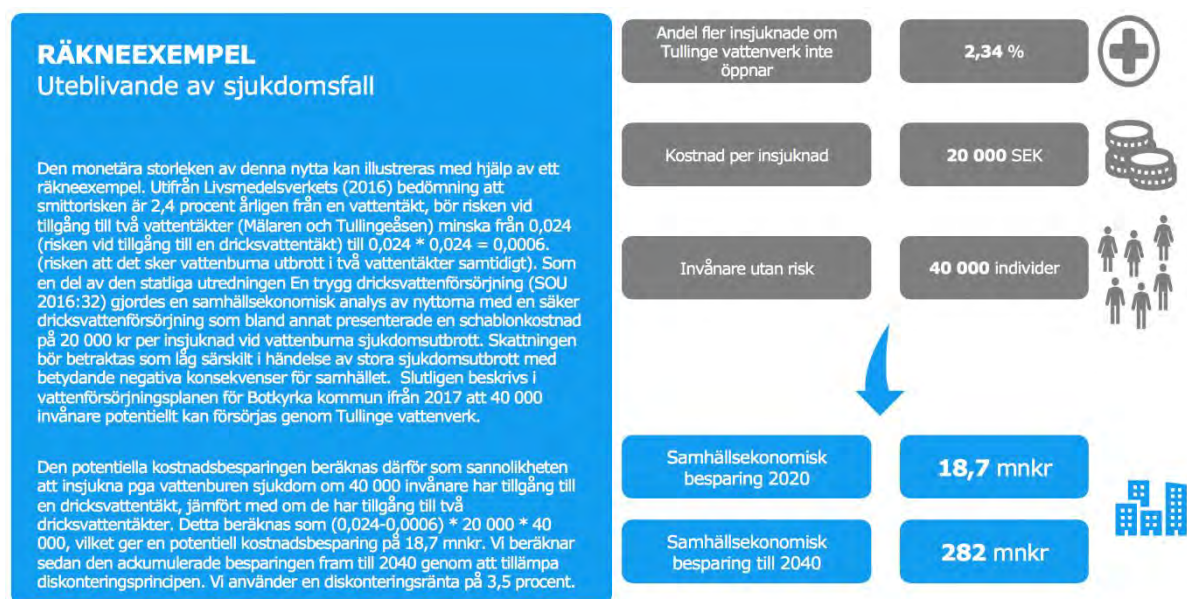
I räkneexemplet nedan visar vi vilka potentiella kostnadsbesparingar som kan uppstå om Tullinge vattenverk åter öppnar. Beräkningen görs utifrån hypotesen att det råder minskad risk att exponeras av vattenburna sjukdomar om invånarna har tillgång till dricksvatten från mer än en vattentäkt.

¹¹ Toljander, Joonas et al (2016) ”Risken att bli sjuk av dricksvatten – en svensk kohortstudie”, Livsmedelsverket, Rapport 15–2016.

¹² Johansson, Linda. Almgren, Linnea (2018) ”Betalningsvilja för att minska riskerna för mag- och tarmsjukdomar av förorenat dricksvatten i Skellefteå kommun”

¹³ Söderqvist et al (2016) ”Dricksvattenutredningens preliminära förslag till åtgärder för trygg och säker dricksvattenförsörjning”: Vilka är de samhällsekonomiska nyttorna och vad behövs för att dessa ska bli verklighet?”. Rapport 2016:13, Chalmers.

Figur 2: Räkneexempel 2: Kostnadsbesparingar vid öppnande av Tullinge vattenverk till följd av minskad risk för vattenburna utbrott



Källa: Schablonkostnad vid insjuknande från Söderqvist et al (2016), smittorisken via dricksvatten Livsmedelsverket (2016), antal invånare som potentiellt kan försörjas från Tullinge vattenverk från Botkyrka kommuns vattenförsörjningsplan (2017).

5.1.5 Positiva miljöeffekter vid minskat läckage av PFAS

Denna nytta förväntas uppstå till viss del i scenario 1 och i högre grad i scenario 2

PFAS-föreningen sprids via grundvattnet till Tullingesjön och sedan vidare till Albysjön och Mälaren. Tullingesjön är en relativt djup sjö med ett största uppmätt djup på 30 meter. Genom Flottsbrokanalen är Tullingesjön – via Albysjön – förbunden med Mälaren. I sjön lever insjöfiskar såsom gädda, abborre, gös, mört, braxen, sarv, löja. Det händer även att havsöring, ål och lake påträffas. Tullingesjön är ett populärt och välbesökt rekreationsområde vilket bland annat visar sig i aktiviteter såsom båt- och kanotliv, samt bad och fiske. Att minska spridningen av PFAS vid källan kommer innebära positiva miljöeffekter i form av minskad risk för ökade PFAS-halter i vattnet och i fisken Tullingesjön, Albysjön och Mälaren.

I NIRAS (2018) framgår att Tullingesjön enbart har provtagits vid ett tillfälle, år 2011. Summahalten av PFAS i vattnet var då 34,5 ng/l. De framtida PFAS-halterna i grundvattenåsen påverkas av vilken typ av åtgärd vid markföroreningsplatsen som genomförs. Vid övertäckning och öppning av vattenverket (scenario 1) kommer spridningen av PFAS från markföroreningen till grundvattnet att pågå under längre tid än under scenario 2, men spridningen av PFAS till Tullingesjön att begränsas som ett resultat av att pumparna vid vattenverket sätts igång. Då markföroreningen, alltså källan till grundvattenföroreningen, består vid detta scenario förhindras inte att PFAS fortsättningsvis ackumuleras i grundvattenåsen över en längre tid. Läckaget från markföroreningen ner i grundvattenåsen kommer därför att fortgå under en längre tid. Vid urgrävning av markföroreningen samt öppning av vattenverket (scenario 2) kan den fortsatta spridningen av PFAS till grundvattenåsen begränsas, då själva föroreningskällan avlägsnas. Detta resulterar i en lägre grad av framtida PFAS-ansamling i grundvattnet jämfört med både referensalternativet och scenario 1. Inget av åtgärdsalternativen innebär att PFAS-halterna i grundvattnet minskar från rådande nivå, men i båda scenario finns en begränsning i hur mycket PFAS som sprids genom åsen mot Tullingesjön i nordlig riktning. Till skillnad från åtgärdsscenario

1 har åtgärdsscenario 2 en inverkan på hur höga de framtida nivåerna av PFAS blir i grundvattenåsen. Med detta följer att spridningen av PFAS till närliggande sjöar och vattendrag, som Tullingesjön, Albysjön och Mälaren möjligen kan påverkas. Detta beroende på att markföroreningen avlägsnas.

Botkyrkabornas värdering av att slippa högre PFAS-halter i sjöar, vattendrag och fisk – halter som skulle göra hobbyfiskande oattraktivt och fisken oätbar, har inte studerats tidigare men det kan nämnas att en amerikansk studie (sammanfattad i NCM, 2019) skattade såväl förlorade fastighetsvärden till följd av PFAS och betalningsviljan för att återställa PFOS-förorenade ytvatten. Studien täckte in skador på grundvatten, ytvatten och reningskostnader. I grundvattenanalysen jämfördes huspriser i områden där grundvattnet var förorenat och användes till dricksvatten med icke-förorenade områden, se resultat av denna fastighetsvärdesanalys i avsnitt 5.1.7 nedan. I ytvattenstudien skattades betalningsviljan för att undvika fiske i PFOS-förorenade vatten till 19–45 USD (180–425 kr) per resa beroende på olika arters popularitet. Den totala förlusten för fritidsfiskare för perioden 2008–2040 skattades till 121 miljoner USD.

På SCB:s hemsida går att räkna fram att det totala antalet fiskedagar i svenska insjöar år 2017 var 8 355 000. Vi antar nu att Botkyrkaborna – utifrån sin befolkningensmängd - står för 1/100 del av dessa fiskedagar (83 550 besök) och att deras genomsnittliga betalningsvilja för att slippa PFAS i fisken är samma som i den amerikanska studien (180–425 kr/besök). Vidare antas att av det totala antalet fiskedagar som Botkyrkaborna gör i inlandsvatten sker 50 procent i Tullingesjön och Albysjön. Räknet på detta sätt skulle betalningsviljan för att undvika PFAS i fisken i Tullingesjön och Albysjön grovt uppskattas till 8–18 mnkr per år. Den samlade betalningsviljan fram till 2040 beräknas till 113–267 mnkr. Denna siffra tillämpas i scenario 2, som bedöms vara det scenario i vilket framtida PFAS-halter i störst mån begränsas. I beräkningen av den ackumulerade betalningsviljan använder vi en diskonteringsränta på 3,5 procent. Det måste betonas att detta räkneexempel bygger på antaganden som är osäkra. För scenario 1 använder vi en betalningsvilja på 57 – 134 mnkr. Detta motsvarar hälften av betalningsviljan i scenario 2. Att betalningsviljan är lägre i scenario 1 baseras huvudsakligen på att framtida PFAS-halter i grundvattenåsen och närliggande vattendrag inte begränsas i samma utsträckning som i scenario 2. Vidare bör en urgrävning ha en starkare *psykologisk* effekt bland människor än vad en övertäckning skapar, då den förorenade jordmassan de facto avlägsnas. En urgrävning av föroreningen kan potentiellt dämpa eventuell oro för att exponeras mot miljö- och hälsofarliga kemikalier, vilket bör tas i beaktande.

Det kan här även konstateras att i Bysjön och Getaren i Botkyrka har kraftigt förhöjda halter av PFAS i abborre påvisats. Dessa två sjöar bedöms ha påverkats genom sina geografiska positioner som avrinningsområden från det före detta flottiljområdet. Eftersom att föroreningen i Bysjön och Getaren har skett via dagvatten, och inte grundvattnet, ligger denna miljö- och samhällspåverkan utanför syftet med denna studie.

5.1.6 Positiva hälsoeffekter till följd av minskad exponering av PFAS

Denna nytta förväntas uppstå till viss del i scenario 1 och i högre grad i scenario 2

Människor exponeras för högfloreterande ämnen via luft, mat, vatten samt användning av produkter innehållande dessa ämnen. Högfloreterande ämnen har ett högt upptag genom mag-tarmkanalen, d.v.s. när de intas genom föda och dricksvatten, samt via inandning. PFAS lagras i kroppen men orsakar inga akuta hälsoproblem. Exponering under lång tid, till exempel till följd

kontinuerlig exponering mot kontaminerat dricksvatten, misstänks dock öka risken för påverkan på sköldkörteln, blodfetter och immunförsvaret (Naturvårdsverket, 2016).

Det finns idag inga rättsligt bindande gränsvärden för PFAS i dricksvatten, men enligt Livsmedelsverkets föreskrifter får dricksvatten inte innehålla ämnen i sådana halter att de kan utgöra en risk för människors hälsa (Livsmedelsverket, 2018). Åtgärdsgränsen för PFAS-ämnen i dricksvatten är idag satt till 90 ng/l. PFOS är det enda högfluorerade ämne som idag är förbjudet. Det är känt att ämnet ackumuleras i blodet, levern och njurarna. Enligt det amerikanska miljödepartementet EPA (2016) har PFOS en halveringstid mellan 4,1 och 8,67 år i människor. I en departementsrapport uppges att det har påvisats kopplingar mellan PFOS-exponering och försämrad reproduktiv hälsa bland kvinnor. Vidare finns effekter kopplade till minskad födelsevikt, förhöjda kolesterolvärden samt ökad risk för olika cancertyper så som prostatacancer och tarmcancer. Sammantaget bedöms hälsoeffekterna av PFOS-exponering som allvarliga.

Vid scenario 1 förväntas en viss begränsning i människors potentiella exponering mot PFOS kunna uppstå, jämfört med referensalternativet. Detta till följd av att övertäckningen skyddar mot direktkontakt med förorenad mark vid platsen där markföroreningen ligger, samt att aktiva pumpar vid vattenverket begränsar spridningen av PFAS i nordlig riktning genom grundvattenåsen. Vidare förväntas övertäckningen minska läckaget av PFOS via dagvattnet, mot ytvattenrecipienterna Getaren och Bysjön i söder. En övertäckning av det förorenade markområdet förhindrar dock inte fortsatt läckage av PFOS till grundvattnet i Tullingeåsen. För att tillflödet av PFAS från det förorenade markområdet till grundvattentäkten ska strypas, och därmed begränsa halterna av PFAS i grundvattentäkten såväl som i andra närliggande vattendrag, krävs alltså att markföroreningen schaktas bort. Men då PFAS redan finns som plym i grundvattnet till följd av det läckage från markföroreningen som redan har inträffat, skulle även reningsåtgärder i grundvattentäkten krävas för att kraftigt få ner PFAS-halten i Tullingeåsen.

5.1.7 Ökade rekreativsvärden

Denna nytta förväntas till viss del uppstå i scenario 1 och i högre grad i scenario 2

Ökade rekreativsvärden förväntas uppstå kring de vattendrag som ligger i anslutning till grundvattenåsen (se diskussionen i avsnitt 5.1.5 ovan) men även på platsen för det förorenade området. Rikstens Friluftstad, där det förorenade området ligger, marknadsförs idag med betoning på närheten till natur och friluftsliv. Stadsdelen är omgiven av ett område utpekat som riksintresse för friluftslivet. I väster ligger Lida naturreservat med Lida friluftsgård som är mycket välbesökt och i öster Flemingsbergsskogens naturreservat. Strax till väster om det förorenade området ligger det som kallas för Rikstensfältet, ett öppet landskap där natur, park och aktivitet förenas. I parkplanen för Rikstens Friluftstad (2017) framställs fältet som en stor öppen yta vars rymd även i framtiden bör skyddas. I parkplanen för Riksten diskuteras vikten att ta tillvara på siktlinjer för det som är Rikstensfältet, då en del av fältet ska kunna användas som evenemangsyta som kan användas för både idrottsliga och kulturella evenemang. Två av de tre siktlinjerna som bedöms som viktiga i parkplanen går över området vid den föreslagna övertäckningen. En övertäckning med viss höjdskillnad från den intilliggande marken skulle således begränsa dessa siktlinjer. Strax väster om det förorenade området, vid dagvattendammarna, finns i parkplanen även ett föreslaget gångstråk.

5.1.8 Minskat stigma kring det förorenade området och vattentäkten

Denna nytta förväntas inte uppstå i scenario 1 men däremot i scenario 2

Det är känt att en form av stigma kan uppstå kopplat till förorenade områden som gör att människor undviker denna typ av platser under en lång tid, även efter att de har efterbehandlats. Det kan för en exploatör av ett tidigare förorenat område vara klokt att ta hänsyn till att det kan finnas osäkerheter och risker med att hyra ut lokaler om det finns ett stigma kopplat till ett område. Dessutom måste exploatören också ta med i beräkningarna att det kan finnas osäkerheter och risker med att hyra ut lokaler om det finns ett stigma kopplat till ett område som tidigare var förorenat (Naturvårdsverket, 2008).

Det åtgärdsalternativ som föreslås i scenario 2 innebär att PFAS kommer att försvinna från marken efter genomförd efterbehandling och att risken för framtida spridning därmed kommer att elimineras/kraftigt minska. Det faktum att föroreningen tas bort kan göra att människors oro för att exponeras för PFAS kraftigt minskar efter slutförandet av åtgärden och att stigmat också försvagas. Detta kan då potentiellt möjliggöra fler användningsområden av platsen än idag.

I området vid och omkring föroreningen finns flera detaljplaner för bostadsbyggande och i Rikstens Friluftsstad finns även nybyggda bostäder. De boende i området har kontinuerligt informerats om föroreningen och bör alltså ha rimligt god kännedom att den existerar. En studie från USA (se även avsnitt 5.1.4 ovan) visar att i områden där grundvattentäkter blivit förorenade med PFAS har huspriserna minskat med 7,3 procent för fastigheter i de mest förorenade områdena och 4,3 procent i mindre förorenade områden (NCM, 2019). Det är inte orimligt att samma typ av påverkan på fastighetspriser kan finnas även i Sverige. Detta diskuteras vidare nedan.

5.1.9 Ökat markvärde på det förorenade området

Denna nytta förväntas inte uppstå i scenario 1 men däremot i scenario 2

Analysen av markvärdet på och i anslutning till det förorenade området är i hög grad baserad på intervjun med PEAB och vilka bedömningar de gör om påverkan på markvärdena. Bedömningen är att endast scenario 2 kommer att ge ett ökat markvärde för det förorenade området.

I juli 2004 förvärvade PEAB den gamla flygflottillen F18 i Tullinge av det statligt ägda fastighetsbolaget Vasallen. Köpeskillingen uppgick vid tillfället till 80 mnkr för ett område som omfattar 370 HA. PEAB meddelade vid köptillfället en förväntad direktavkastning på 9 procent för exploateringen av området.¹⁴ Samtidigt vid köptillfället meddelades att de inom de närmaste 10–15 åren planerade för att bygga 2 500 bostäder i området, fördelat över 13 etapper. Efter ett beslut av Samhällsbyggnadsnämnden i Botkyrka kommun ändrades dock exploateringsgraden i Rikstens Friluftsstad från 2 500 till 3 500 bostäder. Antalet detaljplaner ändrades i samband med beslutet från 13 till 9 stycken. De tre första etapperna har fram till idag slutförts. Detta har resulterat i bygget av 800 bostäder samt studentbostäder, matbutik, äldreboende, förskola om skola. Stadsdelen förväntas att stå klar 2032 med ca 3 500 bostäder och ca 1000 arbetsplatser.

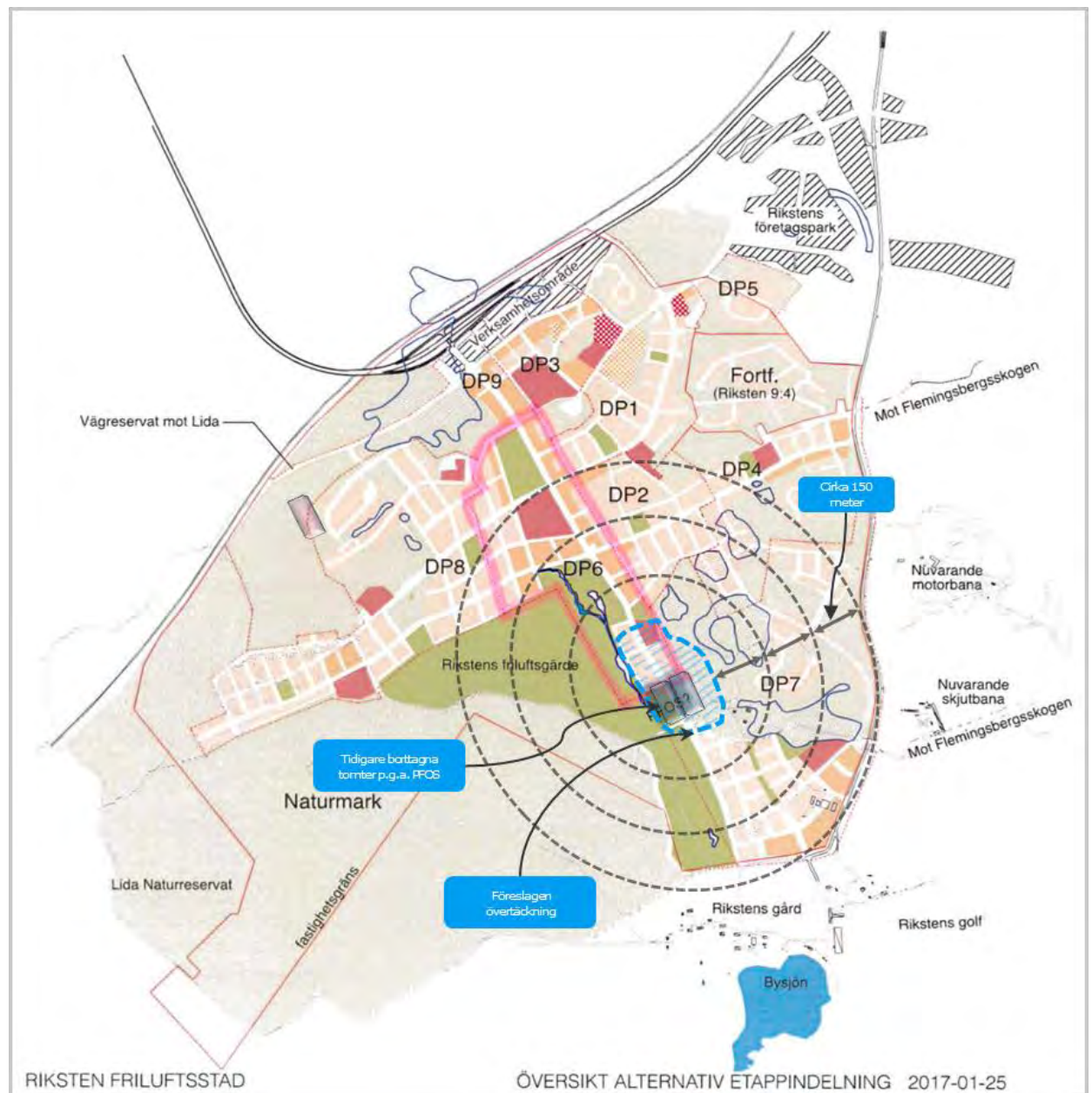
Markföroreningen är belägen på det som idag är den preliminära utformningen av detaljplan 6 för Rikstens Friluftsstad.¹⁵ Delar av den preliminära detaljplan 7 påverkas också direkt av föroreningen. I den senast presenterade utformningen av detaljplan 6 inryms 23 tomter på vilka 748 bostäder med varierande boendeformer kan byggas. Färdigställandet av detaljplanen bildar

¹⁴ PEAB (2004) Pressmeddelande: "PEAB förvärvar F18 i Tullinge" <https://news.cision.com/se/peab/r/peab-forvarvar-f18-i-tullinge.c109170>

¹⁵ Ramavtal Rikstens Friluftsstad, Botkyrka kommun 2017-06-02

en tät bebyggelse i de centrala delarna av stadsdelen samt möjlighet till kommersiella lokaler, förskola, skola, friluftsanläggningar samt parker. Detaljplanen inrymmer även tre dagvattendammar i planens sydvästra delar. I ramavtalet från 2017 mellan Rikstens Friluftsstad AB (dotterbolag till PEAB) och Botkyrka kommun framkommer att två tomter har tagits bort från detaljplan 6 till följd av markföroreningen orsakad av PFOS. Var dessa två tomter tidigare var belägna illustreras i Figur 3. Utbredningen av det förorenade markområdet har i samtliga tidigare planläggningar underskattats. I Figur 3 illustreras omfattningen av övertäckningen utifrån senaste förslaget. Utöver de två tomter som funnits med i tidigare planskisser för detaljplan 6, men som för det senaste planförslaget alltså plockats bort, påverkas ytterligare tre tomter direkt av övertäckningen. Två av dessa finns i detaljplan 6, och en i detaljplan 7.

Figur 3: Detaljplan, Riksten friluftsstad, 2017-01-25 med illustration av Ramboll



Utifrån det senaste planförslaget för detaljplan 6 och det senaste förslaget beträffande övertäckningens omfattning gör vi beräkningar för hur markvärdet kan påverkas vid olika scenarion. I ett scenario låter vi två tomter påverkas av den tilltänkta övertäckningen (lågt scenario). I ett annat låter vi fem tomter påverkas av övertäckningen, vilket vi bedömer som mer troligt. Dessa två scenarion jämförs sedan med fallet då schaktning och igentäckning av det förorenade området sker. I detta fall utgår vi ifrån att området där markföreningen ligger kan bebyggas. Våra beräkningar finns sammanställda i Tabell 4 och Tabell 5.

Tabell 4: Ingångsvärden för markvärdesberäkning

	Referensscenario och scenario 1		Scenario 2
Ingångsvärde	Hög påverkan (5 tomter)	Låg påverkan (2 tomter)	Ingen påverkan
Byggekostnad, kr / m ²	25 915	25 915	25 915
Förväntad direktavkastning (%)	9%	9%	9%
Antal byggbara tomter	20	23	25
Antal bostäder per tomt	33	33	33
Genomsnittlig bostadsstorlek (m ²)	55	55	55

Källa: För ingångsvärden som används i markvärdesberäkningen använder vi PEAB:s egenrapporterade förväntade direktavkastning för exploateringen av Rikstens Friluftsstad (PEAB, 2004), genomsnittliga byggekostnader för 2017 från SCB (SCB, 2018), köpeskillingen från 2004 (SvD, 2004) samt uppskattningar beträffande antalet bostäder som kan upplåtas per tomt utifrån antal bostäder som avser byggas på detaljplan 6 dividerat med antal tomter på samma detaljplan.

Vid hög påverkan (fem tomter) uppskattar vi att det förlorade markvärdet kan uppgå till cirka 21 mnkr. Detta i jämförelse med om marken istället kan bebyggas (scenario 2). Vid låg påverkan (två tomter) uppskattar vi det förlorade markvärdet till mer än cirka 8 mnkr.¹⁶ I dessa beräkningar har vi inte tagit hänsyn till förlorade intäkter som uppkommit till följd av att exploateringen av området försenats på grund av markföreningen som upptäcktes 2011.

I beräkningen presenterad i Tabell 5 tar vi också hänsyn till förlorade intäkter som uppkommit till följd av förseningar i exploateringen av den del av Rikstens Friluftsstad som påverkats av föreningen. Utifrån ett antagande att exploateringen försenats med fem år, tar vi hänsyn till den uteblivna inkomsten som annars hade förväntats inträffa under dessa fem år. För detta använder vi PEAB:s egenrapporterade förväntade direktavkastning på 9 procent.¹⁷ Genom att ta hänsyn till detta uppskattar vi att det förlorade markvärdet istället uppgår till cirka 10 mnkr vid scenariot om låg påverkan (två tomter) och cirka 25 mnkr vid scenariot om hög påverkan (fem tomter). Dessa siffror är framtagna genom att jämföra det uppskattade markvärdet om det inte råder några restriktioner för att exploatering (104 mnkr), med markvärdet vid låg påverkan (94 mnkr) respektive markvärdet vid hög påverkan (79 mnkr).

¹⁶ Siffrorna för uppskattning av förlorat markvärde utgår ifrån markvärdet vid scenario 2. Mellanskillnaden mellan detta markvärde (87 miljoner kronor) och markvärdet som uppskattas vid låg respektive hög påverkan representerar alltså det uppskattade förlorade markvärdet.

¹⁷ Beräkningen görs enligt följande princip. *Samlat värde av markvärde och uteblivna intäkter från exploatering under fem år = Markvärde + $\sum_{t=1}^5 [(1.09^t * \text{Markvärde}) - \text{Markvärde}]$*

Tabell 5: Beräkning av markvärde vid olika scenarion

	Referensscenario och scenario 1		Scenario 2
	Hög påverkan (5 tomter)	Låg påverkan (2 tomter)	Ingen påverkan
Total byggkostnad (mnkr), varav:	944	1 083	1 176
Inköpskostnad detaljplan 6	17	17	17
Byggkostnad	927	1 066	1 159
Intäkter från försäljning (mnkr)	1 011	1 162	1 263
Uppskattat markvärde (mnkr)	66	79	87
Justerat för fem års försening av exploateringen (mnkr)	79	94	104

Notering: Markvärdet beräknas som skillnaden mellan utgifter (byggkostnad och inköpskostnad av mark) minus förväntade intäkter.

5.1.9.1 Marknadsvärde för den närliggande marken

Det är möjligt att PFAS-föreningen också påverkar närliggande fastigheters marknadsvärde. Det är fallet om människor upplever att det är något negativt att ha föreningen i närheten av sitt boende. Ramboll har inom ramen för denna studie inte haft möjlighet att kartlägga människors vetskap om föreningen och dess inställning till att bo i närheten av den. Det är möjligt att föreningen upplevs som något negativt även om det inte finns några direkta hälsoeffekter av att bo i närheten av den. Det är därför svårt att uppskatta skillnaden mellan scenario 1 och 2 när det kommer till närboendes upplevelse av platsen. Det är möjligt att en övertäckning skulle bidra till ökat stigma och ökad upplevelse av naturförstörelse. Effekten på bostadspriser av att bo bredvid något som upplevs som negativt har analyserats i tidigare studier. Något negativt kan t.ex. vara en motor- eller järnväg, industri, reningsverk o.s.v. vilket illustreras med några exempel i tabell nedan. Ett av exemplen baseras på studier där närhet till soptippar analyserats. I det fallet var närhet till soptippen förknippat med risk för föroreningar i grundvattnet. Det finns också studier som fokuserar på den upplevda risken. Den upplevda risken har bl.a. analyserats av McClelland, Schulze och Hurd (1990) där det fastslogs att upplevd risk kopplat till en soptipp i ens boendeområde hade en signifikant effekt på bostadspriserna för den gruppen.

Tabell 6: Exempel på negativa effekter på huspriser från hedoniska prissättningsmodeller

Skattad effekt	Källa	Länk
Ökning av avstånd till närmsta motor- eller järnväg med 1km: 600 SEK/kvm	Spacescape och Evidens (2016)	https://www.framtiden.se/wp-content/uploads/2017/02/Vardeskapan-de-stadsutveckling-Rapport-161206_mail1.pdf
10%-18% värdeminskning inom 1km från luktemissionen. 2%-5% prisminskning 1-2,5 km från luktemissionen.	Thörnblad., J (2010), Examensarbete, Lunds universitet	http://www.lantm.lth.se/fileadmin/fastighetsvetenskap/utbildning/Examensarbete/10_5207_Jacob_Thoer_nblad.pdf
Genomsnittlig effekt (värdeminskning) på bostadspriser av att vara inom 1,6 km (1 mile) från soptipp (från vilka de boende visste att giftiga ämnen kan ha nått grundvattnet): Kohlhase (Texas): 16,2% Smolen (Ohio): 14,2% Reichert (Ohio): 7,6% Miller (Ohio): 12%	A., Reichert The Appraisal Journal, October 1997	https://www.rosemonteis.us/files/references/reichert-1997.pdf

I nedanstående räkneexempel använder vi oss av schablonvärden från beräkning ovan där värde av mark som inte kan exploateras användes. Marknadsvärdet till en tomt skattas till ca 50 mnkr. Detta värde används för vidare beräkning nedan.

Tabell 7: Ingångsvärden för beräkning av marknadsvärde per tomt, Riksten

Del	Värde
Antal bostäder per tomt	33
Genomsnitt storlek per bostad	55
Genomsnitt pris/kvm	28 247
Genomsnitt pris per bostad	1 553 604
Genomsnitt värde/tomt	50 525 912

Nedan har vi tagit fram Räkneexempel 3 i vilket vi antar att bostädernas marknadspris påverkas negativt av den inhängande föreningen. Vi har antagit att påverkan är större på de tomter som ligger närmst (3 procent minskning för bostäder inom 150 meter) och lägre för de som ligger längre ifrån den inhängande föreningen. Då vi inte funnit värden från tidigare studier där undersökningsobjektet liknar det i denna studie (samt mycket osäkerhet kring exakt vad det är) ska de värden som presenteras nedan enbart ses som en exempelberäkning. Baserat på våra antaganden minskar marknadsvärdet av bostäder runt föreningen med närmare 34 mnkr som kan undvikas om markföreningen schaktas bort.¹⁸

Tabell 8: Räkneexempel 3: Uppskattad värdeminskning på bostäder indirekt påverkade av markföreningen vid övertäckning och/eller inhägnad

Distans från PFOS-område	Cirka antal tomter	Värdeminskning	SEK
>150m	4	3%	6 063 109
150m - 300m	15	2%	15 157 774
300m-450m	25	1%	12 631 478

5.1.10 Minskat behov av kommunala informationsinsatser, provtagningar och konsultutredningar

Denna nytta förväntas uppstå till viss del i scenario 1 och i högre grad i scenario 2

Scenario 1 och scenario 2 skulle jämfört med referensalternativet – i olika hög grad - betyda ett minskat behov av kommunala insatser med koppling till PFAS-föreningen. Enligt uppgift från kommunen har invånarna i Rikstens Friluftsstad blivit regelbundet informerade om föreningen. Dessutom kan det förväntas att behovet av provtagningar och konsultutredningar kommer att minska och innebära ytterligare kostnadsminskningar. Kommunens kostnader för dessa insatser har inte varit möjligt att bedöma inom ramen för uppdraget men utgör en nytta om den kan undvikas i framtiden. För att få en uppskattning kring kostnadsnivån för dessa typer av insatser beskrivs i Söderqvist m.fl. (2016) hur Kallinge i Ronneby år 2016 erhöll 10 mnkr av Försvarsmakten för att täcka följande typer av kostnader till följd av PFAS-förorenat dricksvatten:

- Arbetstid som kommunalanställda har lagt på föroreningsfrågan
- Provtagning av dricksvattnet
- Konsultkostnader

¹⁸ Denna räknas som summan av den uppskattade värdeminskningen för alla bostäder inom en radie om 450 meter från det förorenade området, dvs 6 963 109 + 15 157 774 + 12 631 478 = 33 852 361 kr.

I siffran inräknades dessutom kostnader för ersättning av kol i vattenverkets kolfilter. Uppskattningen för Kallinge ger en fingervisning om vilken storleksordning som dessa kostnader kan röra sig om även för Botkyrka kommun, och vilken besparing som kan göras om dessa återkommande kostnader kan undvikas. Ett antagande görs att Botkyrka skulle kunna spara 10 mnkr i scenario 2 och 5 mnkr i scenario 1 genom att undvika kostnadsposterna ovan.

5.2 Samhällsekonomiska kostnader av scenario 1 och 2

Detta avsnitt presenterar de kostnader som identifierats inom ramen för uppdraget. Investerings- och driftskostnader för att ta vattenverket i bruk kan antas vara desamma för scenario 1 och scenario 2. Kostnaderna för de olika efterbehandlingsalternativ som scenarierna innebär skiljer sig dock kraftigt åt.

5.2.1 Investerings- och driftskostnader för att ta vattenverket i bruk

De initiala investeringskostnaderna förväntas vara desamma för bägge scenarierna eftersom att föroreningen av grundvattentäkten inte kommer att förändras på kort sikt. I ett längre tidsperspektiv kan driftskostnader skilja för olika scenarier i takt med att PFOS-halterna i grundvattensystemet börjar sjunka. För referensalternativet bör grundvattentäkten utsättas för ökad förorening till följd av att tillförseln av PFAS från källan kan förväntas öka.

Tyréns (2019)¹⁹ har analyserat och uppskattat investerings- och driftskostnader för två typer av reningstekniker: GAK (granulärt aktivt kol) och membranfiltrering/omvänd osmos. Investerings- och driftskostnader för GAK givet ett riktvärde för PFAS på 90 respektive 45 ng/l samt membranfiltrering/omvänd osmos givet ett riktvärde på 8 ng/l, presenteras i tabell 9 och tabell 10 nedan (baserat på Tyréns, 2019).

Tabell 9: Investeringskostnad (kr), GAK (90 ng/l och 45 ng/l) samt omvänd osmos (8 ng/l)

Investeringskostnad	1-4 bassänger (GAK, 90 ng/l)	1-6 bassänger (GAK, 45 ng/l)	Omvänd osmos (8 ng/l)	Felmarginal
Total anläggningskostnad	15 780 000 - 24 780 000			± 17%
Total anläggningskostnad		7 931 000 - 30 270 000		± 17%
Total anläggningskostnad			30 415 000	± 20%

Tabell 10: Driftskostnad (kr), GAK (90 ng/l och 45 ng/l) samt omvänd osmos (8 ng/l)

Driftskostnad	För M ³ dricksvatten/h	Felmarginal
GAK (90 ng/l)	1,00	± 15%
GAK (45 ng/l)	2,4	± 15%
Omvänd osmos (8 ng/l)	1,3	± 15%

Ramboll har i samråd med Botkyrka kommun valt att i denna beräkning utgå från värden för omvänd osmos. Kostnaden fram till och med år 2040 uppgår till 239 mnkr och avser, som beskrivet ovan, både scenario 1 och scenario 2 (Tabell 11).

¹⁹ Studien har inte färdigställd och har således inte presenterats. Vi har utgått från siffror tillhandahållna av Tyréns 03/06/2019

Tabell 11: Uppskattad investeringskostnad år 2020 och ackumulerad driftskostnad till år 2040, omvänd osmos (8 ng/l)

	Berörda invånare	Genomsnittlig förbrukning per år	Pris / m ³	Kostnad
Kostnad 2020	40 000	305,5	1,30 kr	15 886 000
Totalkostnad 2040 (inkl. diskontering)				239 092 729

5.2.2 Negativa miljö- och hälsoeffekter för att ta vattenverket i bruk

När vattenverket åter tas i bruk kan detta medföra en viss ökning av buller, luftutsläpp och avfall vid platsen för verket, bl.a. till följd av ökade transporter till och från platsen. Denna typ av negativa konsekvenser för miljö och hälsa kan värderas ekonomiskt, till exempel med hjälp av Trafikverkets ASEK-värden som brukar användas för samhällsekonomiska kalkyler på trafikområdet (Trafikverket, 2018). Det finns ett antal fastigheter inom ca 200 meter från vattenverket men de negativa konsekvenserna av buller, luftutsläpp och avfall bedöms vara försumbara och värderas därför inte. Den näraliggande Huddingevägen (väg 226) är sannolikt betydligt mer störande när det kommer till buller och luftutsläpp.

5.2.3 Åtgärdskostnader för efterbehandlingsalternativ barriärteknik/inneslutning/övertäckning

NIRAS (2018) uppskattar kostnaden för övertäckning med tätskikt till 2,5 – 4,5 mnkr. För att maximera effekten av efterbehandlingen skulle övertäckningen behöva inkludera hela området kring den före detta huvudbrand- och napalmövningsplatsen, totalt cirka 15 000 kvadratmeter. Utöver kostnaden för övertäckning skulle kostnader för projektering av ytavrinning och omhändertagande och avledning av vatten tillkomma samt ett kontrollprogram för att undersöka åtgärdens effekt. I juni 2019 presenterade Försvarsmakten (2019) nya kostnadsberäkningar för övertäckning som åtgärd. **I rapporten finns skrivs att " Mycket grovt kan dock entreprenadkostnaden komma att uppskattas till kostnadsintervallet 15-20 Mkr." (sid. 17)** Därtill nämns i rapporten att kostnader för projektering och utförandekontroll tillkommer, vilka vanligtvis brukar uppgår till ca. 10-15 procent av entreprenadkostnaden. Ramboll har inom ramen för detta projekt inte kunnat granska de nyinkomna kostnadsberäkningarna från Försvarsmakten.

5.2.4 Negativa miljö- och hälsoeffekter av efterbehandlingsalternativ barriärteknik/inneslutning/övertäckning

Denna efterbehandlingsåtgärd skulle innebära relativt små negativa effekter på miljö och hälsa i termer av buller, utsläpp av koldioxid, kväveoxider och partiklar eftersom att åtgärden sker på plats och inte kommer innebära omfattande transporter av förorenade massor. Med tanke på det begränsade behovet av lastbilstransporter till och från det förorenade området bedöms även risken för olyckor vara mycket liten.

Åtgärdsalternativet innebär att PFAS fortfarande kommer att finnas kvar i marken efter genomförd efterbehandling och att en kontinuerlig spridning av PFAS ner i Tullingeåsen alltså kommer att fortgå även efter åtgärden. Det faktum att föroeningen inte tas bort kan innebära att människors oro för att exponeras för PFAS inte försvinner efter att åtgärden har genomförts. Tvärtom kan ett staket – eller annan form av inhägnad – göra det uppenbart för människor att det finns en föroening på området, vilket är något som kan spå på deras oro. En inhägnad kulle kan även uppfattas som en förfulning av miljön för närboende.

5.2.5 Åtgärdskostnader för efterbehandlingsalternativ urgrävning och förbränning

NIRAS (2018) uppskattar att kostnaden är 160 mnkr för att med hjälp av högtemperaturförbränning efterbehandla den övre omättade zonen (0–5 m) i det förorenade

området. Beräkningen baseras på enhetspriset för mottagande och förbränning vid den enda anläggning som finns i Sverige idag - Fortum Waste Solutions AB (f.d. EcoKem och f.d. SAKAB) i Kumla, ca 200 km väster om Tullinge. Detta enhetspris är i storleksordningen 4 000 kr/ton jord (6 500 kr/m³). Även för detta åtgärdsinitiativ har Försvarsmakten (2019) presenterat nya kostnadsberäkningar. För urgrävning i kombination med deponi uppges en total kostnad på 250 mnkr och för urgrävning i kombination med högtemperaturförbränning uppges en total kostnad på 750 mnkr. I båda dessa beräkningar bedöms kostnaden för uppgrävning, transport och återläggning av rena massor uppgå till 1 000 kr/ton. För alternativet högtemperaturförbränning tillkommer kostnader på ytterligare 5 000 kr/ton och för alternativet deponi, kostnader på ytterligare 1 000 kr/ton. Ramboll har inom ramen för detta projekt inte haft möjlighet att granska de nyinkomna kostnadsberäkningarna från Försvarsmakten.

5.2.6 Negativa miljö- och hälsoeffekter av efterbehandlingsalternativ urgrävning och förbränning

Denna efterbehandlingsåtgärd skulle jämfört med scenario 1 innebära större negativa effekter på miljön i termer av buller, utsläpp av koldioxid, kväveoxider och partiklar eftersom att åtgärden kommer att innebära omfattande transporter av mycket förorenade massor. Med tanke på det förväntat stora behovet av lastbilstransporter till och från det förorenade området bedöms det även finnas en viss risk ökad risk för olyckor jämfört med referensalternativet. Det har inom ramarna för uppdraget inte varit möjligt att bedöma omfattningen av framtida lastbilstransporter och vilka effekter detta skulle ge men det kan åtminstone konstateras att de negativa effekterna av detta efterbehandlingsalternativ skulle vara större än om en övertäckning istället görs i enlighet med scenario 1.

6. SLUTSATSER OCH DISKUSSION

Syftet med denna studie har varit att analysera de samhällsekonomiska konsekvenserna (kostnader och nyttor) av att grundvattentäkten i Tullinge tas i bruk igen och det förorenade området på före detta F18 flygflottilj i Tullinge efterbehandlas. Den långsiktiga nyttan med att åter kunna använda vattentäkten hänger samman med vilken typ av efterbehandling som sker och efterbehandlingen i sig själv leder också till viktiga samhällsnyttor.

Den mest övergripande samhällsnyttan och skälet till att öppna vattentäkten igen är en säkrare och mer redundant dricksvattenförsörjning för kommunen och regionen. Det faktum att Botkyrka idag saknar en reservvattentäkt inom kommunens geografiska gräns utgör en risk. Om något händer den ordinarie vattentäkten, exempelvis ett utbrott av virus, parasiter eller bakterier, är det av stor betydelse att snabbt kunna utnyttja en annan dricksvattenkälla. Tullinge vattentäkt har i Stockholms regionala vattenförsörjningsplan pekats ut som en resurs med hög prioritet. På lång sikt kan en ny vattenanläggning behöva anläggas om Tullinge vattenverk inta tas i drift igen vilket skulle leda till kostnader uppskattat till mellan 0,5 till 3 miljarder. Ramboll har inom ramen för denna studie inte kunnat bedöma huruvida detta blir en nödvändighet på lång sikt och har således inte inkluderat denna i kostnadssammanställningarna. Dock bedöms scenariot vara en möjlig konsekvens av att Tullinge vattenverk förblir stängt.

Kostnaderna för att öppna vattenverket i Tullinge och efterbehandla det förorenade området är höga men måste vägas mot den betydande samhällsnyttan av att kunna undvika framtida skadeposter i en situation då ingen reservvattentäkt finns att tillgå, att minska stigmat kring det förorenade området, stärka rekreations- och markvärden, minska de hälsorelaterade riskerna som kan förknippas med PFAS, m.m. En grundvattentäkt ger upphov till en rad samhällsnyttor som tillsammans ger en bild av vattentäktens totala värde. Däremot har vattentäkten inget direkt marknadspris – en **”prislapp”** – som skulle göra det enkelt att värdera den ekonomiskt. För att ge en så god bild som möjligt av vattentäktens värde är det därför nödvändigt att kvalitativt identifiera vilka alla dessa delnyttor är, och sedan så långt det är möjligt värdera dem i kronor. Som konstaterats finns i denna studie – precis som i de flesta samhällsekonomiska studier av detta slag – nytto- och kostnadsposter som inte är möjliga att uttrycka monetärt, bl.a. på grund av databrist, att ekologiska samband är alltför komplexa m.m.

I denna studie beräknas nyttorna överstiga kostnaderna både i scenario 1 och scenario 2. Man ska komma ihåg att värdena i tabellen nedan baseras på skattningar som har osäkerhet förknippat med sig i olika utsträckning.

Monetariserade kostnader och nyttor som uppstår fram till år 2040 för scenario 1 och 2 jämfört med referensalternativet, mnkr.

	Scenario 1	Scenario 2
Totala nyttor	429	537
Totala kostnader	272–274	429
Nettonytta	160–162	108

Notering: I tabellen inkluderas ej eventuell nytta förknippad med att inte behöva etablera ett nytt vattenverk. Kostnaden för att etablera ett nytt vattenverk är uppskattad till mellan 0,5 till 3 mdkr vilket således som minst skulle fördubbla nivåerna på nyttorna.

Osäkerheterna hänger samman med antaganden avseende exempelvis betalningsviljan för fiske, husprisens påverkan, sannolikheten för att ett virus eller parasitutbrott ska ske, m.m. Genomgående beskrivs i rapporten osäkerheterna i de antagande som görs. Det finns exempelvis stora osäkerheter kopplat till husprisens påverkan kopplat till de olika alternativen. Dels så är det svårt att bedöma skillnaden mellan referensalternativet och scenario 2, dels är det svårt att

bedöma scenario 1 i förhållande till scenario 2 och referensalternativet. Vi beskriver i rapporten att det i stor utsträckning handlar om hur de boende upplever den förorenade platsen och att bo i närheten av den. Det är en sak att de boende inte *faktiskt* drabbas rent fysiskt men det är en annan sak vad de boende upplever. Vi refererar i rapporten till studier där effekter av att bo nära soptippar analyseras där värdet av bostäder påverkas olika beroende på människors individuella riskaversion. Även fast en åtgärd är säker kan den av individer upplevas som osäker och påverka området och således huspriser negativt. Det är svårt att skatta skillnaden mellan referensscenario och scenario 1 också då en inhägnad kan bidra till stigma och upplevas som något ännu mer negativt än dagens situation. Huruvida detta är fallet kan inte bedömas inom ramen för denna studie.

En studie som slutligen bör nämnas är Beard m.fl. (2011), i vilken värdet av Tullinge vattentäkt analyseras utifrån klimatscenarier. Studien genomfördes innan PFAS-föroreningen blev känd och kommer fram till att det huvudsakliga värdet av vattentäkten utgörs av användarvärden, d.v.s. värdet av att kunna nyttja grundvattentäkten för dricksvattenförsörjning, men också till bevattning och industri i kommunen. I studien konstateras att det finns miljömässiga nyttor och rekreativvärden som kan förknippas med en grundvattentäkt och att grundvattentäkten har ett värde som reservvattentäkt. Det totala värdet av Tullinge grundvattentäkt definieras enligt detta resonemang som summan av alla identifierade värden i enlighet med Naturvårdsverket (2002). Sterte (2010) har genomfört de monetära skattningar som studien refererar till och hon beräknar nuvärdet av grundvattentäkten i Tullinge till 1,8 miljarder kr, baserat på 300 år med en över tid fallande diskonteringsränta. Beloppet är dessvärre mycket svårt att verifiera, inte minst på grund av det osedvanligt långa tidsperspektivet som används. En slutsats som kan dras från studien är att värdet av en grundvattentäkt är mycket stort och mycket tätt hänger samman med en trygg och säker dricksvattenförsörjning för människor.

7. REFERENSER

Baard m.fl., 2011. Scenarios and Sustainability: a Swedish Case Study of Adaptation Tools for Local Decision-Makers. Working Paper No 124, September 2011. Published by the National Institute of Economic Research (Nier).

Botkyrka kommun, Ramavtal Rikstens Friluftsstad 2017-06-02

Environmental Protection Agency (EPA), 2016. Health effects support document for perfluorooctane sulfonate (PFOS). United States Environmental Protection Agency, Office of Water, May 2016

Folkhälsomyndigheten (2016) "Exempel på dricksvattenburna utbrott i Sverige", hämtat från: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar/vattenburen-smitta/exempel-pa-dricksvattenburna-utbrott-i-sverige/>

Guzma-Herrador, et al, 2015. "Waterborne outbreaks in the Nordic Countries, 1998 to 2012. Eurosurveillance, Volume 20, Issue 24, 18/Jun/2015.

Göransson, A., 2008. Kan grundvatten värderas? Grundvattenrådet för Kristianstadslätten. http://grundvattenradet.se/rapporter/Kan%20Grundvatten%20värderas_Rapport.pdf

Johansson, L. Almgren, L, 2018. Betalningsvilja för att minska riskerna för mag- och tarmsjukdomar av förorenat dricksvatten i Skellefteå kommun. Luleå Tekniska Universitet. Karolinska Institutet, 2019. Perfluorerade och polyfluorerade ämnen. <https://ki.se/imm/perfluorerade-och-polyfluorerade-amnen>

Kemikalieinspektionen. Gränsvärden och riktvärden för PFAS. Hämtad från: <https://www.kemi.se/files/a3b0627c292f4b819db2f46e13be5783/gransvarden-och-riktvarden-for-pfas.pdf>

Kemikalieinspektionen, 2019. Högfluorerade ämnen – PFAS. <https://www.kemi.se/kemiska-amnen-och-material/hogfluorerade-amnen-pfas>

Lindberg, A. Lusua, J. Nevhage, B, 2011. Cryptosporidium i Östersund vintern 2011/2011: Konsekvenser av ett stort vattenburet sjukdomsutbrott. FOI/Livsmedelsverket, December 2011.

Livsmedelsverket, 2018. Riskhantering - PFAS i dricksvatten och fisk. Hämtad från: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/miljogifter/pfas-poly-och-perfluorerade-alkylsubstanser/riskhantering-pfaa-i-dricksvatten>

Naturvårdsverket, 2002. Värdering av grundvattenresurser: Metoder och tillvägagångssätt. Rapport 5142.

Naturvårdsverket, 2008. Kostnads-nyttoanalys som verktyg för prioritering av efterbehandlingsinsatser. Metodutveckling och exempel på tillämpning. Rapport 5836.

Naturvårdsverket, 2016. Högfluorerade ämnen (PFAS) och bekämpningsmedel: En sammantagen bild av förekomsten i miljön. Redovisning av ett regeringsuppdrag. Rapport 6709.

Naturvårdsverket, 2019. Vägledning om att riskbedöma och åtgärda PFAS-föroreningar

inom förorenade områden. Rapport 6871.

NIRAS, 2018. Åtgärdsförberedande utredning avseende PFAS-förorening på f.d. huvudbrand- och napalmövnings- platsen vid f.d. F 18 i Tullinge.

Nordic Council of Ministers (NCM), 2019. The cost of inaction. A socioeconomic analysis of environmental and health impacts linked to exposure to PFAS. TemaNord 2019:516.

PEAB, 2004. **Pressmeddelande: "PEAB förvärvar F18 i Tullinge"**
<https://news.cision.com/se/peab/r/peab-forvarvar-f18-i-tullinge.c109170>

Region Stockholm m.fl., 2018. Regional vattenförsörjningsplan för Stockholms län.

SCB, 2018. Genomsnittlig byggnadskostnad per kvm bostadsarea för gruppbyggda småhus. År 1949–2017. Riket. Hämtat från: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/boende-byggande-och-bebyggelse/byggnadskostnader/priser-for-nyproducerade-bostader/pong/tabell-och-diagram/genomsnittlig-byggnadskostnad-per-kvm-bostadsarea-for-gruppbyggda-smahus.-ar-19492017.-riket/>

SCB, 2019. Antal dagar i tusental som fritidsfiske bedrivits, totalt efter område och år
http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_JO_JO1104/F1/table/tableViewLayout1/?rxid=ae68f8b3-756f-4033-ab98-34ad512bde43

SLL 2017. Tekniska försörjningssystem för vatten och avlopp.

Sterte, Å, 2010. Cost benefit analysis of protecting Tullinge water catchment. Swedish University of Agricultural Sciences, 2010-11-25. Mimeo.

SvD, 2004. Peab köper flygflottilj. Hämtat från: <https://www.svd.se/peab-koper-flygflottilj>

Svenskt vatten, 2017. Investeringsbehov och framtida kostnader för kommunalt vatten och avlopp. Rapport, augusti 2017

SVOA, 2018. Projekt 1488 Bergavägen/Glömstavägen-Grantorp TS, DN600, - Inriktningsbeslut.
<https://insynsverige.se/documentHandler.ashx?did=1950949>

SVOA, 2018. Taxa för vatten och avlopp 2019, 2018-05-14

Söderqvist, T. m.fl. 2016. Dricksvattenutredningens preliminära förslag till åtgärder för trygg och säker dricksvattenförsörjning: Vilka är de samhällsekonomiska nyttorna och vad behövs för att dessa ska bli verklighet? Rapport 2016:13, Chalmers.

Toljander, Jonas mfl, 2016. Risken att bli sjuk av dricksvatten – en svensk kohortstudie. Livsmedelsverket rapport 15- 2016.

Trafikverket, 2018. Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6: 1. Kapitel 6 Investeringskostnad samt drifts- och underhållskostnader.

Tyréns, 2019. Utredning av PFAS reningsprocess. Koncept.

WSP, 2012. PFOS Tullinge Riksten - Addendum till Nulägesrapport 2012.

**4****Yttrande över remiss - PFAS-föreningen vid f.d. F18 Tullinge - granskning och utvärdering av åtgärdsalternativ (TEF/2019:183)****Förslag till beslut**

1. Tekniska nämnden antar tekniska förvaltningens förslag till yttrande i till ärendet hörande bilaga 1 som sitt yttrande.
2. Tekniska nämnden överlämnar yttrandet enligt till ärendet hörande bilaga 1 till Försvarsinspektören för hälsa och miljö.
3. Tekniska nämnden beslutar att paragrafen justeras omedelbart.

Sammanfattning

Botkyrka kommun har fått möjlighet att yttra sig till Försvarsinspektören för hälsa och miljö (FIHM) över Försvarmaktens utredning PFAS-föreningen vid f.d. F18 Tullinge – granskning och utvärdering av åtgärdsalternativ. Det är en förstudie gällande hur en övertäckning av källplatsen för PFAS-föreningen kan se ut rent tekniskt.

Tekniska förvaltningen har tagit fram ett förslag till yttrande. Förslag till yttrande innebär i korthet att förstudien som sådan är väl gjord men förvaltningen anser att innan beslut om åtgärd tas så behöver Försvarmakten utveckla redovisningen av vilka miljönyttor och åtgärdsåtgärder som ska uppnås med föreslagen åtgärd. I det sammanhanget behöver man väga in hur PFAS-föreningen påverkar miljömål, vattentäktens betydelse för kommunen och regionen och den samhällsekonomiska nyttan.

Ärendet

Botkyrka kommun har fått möjlighet att yttra sig till Försvarsinspektören för hälsa och miljö (FIHM) över Försvarmaktens utredning PFAS-föreningen vid f.d. F 18 Tullinge – granskning och utvärdering av åtgärdsalternativ.

2019-10-14

Dnr TEF/2019:183

Tekniska nämnden fick information om rapporten vid sitt möte 2019-08-26, Lägesrapport gällande PFAS-förening vid f.d. F18 Tullinge.

Tekniska förvaltningen redogör för ärendet i tjänsteskrivelse 2019-10-03.



2019-10-03

Dnr TEF/2019:183

Referens
Linda Evjen

Mottagare
Tekniska nämnden

Remiss - PFAS-föreningen vid f.d. F 18 Tullinge - granskning och utvärdering av åtgärdsalternativ

Förslag till beslut

Tekniska nämnden beslutar att anta tekniska förvaltningens förslag till yttrande i bilaga 1 som sitt yttrande.

Tekniska nämnden beslutar att överlämna yttrandet enligt bilaga 1 till Forsvarsinspektören för hälsa och miljö.

Tekniska nämnden beslutar om omedelbar justering av ärendet.

Sammanfattning

Botkyrka kommun har fått möjlighet att yttra sig till Forsvarsinspektören för hälsa och miljö (FIHM) över Forsvarsmaktens utredning PFAS-föreningen vid f.d F 18 Tullinge – granskning och utvärdering av åtgärdsalternativ. Det är en förstudie gällande hur en övertäckning av källplatsen för PFAS-föreningen kan se ut rent tekniskt.

Tekniska förvaltningen har tagit fram ett förslag till yttrande som presenteras i ärendet.

Ärendet

Botkyrka kommun har fått möjlighet att yttra sig till Forsvarsinspektören för hälsa och miljö (FIHM) över Forsvarsmaktens utredning PFAS-föreningen vid f.d F 18 Tullinge – granskning och utvärdering av åtgärdsalternativ.

Tekniska nämnden har fått information om rapporten vid mötet 2019-08-26, Lägesrapport gällande PFAS-förening vid fd F18 Tullinge.

Förvaltningens förslag till yttrande innebär i korthet att förstudien som sådan är väl gjord men vi anser att innan beslut om åtgärd tas så behöver Forsvarsmakten utveckla redovisningen av vilka miljönyttor och åtgärdsåtgärder som ska uppnås med föreslagen åtgärd. I det sammanhanget behöver man

2019-10-03

Dnr TEF/2019:183

väga in hur PFAS-föreningen påverkar miljömål, vattentäktens betydelse för kommunen och regionen och den samhällsekonomiska nyttan.

Mikael Henning
Teknik- och fastighetsdirektör

Linda Evjen
va-chef

Bilagor:

1. Yttrande angående åtgärdsalternativ för PFAS-föreningen vid fd F18 Tullinge (GL2011-916)

Expedieras till

Försvarsinspektören för hälsa och miljö, exp-fihm@mil.se

Linda Evjen, va-chef

Anette Rosdahl, projektledare

Miljöenheten



2019-10-03

Dnr TEF/2019:183

Referens
Linda Evjen

Mottagare
Försvarsinspektören för hälsa och miljö
Att. Joakim Persson-Hjelm
107 85 Stockholm

Via e-post: exp-fihm@mil.se

Yttrande angående åtgärdsalternativ för PFAS-föreningen vid fd F18 Tullinge (GL2011-916)

Sammanfattning

Den utvärdering som Försvarmakten låtit göra, PFAS-föreningen vid f.d. F 18 Tullinge – Granskning och utvärdering av åtgärdsalternativ, är en väl genomförd förstudie gällande hur en övertäckning kan komma att se ut rent tekniskt och metoder för övertäckning finns beprövade inom avfallsområdet.

Vi anser att innan beslut om åtgärd tas så behöver Försvarmakten utveckla redovisningen av vilka miljönyttor och åtgärds mål som ska uppnås med föreslagen åtgärd. I det sammanhanget behöver man väga in hur PFAS-föreningen påverkar miljömål, vattentäktens betydelse för kommunen och regionen och den samhällsekonomiska nyttan.

Bakgrund

Botkyrka kommun har fått möjlighet att yttra sig till Försvarsinspektören för hälsa och miljö (FIHM) över Försvarmaktens utredning PFAS-föreningen vid f.d F 18 Tullinge – granskning och utvärdering av åtgärdsalternativ.

Tekniska nämnden är Botkyrka kommuns VA-huvudman och som sådan ansvarig för den allmänna vatten- och avloppsförsörjningen i kommunen.

VA-verksamheten har tagit fram tre utredningar vars resultat bifogas vårt yttrande; en modell för föroreningstransporten i grundvattentäkten, en samhällsekonomisk konsekvensanalys samt en åtgärdsvalsstudie för Tullinge vattenverk.

Yttrande

Tullinge vattentäkt är en för kommunen och regionen strategiskt viktig vattenresurs. Enligt den framtagna kommunala vattenförsörjningsplanen är målsättningen att kunna använda vattenresursen för vår ordinarie försörjning av Tullinge och Riksten, cirka 25 000 personer år 2040 enligt kommunens översiktsplan.

2019-10-03

Dnr TEF/2019:183

I den regionala vattenförsörjningsplanen är Tullingeåsen, delmagasin Tullinge, och Tullingesjön utpekade som vattenresurser med hög regional prioritet. Det innebär att de har ett stort värde för regionens framtida vattenförsörjning. Befolkningen i regionen förväntas att fortsätta öka under de närmaste 30 åren och det ställer krav på att öka produktionskapacitet i befintliga vattenverk. Det behövs även redundans i vattenförsörjningen genom att nyttja andra vattentäkter än enbart Mälaren i händelse av att något inträffar som gör att länets viktigaste vattentäkt blir delvis eller helt obrukbar. Att Tullinge vattentäkt har mycket god kapacitet vad gäller uttagsvolym gör den till en viktig pusselbit i regionens vattenförsörjning.

Vidare finns riksdagens beslutade miljömål som riktmärken för miljöarbetet. De två mål som främst är tillämpliga i detta sammanhang är "Grundvatten av god kvalitet" och "Giftfri miljö" som säger att grundvattnet ska ge en säker och hållbar dricksvattenförsörjning samt att halterna av naturfrämade ämnen är nära noll. Därutöver har Sverige som medlemsland i EU antagit EU:s vattendirektiv som innebär att våra vatten ska upprätthålla en viss lägsta kvalitet och kvantitet. De analyser som gjorts visar att Tullingesjön idag har förhöjda halter av PFAS-ämnen.

Vi ser inte någonstans i Försvarsmaktens utredning någon diskussion om påverkan på grundvattenförekomsten eller på nedströms liggande ytvattenförekomster (Tullingesjön och Mälaren). I Försvarsmaktens utredning sammanfattas slutsatserna gällande olika åtgärdsalternativ i avsnitt 4.4. De meningar som lyfts fram i kolumnen miljönytta handlar bara om den lokala nyttan och säger inget om påverkan i ett vidare perspektiv. Vi anser inte att man utifrån redovisat underlag kan väga kostnaden för åtgärden mot miljönyttan.

I Försvarsmaktens utredning är åtgärds målet som ska följas upp att uppnå 90% reduktion av infiltrationen av nederbörd. Vi anser att åtgärds målet som ska redovisas och följas upp är åtgärdens effekt på halten PFAS i grundvattnet och i Tullingesjön. Åtgärds målet måste också vara kopplat till när i tiden effekten ska uppnås.

Vi anser att innan beslut om åtgärd tas så behöver Försvarsmakten utveckla redovisningen av vilka miljönyttor och åtgärds mål som ska uppnås med föreslagna åtgärder.

I samband med utvecklingen av området och projektering av planerade dagvattendammar har kommunen vid en geoteknisk undersökning i juni 2019, i läge för före detta Mörtsjön, påträffades ett övre grundvattenmagasin cirka 2 meter under markytan. Ett vattenprov visade förhöjda halter PFAS, 2 600 ng/l. Platsen ligger cirka 200 meter sydväst om brandövningsplatsen. Mört-

2019-10-03

Dnr TEF/2019:183

sjön fylldes igen på 1940-talet då flygfältet byggdes. Föreningen är inte känd sedan tidigare och vi anser att Försvarmakten behöver ta reda på föreningens ursprung och eventuella spridning innan man går vidare med åtgärdsförslaget.

Den utvärdering som Försvarmakten låtit göra, PFAS-föreningen vid f.d. F 18 Tullinge – Granskning och utvärdering av åtgärdsalternativ, är en väl genomförd förstudie gällande hur en övertäckning kan komma att se ut rent tekniskt och metoder för övertäckning finns beprövade inom avfallsområdet. Åtgärden fokuserar helt och hållet på markföreningen vid f.d. brandsläckningsplatsen och man skriver att åtgärden kan väntas ge resultat vid vattenverket efter två till fyra år.

Den modellberäkning Botkyrka kommun tagit fram visar att ett stort problem är den mängd PFAS som finns i grundvattnet. Att täcka över källplatsen enligt Försvarmaktens förslag medför förvisso en minskning av utlakning av PFAS i marken till grundvattnet, men hanterar inte den mängd PFAS som redan finns i grundvattnet. Transportmodellen visar att vi kan förvänta oss ökande halter PFAS i uttagsbrunnarna vid vattenverket i upp till 30 år framåt, inte minskande såsom Försvarmaktens utredning visar. Utan åtgärd av PFAS i grundvattnet innebär det att den spridning av PFAS som redan idag pågår till Tullingesjön (och vidare till Mälaren) kommer att öka i framtiden.

Kommunen har låtit ta fram en samhällsekonomisk konsekvensanalys för vattenstråket i Tullinge (Ramböll, sept 2019). I den bedöms kostnader och nyttor för två olika scenarion. I båda scenariona tas Tullinge vattenverk i bruk och det som skiljer scenariona åt är efterbehandlingsmetoden – övertäckning jämfört med urgrävning och förbränning. Trots stora skillnader i kostnader och nyttor i de båda scenariona så beräknas nyttorna överstiga kostnaderna. Att ersätta Tullinge vattentäkt bedöms vara förenat med mycket höga kostnader. För att uppnå motsvarande uttagskapacitet behöver den sannolikt ersättas med ett flertal vattentäkter och tillhörande infrastruktur. Andra exempel i landet visar på kostnader i storleksordningen hundratals miljoner kronor.

Sammantaget anser vi att den samhällsekonomiska nyttan med Tullinge vattentäkt, som en viktig pusselbit i regionens vattenförsörjning, måste vägas in i Försvarmaktens åtgärdsutredning och den rimlighets- och skälighetsbedömning som sedan ska göras. Den nytta som vattentäkter ger oss behöver ses ur ett långt tidsperspektiv för att bli rättvisande och kostnaden för åtgärd måste alltid vägas mot kostnaden för det så kallade nollalternativet, det vill säga vad blir kostnaden för samhället om vi inte åtgärdar spridning av för-

2019-10-03

Dnr TEF/2019:183

orening till våra vattentäkter och vattenförekomster. I nuläget saknas en utredning av hur grundvattenföroreningen ska åtgärdas.

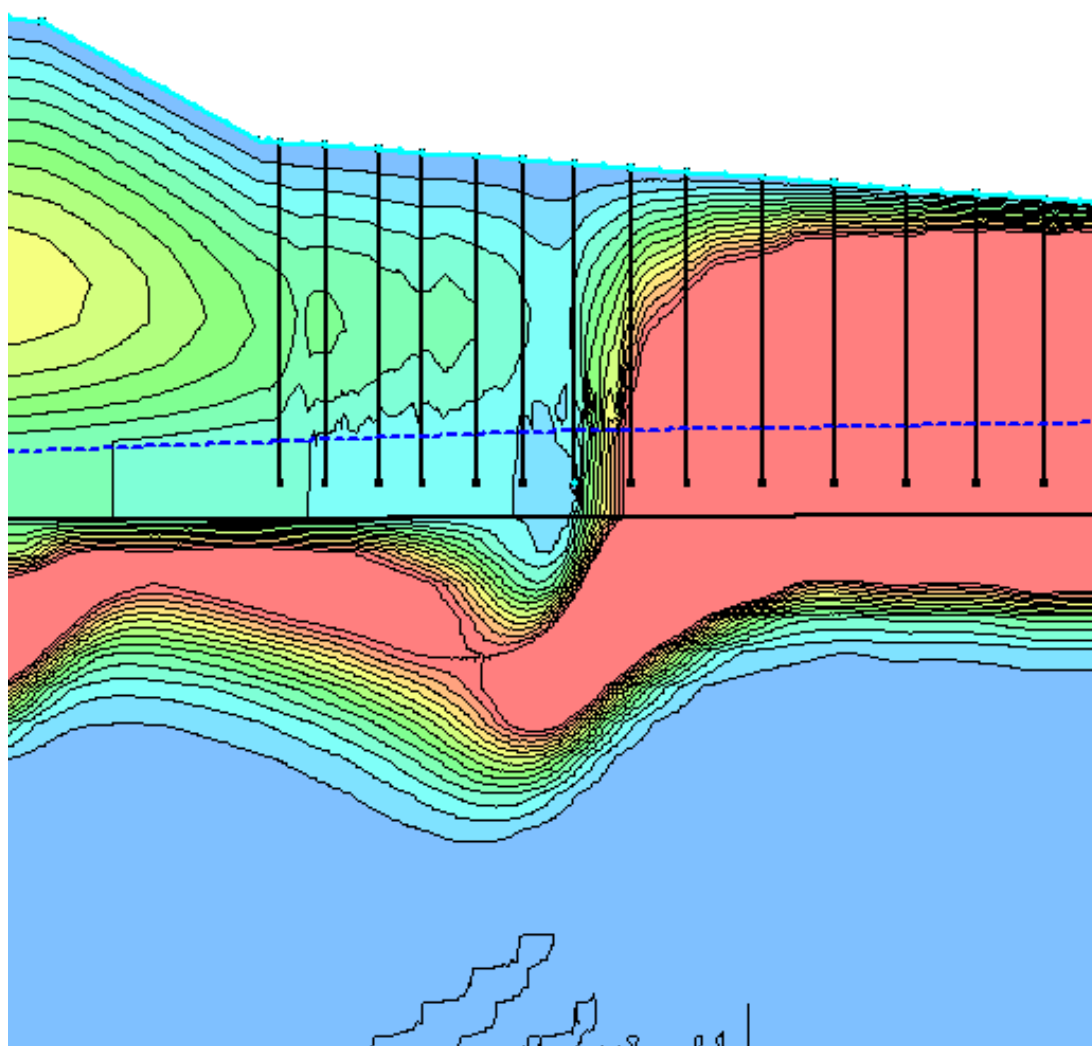
Mikael Henning
Teknik- och fastighetsdirektör

Linda Evjen
va-chef

Bilagor:

1. Numerisk modellering av PFAS-transport i Tullingeåsen
2. Utredning av PFAS reningsprocess Tullinge vattenverk
3. Samhällsekonomisk konsekvensanalys vattenstråket i Tullinge

RAPPORT
NUMERISK MODELLERING AV PFAS-
TRANSPORT I TULLINGEÅSEN



292014, Tullingeåsen Riksten grundvattenmodellering och föroreningstransport av PFAS.

UPPDRAG

Titel på rapport: Numerisk modellering av PFAS-transport i Tullingeåsen
Status: Rapport
Datum: 2019-09-27

MEDVERKANDE

Beställare: Botkyrka kommun, Tekniska förvaltningen
Kontaktperson: Anette Rosdahl

Konsult: My Osterman, Tyréns AB
Uppdragsansvarig: Peter Olsson, Tyréns AB
Kvalitetsgranskare: Jeffrey Lewis, Tyréns AB

Uppdragsansvarig:

Peter Olsson

Datum: 2019-09-27

Handlingen granskad av:



Jeffrey Lewis

Datum: 2019-09-27

SAMMANFATTNING

Tullinge vattenverk försåg fram till 2011 del av Botkyrka kommun (Tullinge) med dricksvatten. Vattenverket stängdes efter att höga halter av PFAS-ämnen upptäcktes i grundvattnet i Tullingeåsen, där vattenverkets uttag låg. Halterna vid vattenverket uppmättes i en utredning av Niras (2018) till ca 300 ng/l, vilket kan jämföras med Livsmedelsverkets gräns för konsumtion av PFAS-förorenat dricksvatten på 90 ng/l.

Ett flertal utredningar och markundersökningar har sedan dess genomförts vid området. Tyréns AB har på uppdrag av Botkyrka kommun, tekniska förvaltningen genomfört numerisk modellering av PFAS-transport i Tullingeåsens grundvatten samt att utreda ett antal åtgärdsförslag som syftar till att sanera området och minska halterna av PFAS som transporteras till vattenverket. Modellering har gjorts för en tidsperiod av 90 år, vilket representerar perioden från då PFAS antas ha tagits i bruk (ca 1960) till 30 år efter att sanering inleds (ca år 2050).

De scenarier som utreds genom numerisk modellering av PFAS-transport är följande:

1. PFAS-transport utan saneringsåtgärd (nuvarande läge)
2. Anläggning av tätande skikt vid föroreningskällan
3. Anläggning av aktiv sanering (saneringsbrunnar)
4. Konstinfiltration av oförorenat vatten

Resultat av beräkningar av PFAS-transport i Tullingeåsens grundvatten visar att anläggning av ett tätskikt över brandövningsplatsen inte kommer att orsaka en minskning av PFAS-halterna vid uttagsbrunnen under minst 30 års tid. Aktiv sanering har en större inverkan men PFAS halterna vid uttagsbrunnen kommer ändå att vara jämförbara med dagens halter under minst 30 år.

Den mest effektiva åtgärden för att minska PFAS-halter vid uttagsbrunnen är konstinfiltration, där ytvatten från Tullingesjön infiltreras i åsen uppströms uttagsbrunnen för att späda ut PFAS-halterna som finns i Tullingeåsen.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	BAKGRUND	5
2	SYFTE OCH MÅL	6
3	GENOMFÖRANDE.....	6
	3.1 GRUNDVATTENFLÖDESMODELL.....	7
	3.1.1 FYSIKALISKA PARAMETRAR	7
	3.1.2 RANDVILLKOR	9
	3.2 TRANSPORTMODELLER	10
	3.2.1 FYSIKALISKA PARAMETRAR	10
	3.2.2 RANDVILLKOR	11
4	RESULTAT.....	11
	4.1 NUVARANDE LÄGE.....	12
	4.2 PÅVERKAN AV TÄTNINGSÅTGÄRD	14
	4.3 PÅVERKAN AV AKTIV SANERING.....	15
	4.4 PÅVERKAN AV KONSTINFILTRATION	16
	4.5 SAMMANFATTNING AV KONCENTRATION VID UTTAGSBRUNN.....	17
5	DISKUSSION.....	17
	5.1 ANTAGANDEN GÄLLANDE HYDROGEOLOGISKA PARAMETRAR.....	17
	5.2 ANTAGANDEN GÄLLANDE RANDVILLKOR.....	17
	5.3 RESULTAT AV TRANSPORTBERÄKNINGAR	18
	5.4 OSÄKERHETER OCH FÖRBÄTTRINGSFÖRSLAG	18
	5.5 TEKNISKGRANSKNING AV MODELLEN	18
6	REFERENSER.....	19

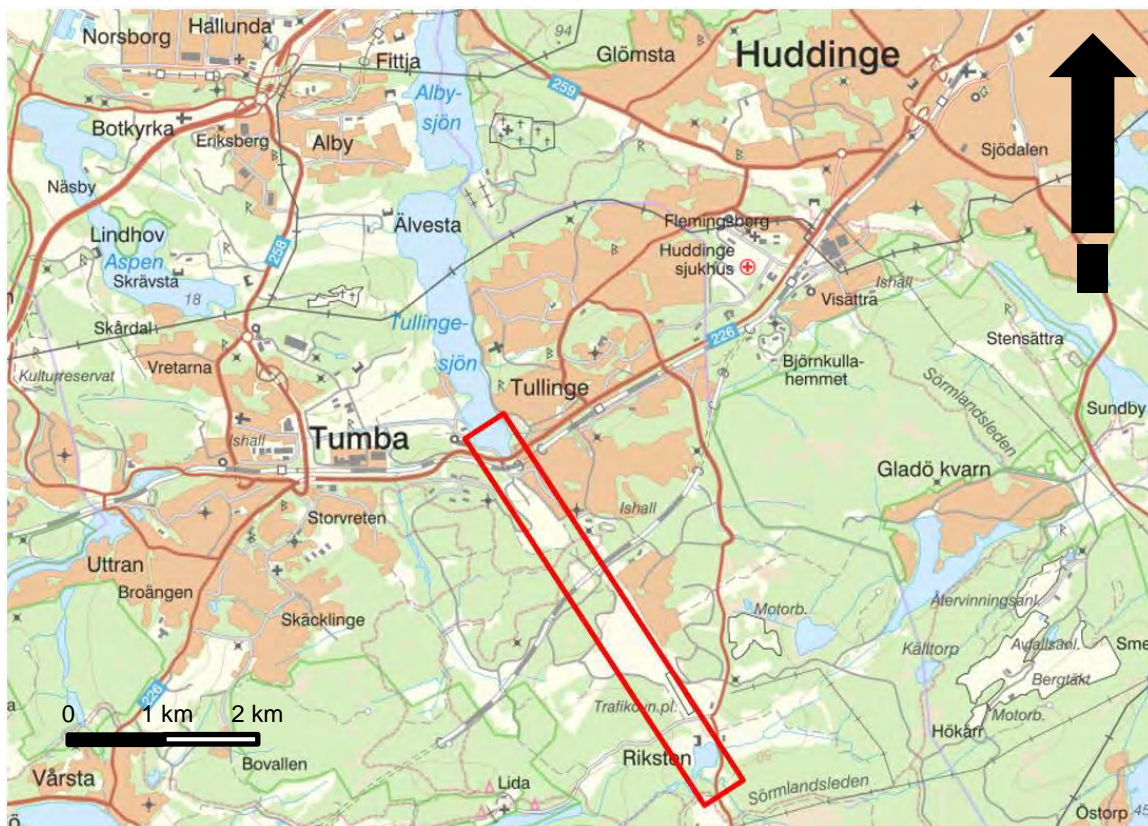
BILAGA 1 - FIGURER

1 BAKGRUND

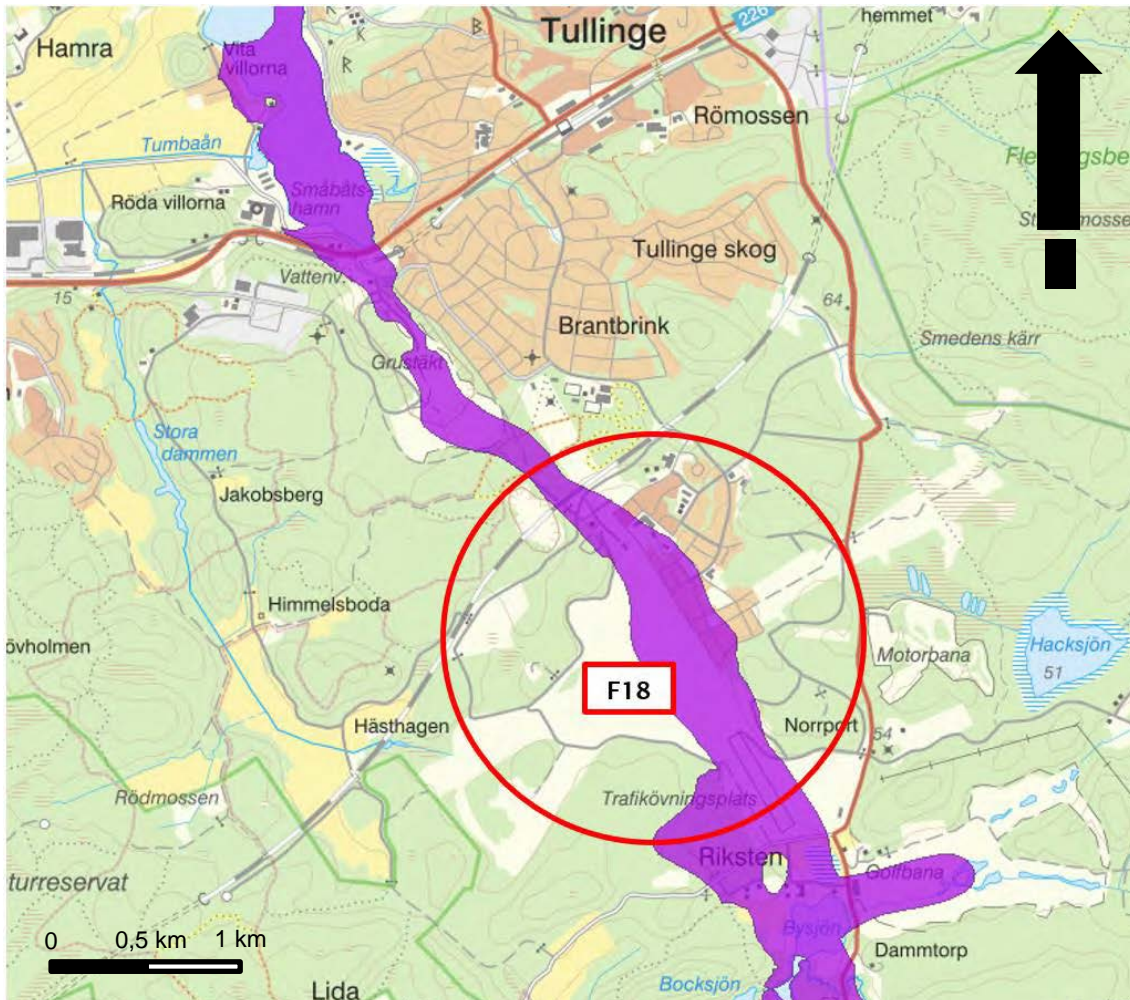
Del av Botkyrka kommun (Tullinge) försågs fram till år 2011 med dricksvatten från Tullinge vattenverk som tar sitt råvatten från Tullingeåsen, vars läge visas i Figur 1 och Figur 2. I Tullinge vattenverk upptäcktes år 2011 förekomst av PFAS i det distribuerade dricksvattnet och i råvatten från vattenverkets uttagsbrunnar. Som en försiktighetsåtgärd stängdes vattenverket och en reservvattenledning från Norsborgs vattenverk kopplades in för att förse området med dricksvatten. Tullinge vattenverk har därmed inte varit i drift sedan 2011. Ett flertal utredningar och markundersökningar har därefter genomförts och i huvudsak riktats mot den före detta flygflottiljen F18 i Tullinge, med fokus på områden som tidigare använts som brandövningsplatser.

Tyréns har tidigare granskat och analyserat en utredning från Försvarsmakten/Niras (2018) som beskriver de mark- och grundvattenundersökningar som har genomförts vid f.d. huvudbrandövningsplatsen och napalmövningsplatsen. Dessa bedöms vara de primära källområdena för PFAS-föreningen. Tyréns har även granskat det åtgärdsförslag som Försvarsmakten tagit fram.

På uppdrag av Botkyrka kommun har Tyréns genomfört numerisk modellering av PFAS-transport i Tullingeåsen för att utvärdera åtgärdsförslaget och hur de skulle påverka rening av vattnet i vattenverket.



Figur 1: Översiktsbild över området Huddinge – Tumba. Tullingeåsen, som berörs i utredningen är belägen inom röd markering. Bildkälla: VISS, 2019.



Figur 2: Karta över Tullingeåsens grundvattenförekomst, markerad med lila. Läget för den numera nedlagda flygflottiljen F18 visas med röd markering. Källa: VISS, 2019.

2 SYFTE OCH MÅL

Syftet med utredningen är att genomföra en hydrogeologisk undersökning av PFAS-transport i Tullingeåsen som är grundad i numerisk modellering. Målet med utredningen är att utvärdera hur olika åtgärdsförslag påverkar halterna av PFAS i Tullingeåsen vid den före detta huvudbrandövningsplatsen och napalmövningsplatsen samt vid Tullinge vattenverk. Dessutom syftar utredningen till att bidra till en eventuell utredning av miljöpåverkan som inte omfattas av nuvarande uppdrag.

3 GENOMFÖRANDE

Tvådimensionella numeriska modeller av grundvattenflöde och PFAS-transport i Tullingeåsen har utvecklats med hjälp av GeoStudios programvaror SEEP/W och CTRAN/W.

Geologi och geometri i modellen har baserats på Figur 16 i Niras (2018), vilken visar ett geologiskt tvärsnitt från Tullingesjön i norr över Tullinge vattenverk och till Bysjön i söder (Figur 3).

De numeriska modellerna som rör transport av PFAS genom Tullingeåsen har gjorts i CTRAN/W. Transportmodeller har tagits fram för sex olika scenarier:

- Nuvarande läge: en transportmodell som speglar nuvarande förhållanden vad gäller PFAS i befintliga grundvattenrör och uttagsbrunnar
- Påverkan av tätningsåtgärder: en transportmodell som visar Försvarets passiva tätningsåtgärder med hjälp av en effektiv samt en mindre effektiv tätning, där graden av tätning beror på hur permeabelt tätskiktet görs.
- Påverkan av aktiv sanering: två transportmodeller som modellerar en saneringsåtgärd som aktivt tar bort PFAS ur grundvattnet vid brandövningsplatsen. Två modeller tas fram, en med intensiv sanering och en med mindre intensiv sanering, där graden av sanering beror på antalet pumpbrunnar som används.
- Konstinfiltration: en transportmodell med syfte att utreda om det är möjligt att späda ut halterna av PFAS i grundvattnet genom konstgjord infiltration av ytvatten från Tullingesjön till Tullingeåsen.

Samtliga scenarier har tagits fram under antagandet att spridning av PFAS har skett sedan 1960-talet, eftersom det inte går att fastställa när användningen av PFAS började. Det innebär att uttag av grundvatten vid vattenverket skedde i 50 år efter PFAS-föroreningen antogs uppstå. Därefter har PFAS-transporten modellerats för de sex scenarierna utan grundvattenuttag vid vattenverket för en tidsperiod på 30 år framåt i tiden.

De beräknade halterna av PFAS-ämnen i grundvattnet jämförs med Livsmedelsverkets åtgärdsgränser för PFAS i dricksvatten. Livsmedelsverket (2016) rekommenderar att undvika konsumtion av dricksvatten med PFAS-halter överskridande 90 ng/l samt att åtgärder bör vidtas för att sänka halterna så långt som möjligt under 90 ng/l. Det är troligt att åtgärdsgränser för PFAS i dricksvatten kommer att sänkas vidare under 2020 eller 2021. Åtgärdsgränserna har ingen direkt inverkan på själva modelleringen men har en inverkan på tolkningen av resultaten.

3.1 GRUNDVATTENFLÖDESMODELL

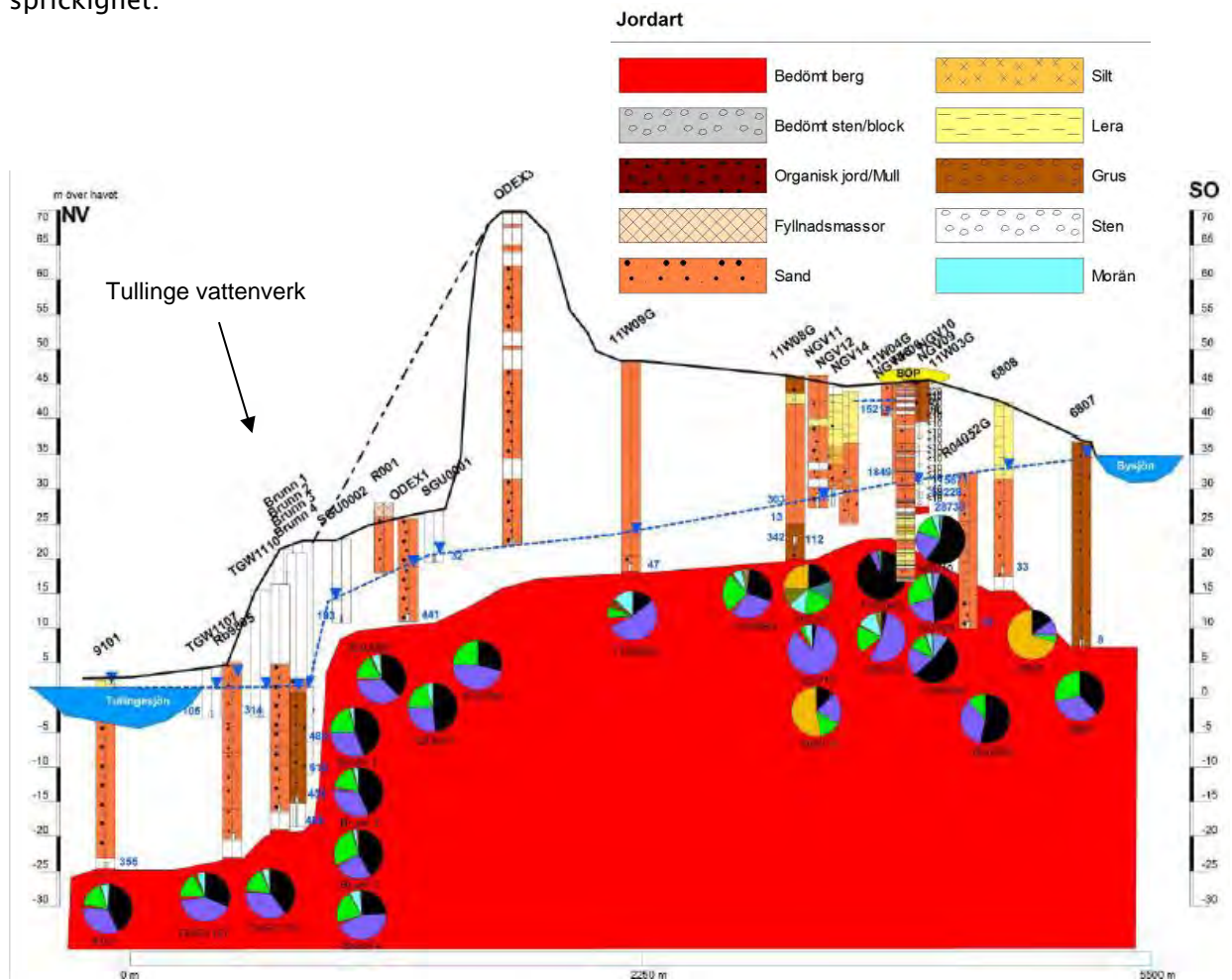
3.1.1 FYSIKALISKA PARAMETRAR

En grundvattenflödesmodell krävs innan en transportmodell kan utvecklas. Grundvattenflödesmodellen har gjorts i SEEP/W och alla relevanta fysiska modellparametrar sammanfattas i Tabell 1.

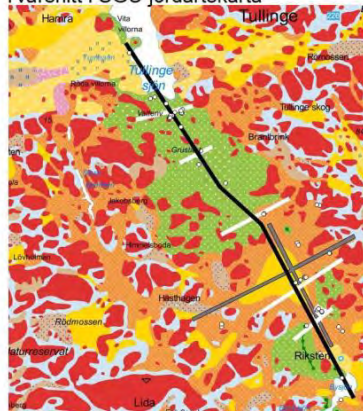
Tabell 1: Hydrogeologiska parametrar för grundvattenflödesmodell

Material	Mättad hydraulisk konduktivitet [m/s]	Porositet
Friktionsjord	$1 \cdot 10^{-4}$	0,35
Berg	$1 \cdot 10^{-7}$	0,01

Den hydrauliska konduktiviteten har modellerats under mättade/omättade förhållanden för friktionsjord, medan berg antogs ligga så pass djupt under grundvattenytan att den alltid är mättad med vatten. Porositeten för berg är vanligen mycket lägre än för jord förutom i områden med bevisat stora krosszoner eller sprickighet.



Tvärsnitt i SGU jordartskarta

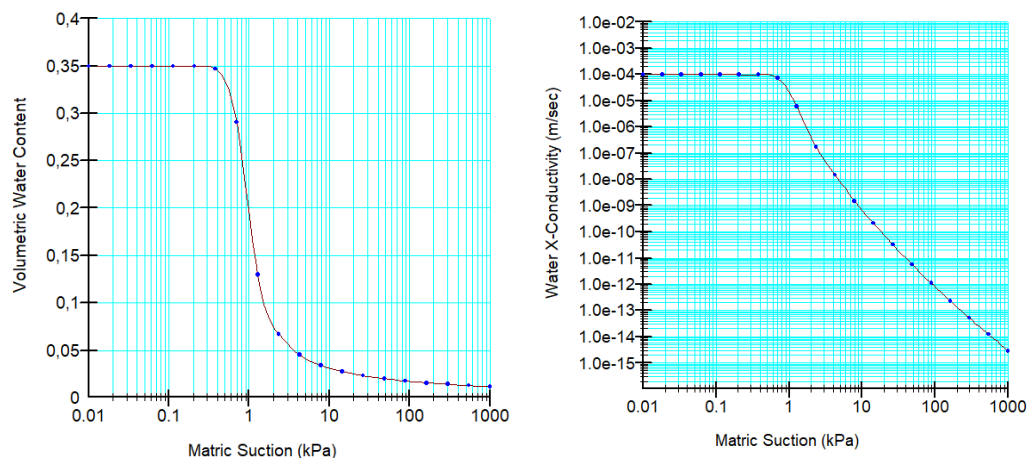


- Isålvssediment
- Berg
- Glacial lera
- ▨ Lera och silt
- ▨ Fyllning
- Postglacial grovsilt-finsand

Figur 3: Geologiska och geometriska grunden till grundvattenmodellen. Ett urklipp från figur 16 i Niras (2018). Figuren visar relevanta sonderingar, bergytan samt grundvattennivåer längs ett tvärsnitt från Tullingesjön i norr till Bysjön i söder.

Eftersom den hydrauliska konduktiviteten i omättad jord är en funktion av volumetrisk vattenhalt har en kurva tagits fram för friktionsjorden. Den är utvecklad från GeoStudios interna exempelfunktioner eftersom ingen uppmätt analys fanns att tillgå.

Funktioner för hydraulisk konduktivitet och volumetrisk vattenhalt för åsens friktionsjord visas i Figur 4. Ingen anisotropi har antagits i modellen. Det innebär att alla fysiska parametrar antas vara lika i alla riktningar.



Figur 4: Funktion för volumetrisk vattenhalt (vänstra figuren) och hydraulisk konduktivitet (högra figuren) för åsens friktionsjord.

Sonicborrning (Niras, 2018) har visat att det finns ett ler-/siltlager under den västra delen av f.d. huvudbrandövningsplatsen och stora delar av napalmövningsplatsen. Utbredningen lagret har dock inte fastställts i detalj. Modellen har inte tagit hänsyn till detta lager eftersom de flesta sonderingar längs åsen inte har visat ett ler-/siltlager under grundvattenytan (Figur 3).

3.1.2 RANDVILLKOR

Modellen styrs av vattentrycket som finns i Bysjön (+35 meter över havet) samt Tullingesjön (+ 1 meter över havet). Skillnaden i vattentryck på 34 m i höjd är det som driver grundvattnet genom modellen. Eftersom Bysjön och Tullingesjön ligger 4300 m från varandra är medelgradienten i åsen $34 \text{ m}/4300 \text{ m} = 8 \text{ ‰}$.

Grundvattenbildningen över modellytan har antagits ha ett konstant värde av $2 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$, förutom vid området för den f.d. brandövningsplatsen där grundvattenbildningen har antagits till $9,5 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}^2$ för att se till att en realistisk transport av PFAS-föreningar sker från jorden till grundvattnet.

För att modellera uttaget av vatten vid vattenverket under åren detta var i drift sattes en uttagsbrunn med ett uttag av $1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ i friktionsjorden vid vattenverket. Det motsvarar ett uttag av 0,02 l/s, vilket är ett lågt uttag jämfört med det av Niras angivna uttaget på 35 l/s (Niras, 2018). Det var dock inte möjligt att nå numerisk konvergens med ett högre uttag av vatten från vattenverket.

I fallet med aktiv sanering pumpas grundvatten upp ur marken nedströms brandövningsplatsen. Vattnet saneras och återförs därefter till åsen. Detta scenario modellerades med hjälp av ett uttag av vatten i grundvattenmodellen med $3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ för det mindre intensiva fallet och med $2,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ för det intensiva fallet samt en införsel av oförorenat vatten som motsvarade uttaget. PFAS-föroreningarna tilläts följa med det uppumpade vattnet, vilket minskade koncentrationen i åsens grundvatten.

För fallet där PFAS-halterna späds ut med hjälp av konstinfiltration med vatten från Tullingesjön användes ett randvillkor som gav en konstant vattenyta i ett område ca 1 km söder om vattenverket. Konstinfiltrationen resulterade i ökad inströmning av vatten till åsen.

3.2 TRANSPORTMODELLER

Transportmodellerna använder grundvattenflödet från flödesmodellen från för att modellera transport av PFAS med grundvattenflödet i Tullingeåsen. För transportmodellen behövs dessutom materialparametrar och randvillkor för de ingående materialens egenskaper avseende transport av PFAS.

3.2.1 FYSIKALISKA PARAMETRAR

I Tabell 2 sammanfattas fysikaliska parametrar som har använts för att modellera transport av PFAS-ämnen i Tullingeåsen. Funktion för adsorption av PFAS i friktionsjord visas i Figur 5.

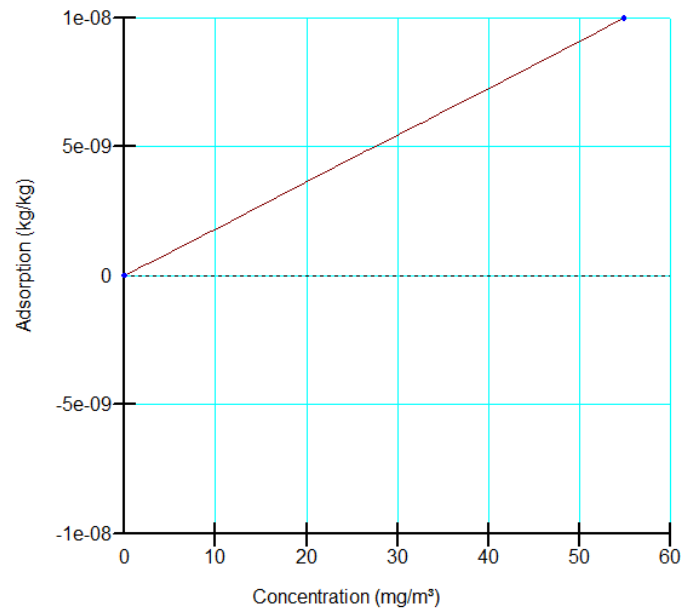
Tabell 2: Fysikaliska parametrar för transport av PFAS-ämnen i friktionsjord och berg.

Material	Parameter	Värde
Friktionsjord	Diffusion	Försumbar
	Torrdensitet	1400 kg/m ³
	Longitudinell dispersivitet	400 m
	Transversell dispersivitet	60 m
Berg	Diffusion	Försumbar
	Torrdensitet	2000 kg/m ³
	Longitudinell dispersivitet	1 m
	Transversell dispersivitet	0,1 m

Adsorption innebär fastläggning av förorening och därmed både fördröjning och minskning av föroreningskoncentration i grundvattnet. Det är en avgörande parameter vad gäller spridning av upplösta ämnen i grundvattnet. Hur mycket som fastläggs beror på ämnets kemiska egenskaper, vilka ytor som finns tillgängliga samt förekomsten av båda dessa. Adsorption av PFAS är en komplex process och olika PFAS-kemikalier har olika fastläggningsegenskaper. Fördelningskoefficienter (K_d) i friktionsjord för PFOS (ett enda PFAS-ämne) skiljer sig med minst tre tiopotenser i litteraturen (Ferrey, Adair och Wilson, 2009, Milinovic et al. 2015, Hale et al., 2017).

Adsorption är en funktion av upplösta halter. Höga halter i grundvatten leder till högre halter som fastläggs på jordpartiklar. Med tanke på den stora variation i K_d -värden

som finns för olika PFAS-kemikalier har en konservativ adsorptionsfunktion valts.



Funktionen visas i Figur 5.

Figur 5: Funktion för adsorption av PFAS-ämnen i friktionsjord. Adsorptionen ökar linjärt med en ökning av PFAS-koncentration i jorden.

3.2.2 RANDVILLKOR

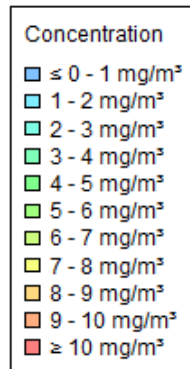
Den initiala koncentrationen av PFAS vid huvudbrand- och napalmövningsplatsen representerades i modellerna med hjälp av ett randvillkor för koncentration, vilken sattes till 50 mg/m³ i enlighet med uppmätta halter från Niras (2018). Ett randvillkor som möjliggör fri transport av PFAS ut från modellen sattes vid Tullingesjön för att undvika att PFAS ackumuleras där vatten flödar ut från modellen.

För att modellera påverkan av det tätskikt som Försvarmakten föreslagit som saneringsåtgärd togs randvillkoret med PFAS-koncentration vid markytan vid brandövningsplatsen bort. Detta för att modellen endast då skulle använda de koncentrationer som transporterats till grundvattnet innan anläggning av tätskikt.

4 RESULTAT

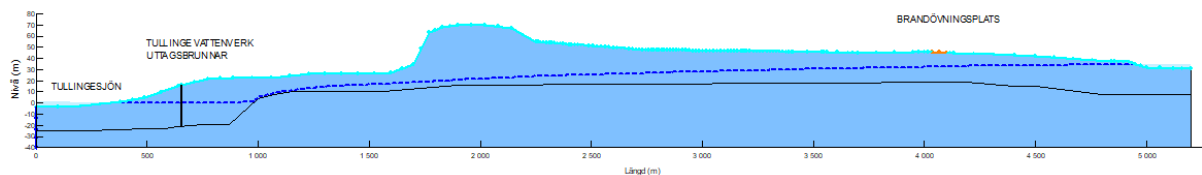
I detta avsnitt beskrivs resultaten för PFAS-transport vid befintlig situation samt de saneringsåtgärder som föreslagits.

4.1 NUVARANDE LÄGE



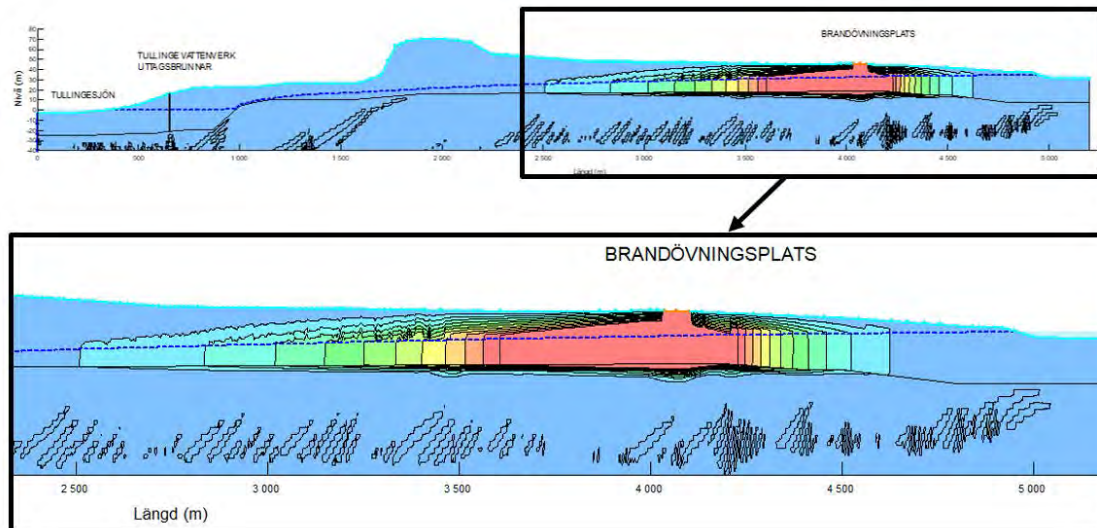
Figur 6: PFAS-koncentrationer som anges i alla resultaten av transportmodellerna (Figurer 7-14). 1 mg/m³ motsvarar 1000 ng/L.

I Figur 7 visas koncentrationen av PFAS i Tullingeåsen för initiala förhållanden där PFAS-föroreningen inte har börjat tränga ned i grundvattnet, d.v.s. ca år 1960. I detta scenario finns inte någon PFAS-förorening i Tullingeåsens grundvatten. I fallen från 1960 – 2010 är uttagsbrunnen, vilken visas med svart vertikal linje till vänster i profilen, fortfarande aktiv och pumpar upp vatten ur Tullingeåsen. I profilen visas Tullingesjön längst till vänster. Vattenansamlingen till höger representerar Bysjön. Figurer 7 – 14 finns i större format i Bilaga 1.



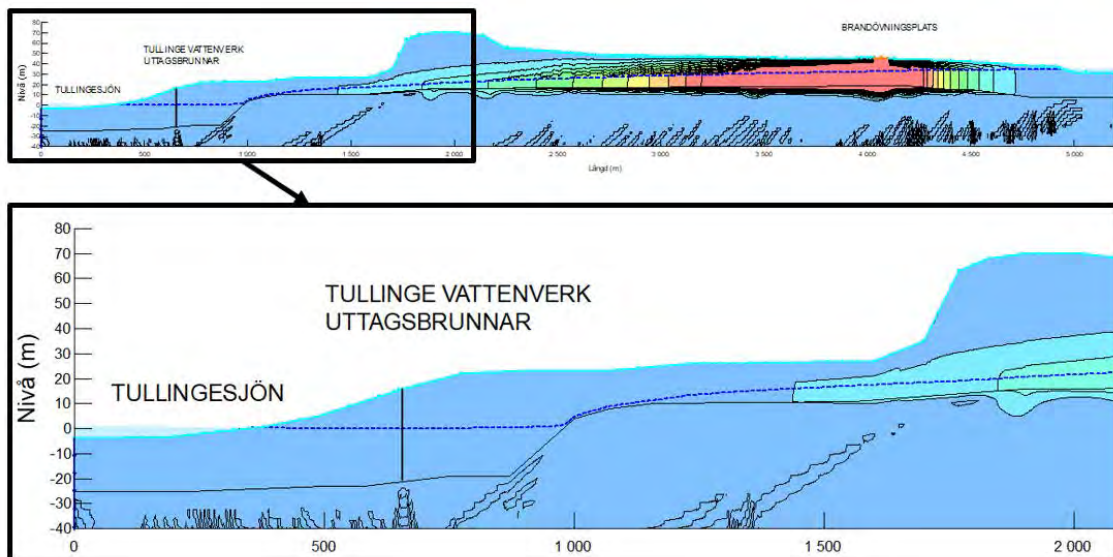
Figur 7: Initial koncentration av PFAS i grundvattnet då utsläppen av PFAS började vid flygflottilj F18 ca år 1960 (0 mg/m³).

Figur 8 visar koncentrationen av PFAS i Tullingeåsen ca år 1980, d.v.s. 20 år efter att PFAS-utsläppen startade. Beräkningarna visar en spridning av PFAS-förorening åt nordväst med grundvattenflödet ca 1500 m från F18. Koncentrationen vid brandövningsplatsen vid F18 beräknades överstiga 10 mg/m³, vilket motsvarar 10 000 ng/L. Föroreningsplymen hade i detta tidssteg inte nått Tullinge vattenverk.



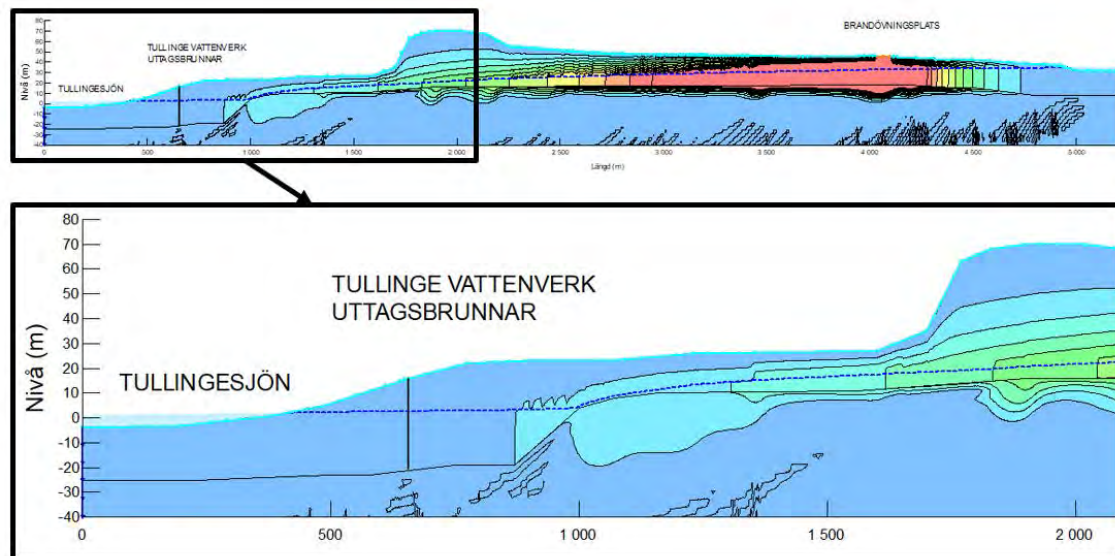
Figur 8: Koncentration av PFAS i Tullingeåsens grundvatten ca 20 år efter att utsläppen av PFAS startade (d.v.s. ca år 1980).

I Figur 9 visas PFAS-koncentrationen i Tullingeåsen ca år 2010, d.v.s. ca 50 år efter att utsläppen av PFAS startade. PFAS-koncentrationen vid Tullinge vattenverk beräknades till ca 300 ng/L, vilket överensstämmer med mätningar från Niras (2018), vilken också visade på halter kring 300 ng/L i vattenverkets uttagsbrunnar.



Figur 9: Koncentration av PFAS i Tullingeåsens grundvatten 50 år efter att utsläppen av PFAS startade (d.v.s. ca år 2010).

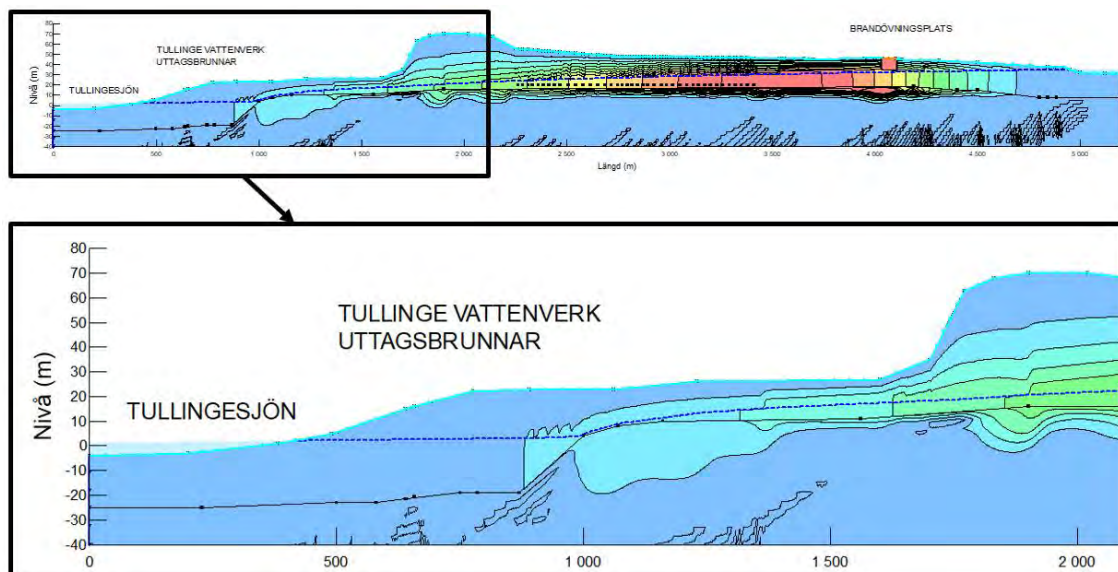
I Figur 10 visas PFAS-koncentrationen i Tullingeåsen ca år 2040, d.v.s. 80 år efter att utsläppen startade. I detta scenario har vattenverkets uttagsbrunnar varit inaktiva i ca 20 år och ingen saneringsåtgärd har vidtagits under året 2020. Koncentrationen av PFAS skulle uppgå vid vattenverket till ca 550 ng/l.



Figur 10: Koncentration av PFAS i Tullingeåsens grundvatten ca år 2040, förutsatt att inga saneringsåtgärder vidtas, ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.

4.2 PÅVERKAN AV TÄTNINGSÅTGÄRD

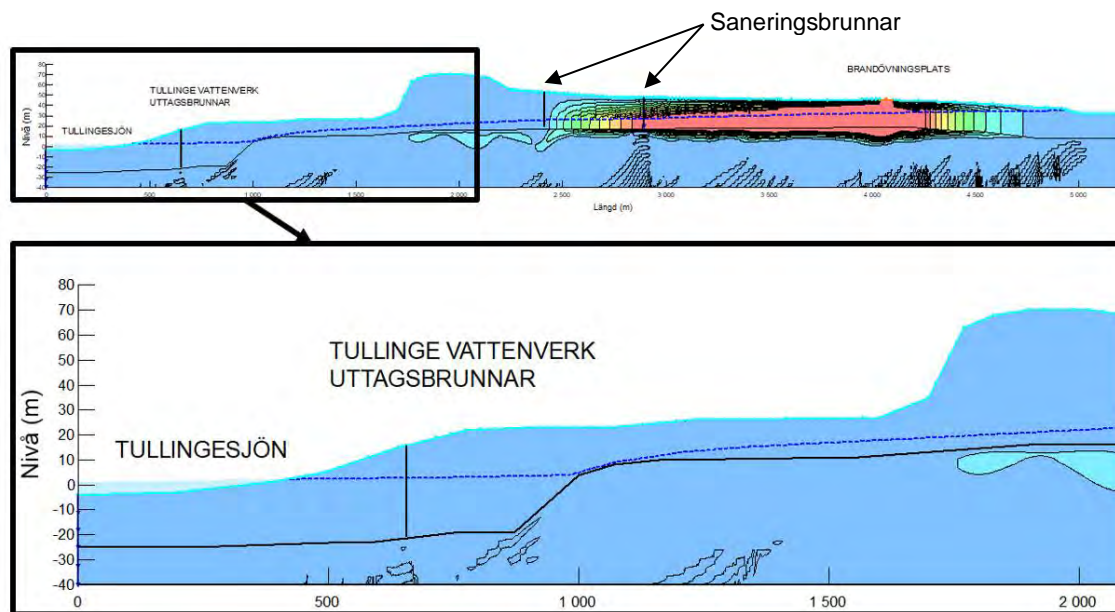
Figur 11 visar koncentrationen av PFAS i Tullingeåsens grundvatten ca år 2040, d.v.s. ca 80 år efter att PFAS började spridas från brandövningsplatsen. I beräkningsmodellen har ett tätskikt lagt på markytan året 2020, vilket hindrar infiltration ned i marken. Koncentrationen av PFAS uppgår vid vattenverket till ca 550 ng/l 20 år efter att tätskikten har anlagts.



Figur 11: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att ett tätskikt varit anlagt på ytan i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.

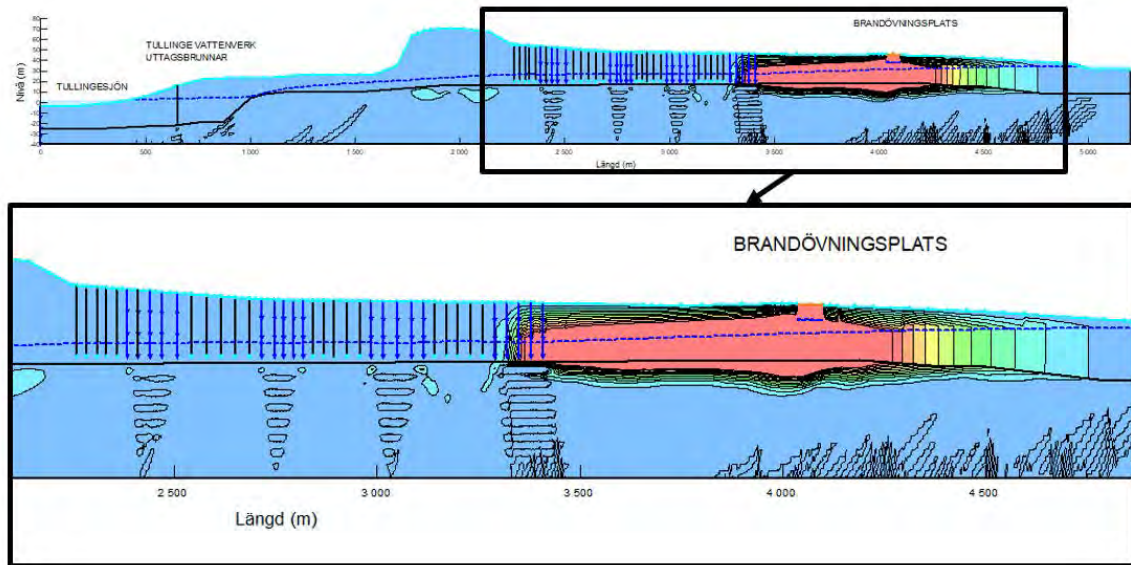
4.3 PÅVERKAN AV AKTIV SANERING

I Figur 12 redovisas resultat av transportmodellering i fallet då en mindre intensiv aktiv sanering har pågått i 20 år, d.v.s. ca år 2040. I detta scenario var endast en saneringsbrunn aktiv och hade ett uttag (samt införsel av rent vatten) på $3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$. Koncentrationen av PFAS uppgår vid vattenverket till ca 300 ng/l efter 20 år.



Figur 12: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att en mindre intensiv aktiv saneringsåtgärd med en saneringsbrunn har pågått i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.

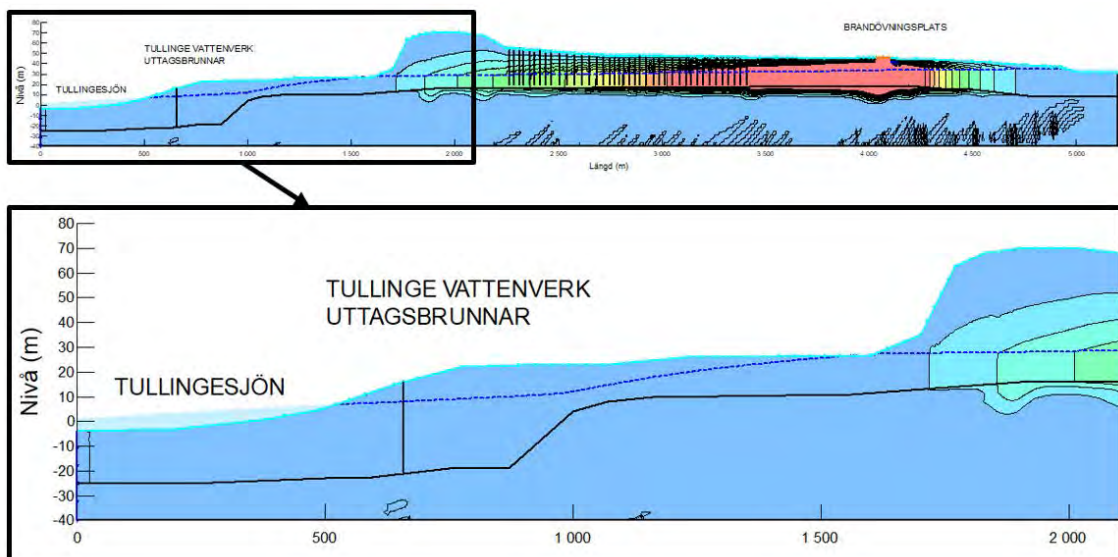
I Figur 13 visas resultat av transportmodellering i fallet då en mer intensiv aktiv sanering har pågått i 20 år, d.v.s. ca år 2040. I detta fall är tio saneringsbrunnar aktiva och pumpar ut förorenat vatten samt pumpar in rent vatten med ett flöde på $3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$. Koncentrationen av PFAS uppgår vid vattenverket till ca 270 ng/l efter 20 år.



Figur 13: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att en aktiv saneringsåtgärd med tio saneringsbrunnar pågått i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.

4.4 PÅVERKAN AV KONSTINFILTRATION

I Figur 14 visas resultat av transportmodell för fallet där konstinfiltration har tillämpats som saneringsåtgärd genom tillförsel av rent vatten ca 1000 m uppströms om vattenverket. Koncentrationen av PFAS uppgår vid vattenverket till ca 10 ng/l efter 20 år.



Figur 14: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att konstinfiltration pågått i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.

4.5 SAMMANFATTNING AV KONCENTRATION VID UTTAGSBRUNN

I Tabell 3 visas en sammanfattning av PFAS-koncentrationen vid uttagsbrunnen vid Tullinge vattenverk vid år 2040 samt 2050, vilket motsvarar 20 respektive 30 år efter att sanering antas inledas (2020).

Tabell 3: Sammanfattning av PFAS-koncentration vid uttagsbrunnen.

Scenario	PFAS-koncentration vid uttagsbrunn	
	20 års sanering (ng/l)	30 års sanering (ng/l)
Utan åtgärd	550	700
Tätning	550	650
Aktiv sanering – intensiv	270	180
Aktiv sanering – mindre intensiv	300	270
Konstinfiltration	10	3

5 DISKUSSION

5.1 ANTAGANDEN GÄLLANDE HYDROGEOLOGISKA PARAMETRAR

Niras (2018) skriver att den hydrauliska konduktiviteten utifrån tillgängliga uppgifter om grundvattenflödet kan antas ligga kring storleksordningen 1×10^{-3} m/s. Det värdet innebär att det finns lite motstånd till vattnets flöde och motsvaras enligt litteraturvärden av en grov sand eller grus (Freeze och Cherry, 1979). Niras (2018), Bilaga 3: Borrjournaler ODEX-/NOEX borring och installation av grundvattenrör, rapporterar huvudsakligen sand, finsand och mellansand under grundvattenytan. Eftersom det inte finns någon uppmätt fältdata för hydraulisk konduktivitet har vi använt ett mer konservativt värde av 1×10^{-4} m/s i modellen. Rimliga värden för friktionsjord ligger inom spannet 1×10^{-1} m/s (grovsingel) till 1×10^{-5} m/s (finsand). Den hydrauliska konduktiviteten avgör hastigheten med vilket vatten, och därmed PFAS, transporteras genom jordprofilen. En högre konduktivitet innebär en snabbare transport.

5.2 ANTAGANDEN GÄLLANDE RANDVILLKOR

Grundvattenbildning av 2×10^{-10} m³/s/m² motsvarar 6 mm/år, vilket anses vara ett lågt värde. Rodhe et al. (2006) visar att ett rimligt medelvärde för Botkyrka kommun ligger omkring 300 mm/år för grovjord. Anledningen till ett så lågt värde använts är att det var omöjligt att uppnå numerisk konvergens med en större grundvattenbildning. Enligt Vatteninformationsystem Sverige har Tullingeåsen en medelbredd av omkring 250 m. Distansen mellan Bysjön och Tullingesjön är 4300 m, vilken ger en yta av 1 075 000 m². Vid en grundvattenbildning av 300 mm/år (vilket motsvarar 0,3 m/år), fås en total vattenbildning av 1 075 000 m² x 0,3 m/år = 322 500 m³/år. Niras (2018) rapporterar att det normala grundvattenflödet i Tullingestråket mellan Bysjön anses ligga kring 5000 m³/dygn, alltså 1 825 000 m³/år, varav grundvattenbildning står för ca 18 %. Därmed är en utspädningseffekt från grundvattenbildning av betydelse men inte styrande. Att grundvattenbildning i modellen är 6 mm/år istället för 300 mm/år betyder troligtvis att PFAS halterna i det modellerade grundvattensystemet är någorlunda högre än vad den annars skulle vara.

Uttagsbrunnen vid vattenverket har antagits ta den största delen av sitt vatten från friktionsjorden istället för berget. Intaget för brunnen i modellen har därför placerats just ovanför gränsen mellan friktionsjord och berg. Uttaget från vattenverket var litet

jämfört med verkliga förhållande, vilket beror på att det inte gick att uppnå numerisk konvergens i modellen med ett högre uttag av grundvatten ur åsen.

Vattenuttaget från brunnen har en lokal inverkan på grundvattnets gradient eftersom den skapar en grundvattentratt. Det innebär att de upplösta PFAS-halterna blir indragna mot brunnen, och en högre pumpningshastighet skulle innebära en större indragningskraft. Att uttaget från vattenverket var litet jämfört med verkliga förhållanden betyder troligtvis att PFAS halterna i det modellerade systemet är någorlunda lägre än vad den annars skulle vara.

Effekten från en lägre grundvattenbildning och ett lägre uttag från vattenverket motverkar varandra. Eftersom konvergens inte uppnåddes, kunde vi inte utvärdera omfattningen av dessa effekter men båda två är av mindre betydelse jämfört med det totala flödet genom Tullingeåsensystemet.

5.3 RESULTAT AV TRANSPORTBERÄKNINGAR

Resultaten av beräkningar av PFAS-transport i Tullingeåsens grundvatten visar att ett tätskikt över brandövningsplatsen inte kommer att ha en inverkan på PFAS-halterna vid uttagsbrunnen. Även om ett effektivt tätskikt anläggs över hela källzonen kan man förvänta att PFAS-halterna kommer att öka vid vattenverket under minst 30 års tid. Detta på grund av PFAS-mängder som redan är i grundvattensystemet som långsamt sprids genom Tullingeåsen. Aktiv sanering med pump and treat har en inverkan på halterna vid uttagsbrunnen, och till skillnad från ett tätskikt kommer den totala mängden av PFAS i Tullingeåsen att minska.

Den mest effektiva åtgärden för att minska PFAS-halter vid uttagsbrunnen är konstinfiltration, där ytvatten från Tullingesjön infiltreras i åsen uppströms uttagsbrunnen. Denna saneringsåtgärd tar dock inte bort någon förorening ur Tullingeåsen. Aktiv sanering med pump and treat sänker halter av PFAS vid vattenverket samtidigt den resulterar i en minskning av mängden PFAS i Tullingeåsen.

5.4 OSÄKERHETER OCH FÖRBÄTTRINGSFÖRSLAG

I en numerisk modell finns alltid osäkerheter och antaganden. Modellen hade haft mindre osäkerheter om det hade funnits platsspecifika materialparametrar, samt en mer detaljerad kartläggning av friktionsjorden i Tullingeåsen. Utökning av modellen till en 3D-variant skulle förbättra vår förståelse av hur PFAS sprider sig genom systemet.

5.5 TEKNISKGRANSKNING AV MODELLEN

Delar av transportmodellen har externt utvärderats av modelleringsexpert Kathryn Dompierre, Ph.D., P.Eng. på GeoStudios i Calgary, Canada.

6 REFERENSER

Ferrey, M. L., Wilson, J. T., Adair, C., Su, C., Fine, D. D., Liu, X., & Washington, J. W. (2012). Behavior and fate of PFOA and PFOS in sandy aquifer sediment. *Groundwater Monitoring & Remediation*, 32(4), 63-71.

Freeze, R.A., Cherry, J.A. 1979. Groundwater. Prentice Hall, NJ.

Hale, S. E., Arp, H. P. H., Slinde, G. A., Wade, E. J., Bjørseth, K., Breedveld, G. D., ... & Høisæter, Å. (2017). Sorbent amendment as a remediation strategy to reduce PFAS mobility and leaching in a contaminated sandy soil from a Norwegian firefighting training facility. *Chemosphere*, 171, 9-18.

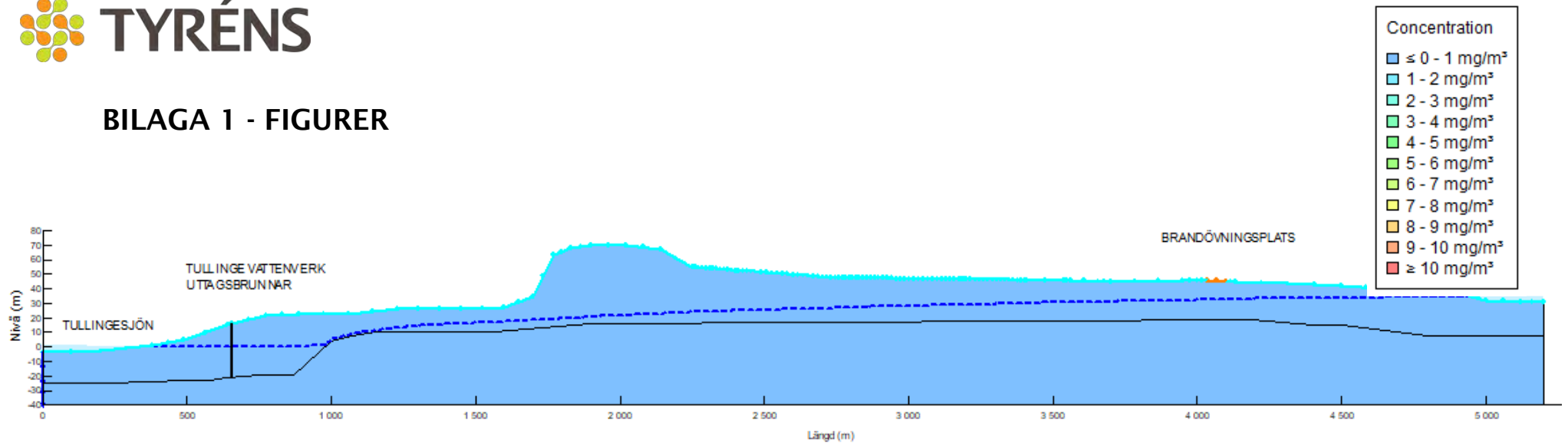
Livsmedelsverket. 2016. Risker vid förorening av dricksvatten med PFAS.

Milinic, J., Lacorte, S., Vidal, M., & Rigol, A. (2015). Sorption behaviour of perfluoroalkyl substances in soils. *Science of the Total Environment*, 511, 63-71.

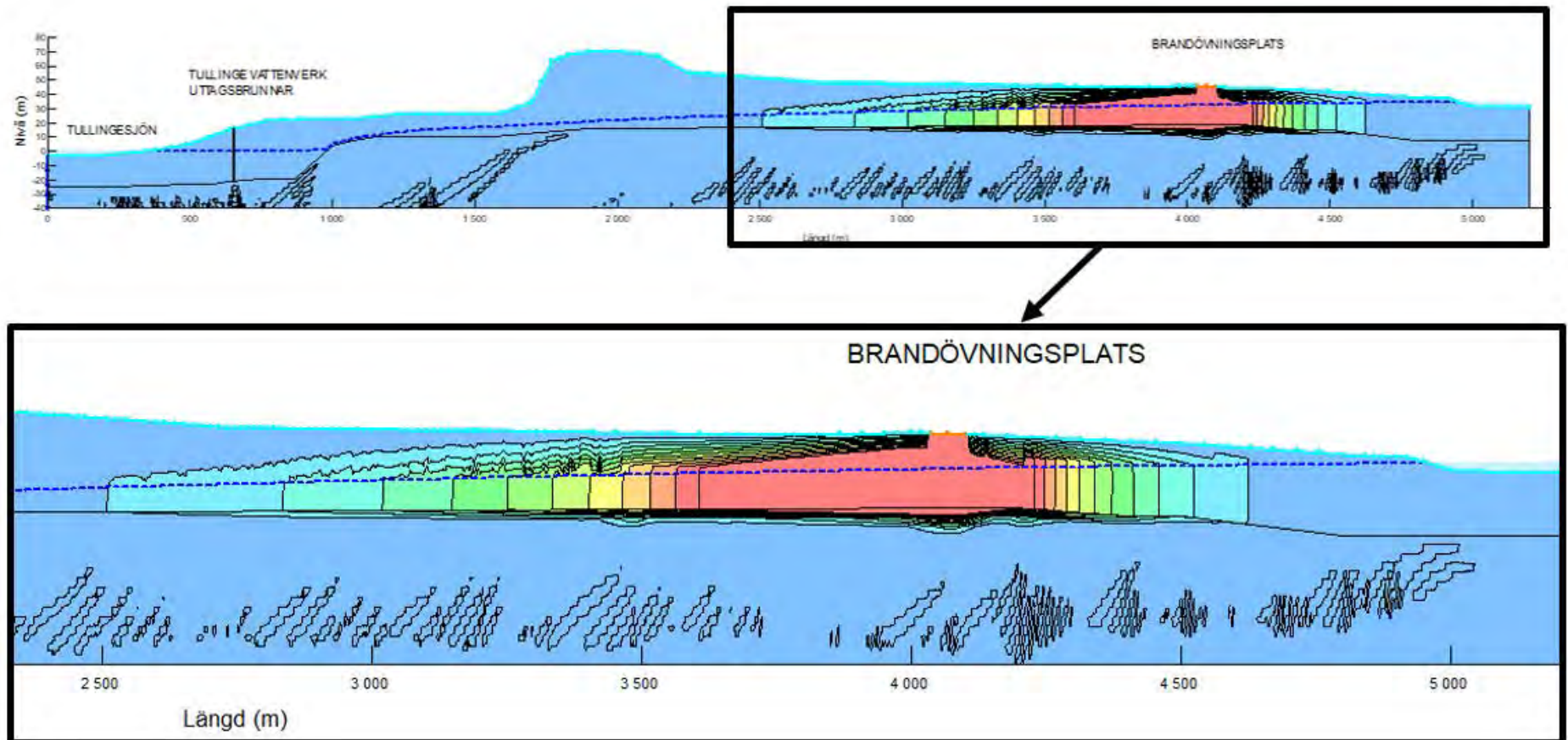
NIRAS. 2018. Åtgärdsförberedande utredning avseende PFAS-förorening på f.d. huvudbrand- och napalmövningsplatsen vid f.d. F 18 i Tullinge. Bilaga 0. FM2016-9188:11. 2018-03-12. 64 pp.

Rodhe, A., Lindström, G., Rosberg, J., Pers, C. 2006. Grundvattenbildning i svenska typjordar - översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell. Uppsala University Report Series A No. 66. 27 pp.

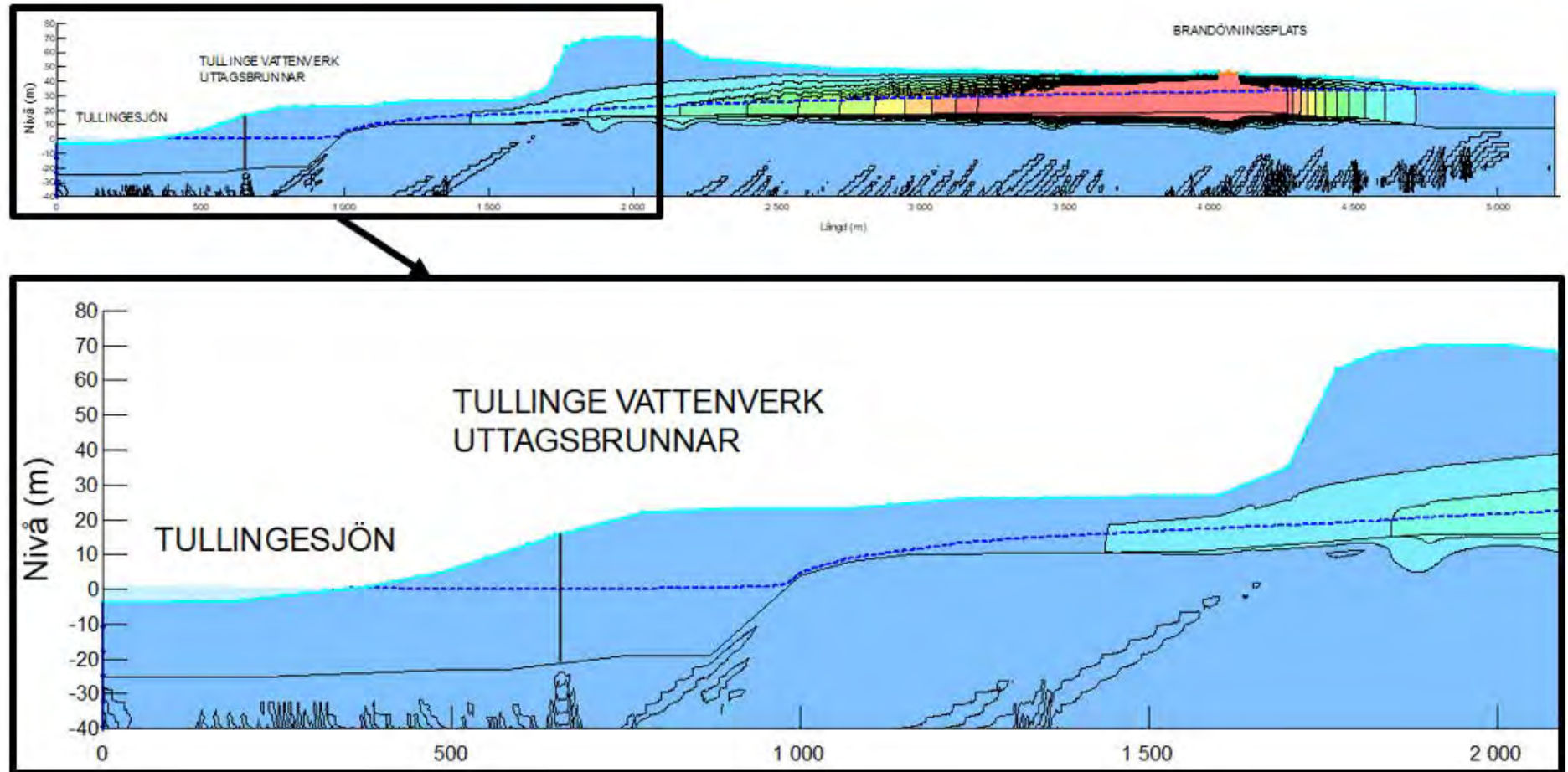
BILAGA 1 - FIGURER



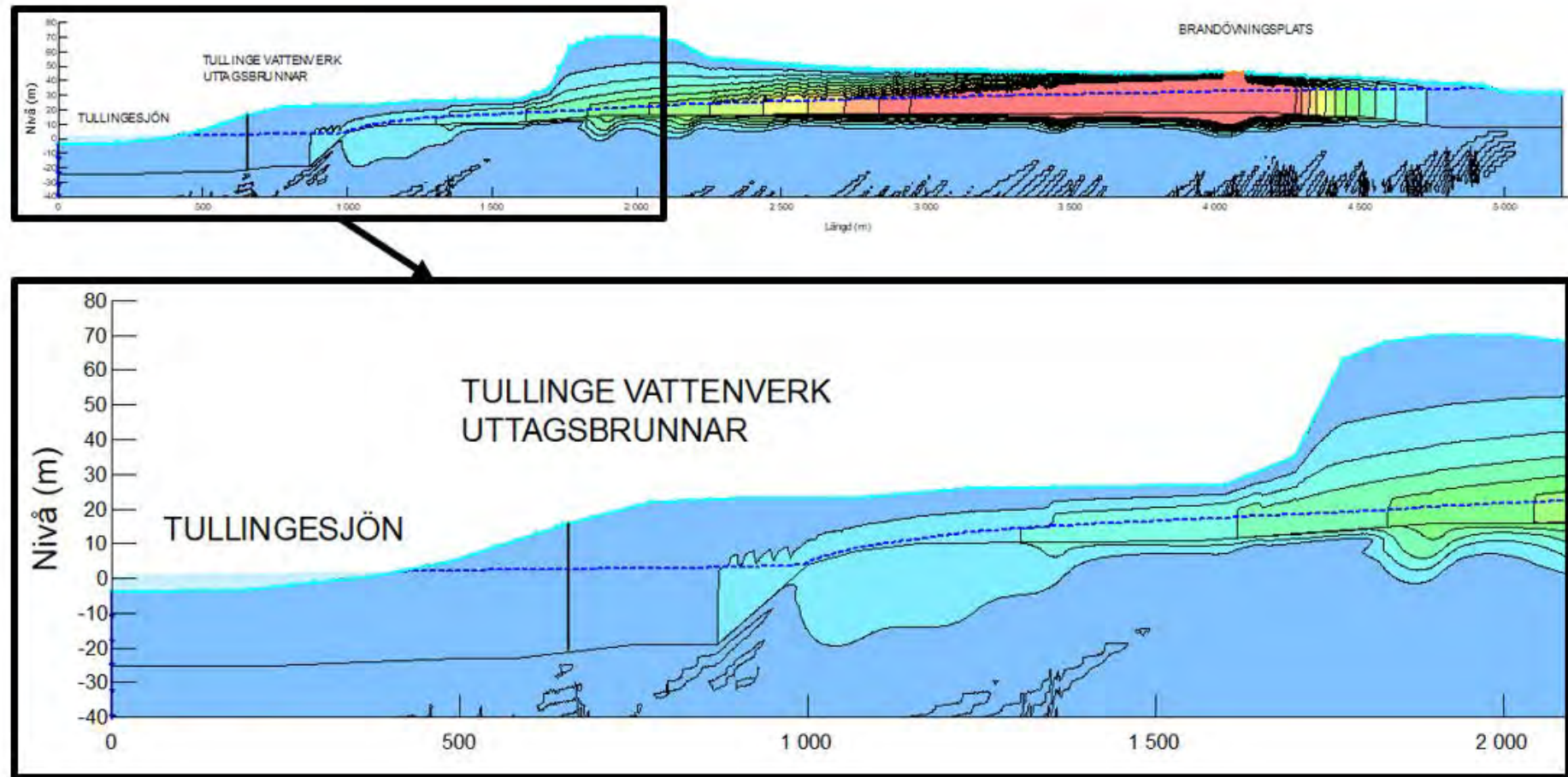
Figur 7: Initial koncentration av PFAS i grundvattnet då utsläppen av PFAS började vid flygflottilj F18 ca år 1960



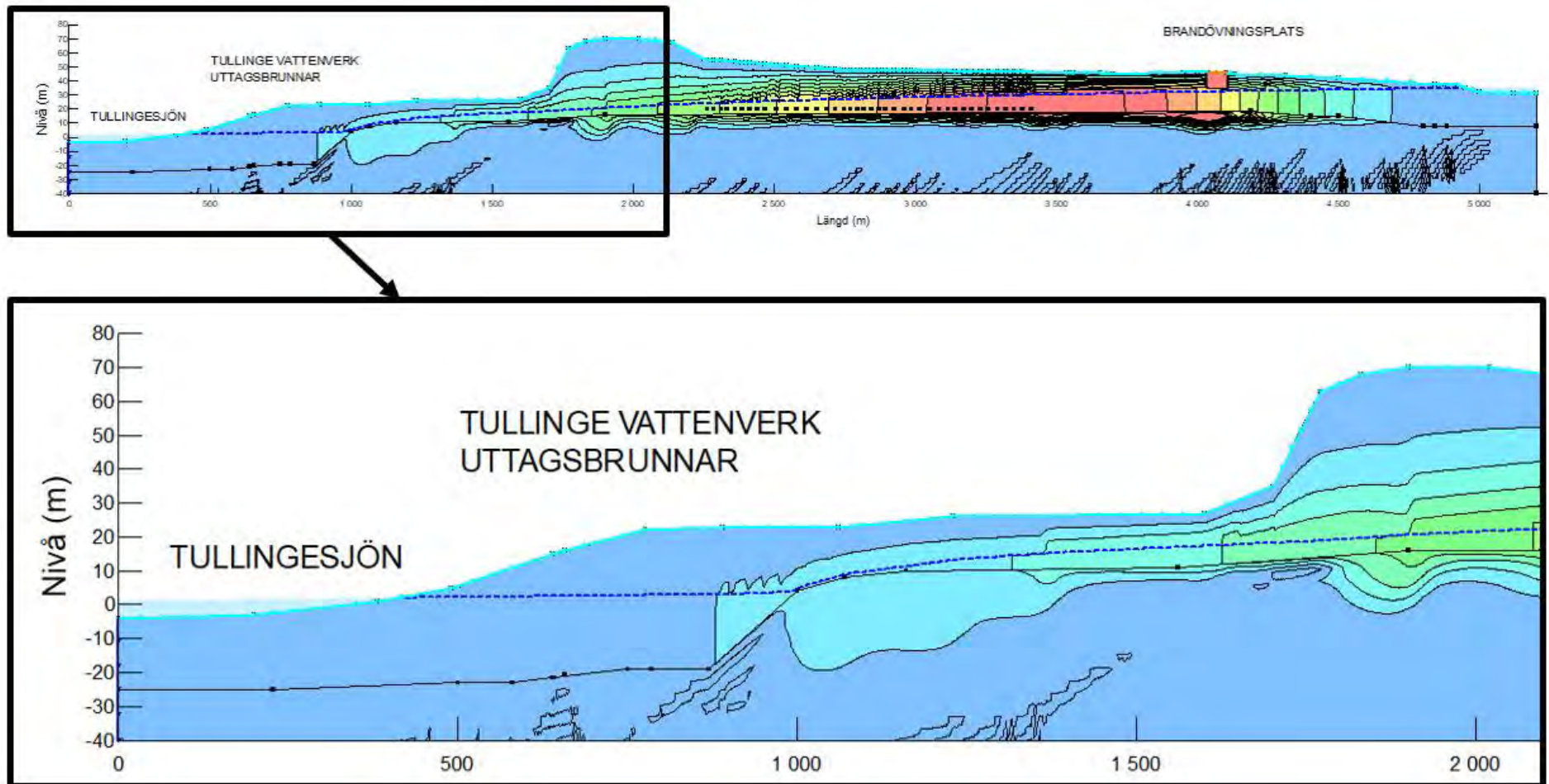
Figur 8: Koncentration av PFAS i Tullingeåsens grundvatten ca 20 år efter att utsläppen av PFAS startade (d.v.s. ca år 1980).



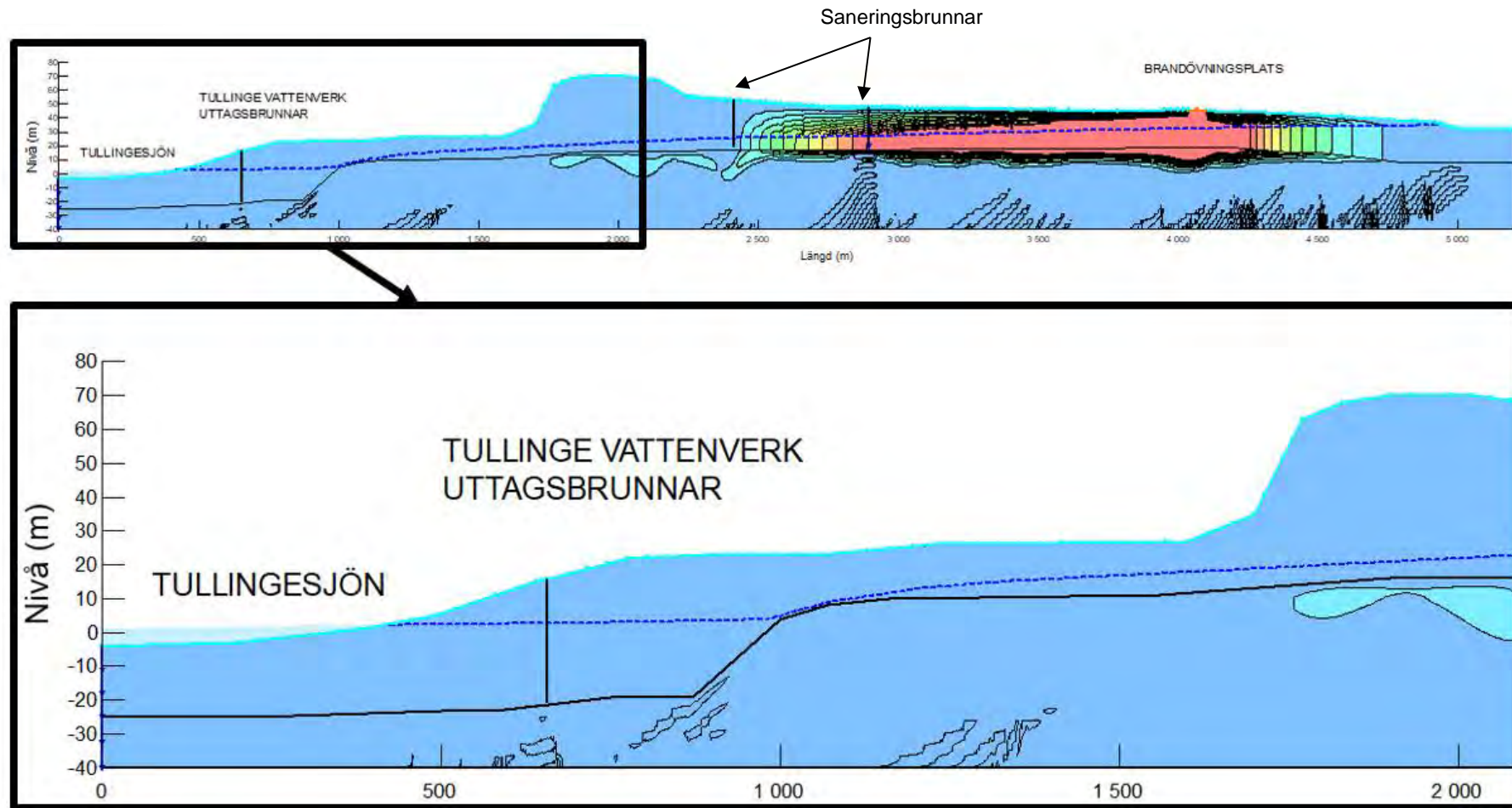
Figur 9: Koncentration av PFAS i Tullingeåsens grundvatten 50 år efter att utsläppen av PFAS startade (d.v.s. ca år 2010).



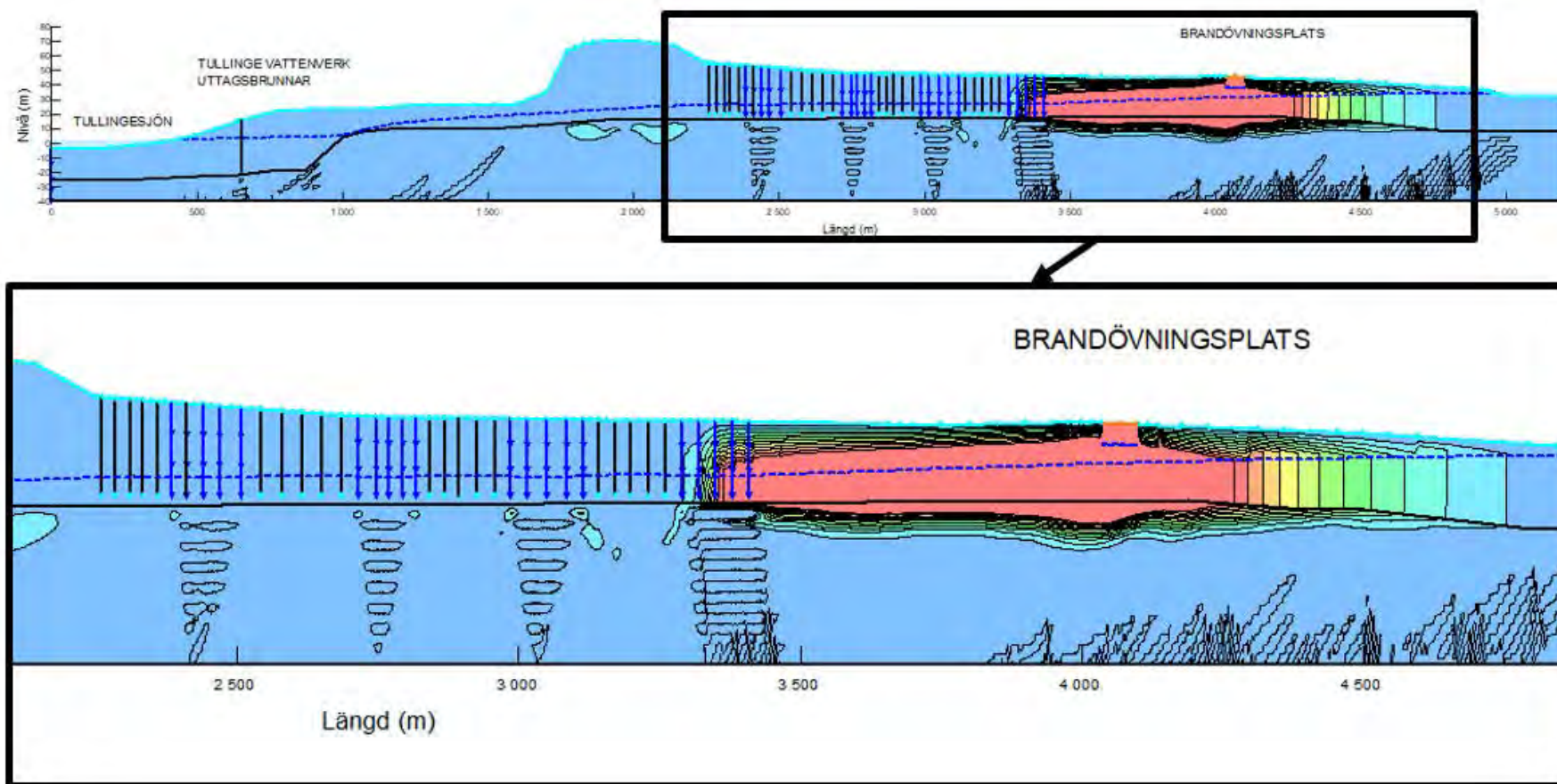
Figur 10: Koncentration av PFAS i Tullingeåsens grundvatten ca år 2040, förutsatt att inga saneringsåtgärder vidtas, ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.



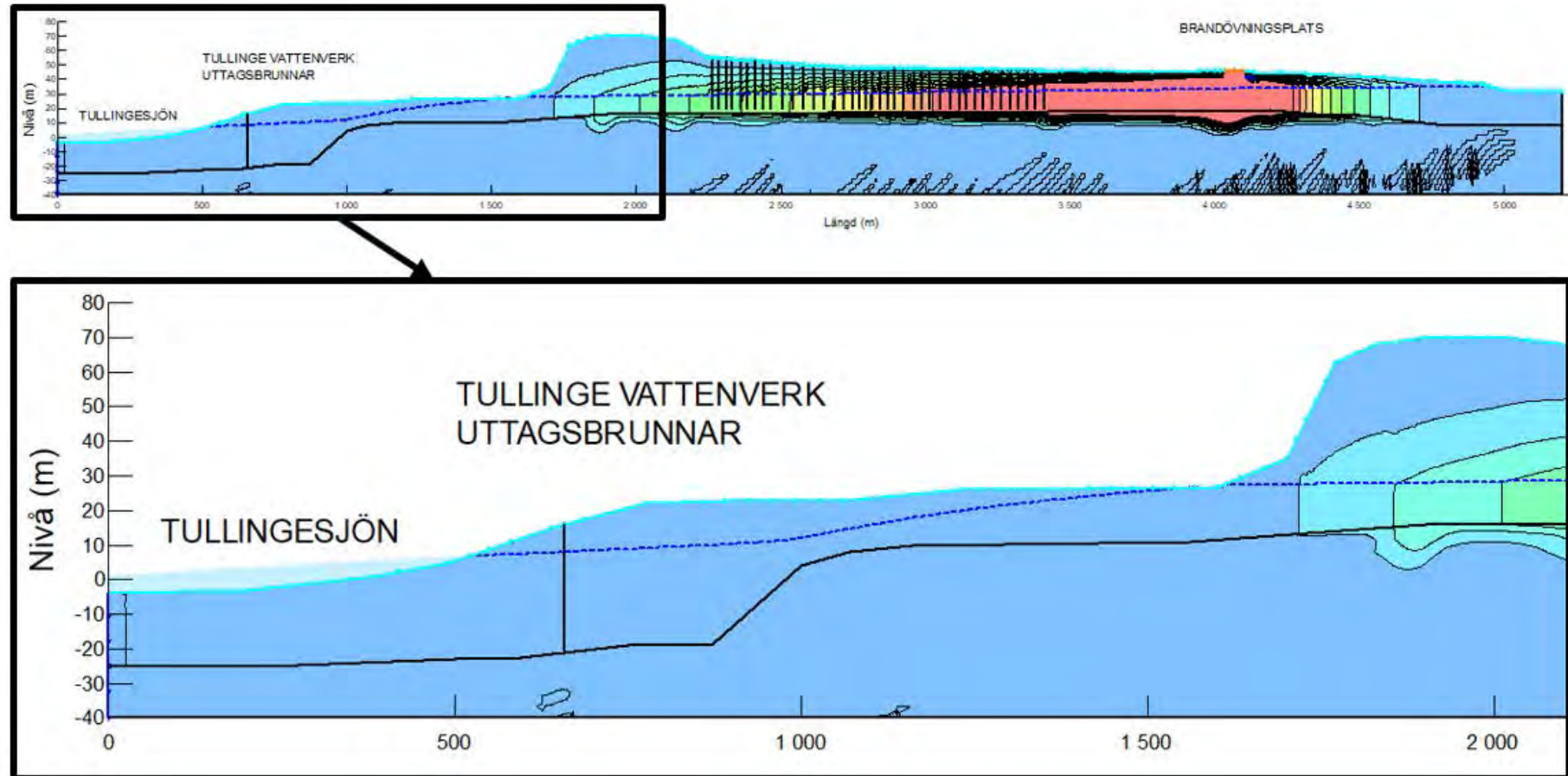
Figur 11: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att ett tätskikt varit anlagt på ytan i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.



Figur 12: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att en mindre intensiv aktiv saneringsåtgärd med en saneringsbrunn har pågått i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.



Figur 13: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att en aktiv saneringsåtgärd med tio saneringsbrunnar pågått i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.



Figur 14: Koncentration av PFAS i grundvattnet ca år 2040 i Tullingeåsen vid vattenverket samt den f.d. brandövningsplatsen efter att konstinfiltration pågått i ca 20 år, d.v.s. ca 80 år efter att utsläppen av PFAS startade.

RAPPORT
**TULLINGE VATTENVERK
UTREDNING AV PFAS RENINGSPROCESS**



UPPDRAG 292 010, Tullinge vattenverk åtgärdsutredning PFAS

Titel på rapport: TULLINGE VATTENVERK
UTREDNING AV PFAS RENINGSPROCESS

Status: Slutrapport

Datum: 2019-09-02

MEDVERKANDE

Beställare: Botkyrka kommun, Tekniska förvaltningen

Kontaktperson: Anette Rosdahl

Konsult: Tyréns AB

Uppdragsansvarig: Peter Olsson

Handläggare: Rafea Naif Majeed

Kvalitetsgranskare: Håkan Bergsten

REVIDERINGAR

Rafea Naif Majeed 2019-06-28

SAMMANFATTNING

I föreliggande rapport redogörs för vad PFAS är för ämne. Rapporten beskriver PFAS toxicitet samt dess inverkan på människan. Rapporten redogör även för de nu i dag möjliga reningsmetoder vilka kan avlägsna PFAS i vatten. Varje reningsmetod beskrivs var för sig och en jämförelse görs mellan de olika metoderna avseende till exempel kostnader, underhåll, livslängd, avfallshantering. Rapporten redogör även för vilka olika PFAS ämnen som de beskrivna reningsanläggningarna klarar av att rena.

Utifrån underlag avseende råvattenbeskaffenhet i Tullinge vattenverk och analyser på resultaten av råvattenprovtagningar beskrivs ett flertal lämpliga reningsmetoder för PFAS i rapporten. Halter är baserat på nuvarande riktvärden/åtgärdsgränser och eventuella kommande krav för halter av PFAS i vatten efter rening. Metodval tar även hänsyn till dimensionering av tänkta reningsanläggningar samt drift och underhåll av dessa.

Rapporten inkluderar även en grov kalkylkostnad för varje reningsteknik bestående av investeringskostnad och driftkostnad.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	PFAS ÄMNEN I DRICKSVATTEN.....	6
1.1	VAD ÄR PFAS ÄMNEN?	6
1.2	EGENSKAPER HOS PFAS ÄMNEN	6
1.3	TOXICITET FÖR MÄNNISKOR	6
2	MÖJLIGA TEKNIKER FÖR RENING AV PFAS ÄMNEN I VATTEN.....	7
2.1	EFFEKTIVA TEKNIKER FÖR RENING AV PFAS ÄMNEN I VATTEN.....	7
2.1.1	ANJONBYTARMASSOR	7
2.1.2	MEMBRANFILTRERING	9
2.1.3	GRANULÄRT AKTIV KOL (GAK)	10
2.1.4	PAC PULVERISERAT AKTIVT KOL	11
2.2	FÖRDELAR OCH NACKDELAR FÖR DE TRE VANLIGASTE RENINGSTEKNIKerna FÖR PFAS I VATTEN.....	12
2.3	INEFFEKTIVA TEKNIKER FÖR RENING AV PFAS ÄMNEN I VATTEN.....	13
2.3.1	KONVENTIONELL BEHANDLING	13
2.3.2	LÅGTRYCKSMEMBRAN	13
2.3.3	OXIDATION MED HJÄLP AV OZON ELLER VÄTEPEROXID.....	13
2.3.4	OXIDATION MED HJÄLP AV KALIUMPERMANGANAT (KMNO ₄).....	13
2.3.5	OXIDATION MED HJÄLP AV TITANDIOXID (TiO ₂) OCH UV-LJUS.....	13
3	TULLINGE VATTENVERK.....	14
3.1	RÅVATTENTÄKTER.....	14
3.2	INKOMMANDE RÅVATTENS OCH UTGÅENDE DRICKSVATTENS BESKAFFENHET	14
3.2.1	OBSERVATIONER UTIFRÅN RESULTATET AV VATTENANALYS.....	15
4	RENINGSTEKNIKER SOM KONCEPT FÖR RENING AV PFAS ÄMNEN I VATTEN TILL OLIKA RIKTVÄRDEN.....	16
4.1	KONCEPT-1 RIKTVÄRDE ÄR 90 NG/L.....	16
4.1.1	RENINGSPROCESS	16
4.1.2	DIMENSIONERING AV RENINGSPROCESS.....	17
4.1.3	DRIFT AV PROCESSEN	18
4.1.4	SERVICE OCH UNDERHÅLL.....	18
4.1.5	PLACERING AV GAK-ANLÄGGNING.....	18
4.2	KOSTNADSKALKYL.....	18
4.2.1	INVESTERINGSKOSTNAD	18
4.2.2	DRIFTKOSTNAD	19
4.2.3	TEKNISK LIVSLÄNGD	19
4.3	KONCEPT-2 RIKTVÄRDE ÄR 45 NG/L.....	19

4.3.1	DIMENSIONERING AV RENINGSPROCESS.....	20
4.3.2	SERVICE OCH UNDERHÅLL.....	20
4.4	PLACERING AV GAK- ANLÄGGNING	20
4.5	KOSTNADSKALKYL.....	20
4.5.1	INVESTERINGSKOSTNAD	20
4.5.2	DRIFTKOSTNAD	21
4.5.3	TEKNISK LIVSLÄNGD	21
4.6	KONCEPT-3 RIKTVÄRDE ÄR 8 NG/L	21
4.6.1	DIMENSIONERING AV TEJNIKEN	22
4.6.2	DRIFT	23
4.6.3	SERVICE OCH UNDERHÅLL.....	23
4.7	PLACERING AV ANLÄGGNINGEN.....	23
4.8	KOSTNADSKALKYL.....	23
4.8.1	INVESTERINGSKOSTNAD	23
4.8.2	DRIFTKOSTNAD	24
4.8.3	TEKNISK LIVSLÄNGD	24
5	REFERENSER.....	25

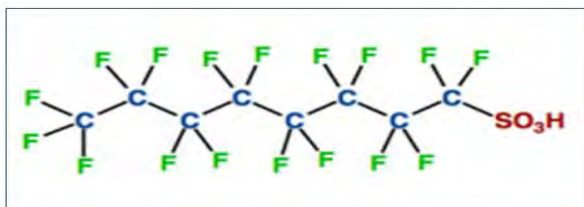
1 PFAS ÄMNEN I DRICKSVATTEN

1.1 VAD ÄR PFAS ÄMNEN?

PFAS (Poly- och Perfluorerade AlkylSubstanser) är ett samlingsnamn för en stor grupp ämnen. De förekommer inte naturligt, utan började framställas i mitten av 1900-talet. Det finns över 4000 olika ämnen i PFAS-gruppen. De mest kända substanserna som förkommer i ytvatten samt grundvatten är PFOA Figur 1 och PFOS Figur 2.



Figur 1. Perfluoroktansyra PFOA.



Figur 2. Perfluoroktan-sulfonsyra PFOS-salt.

1.2 EGENSKAPER HOS PFAS ÄMNEN

Det finns flera egenskaper som är gemensamma för PFAS ämnen och som påverkar hur dessa ämnen beter sig i sin omgivning:

- Starka kemiska bindningar
- Negativt laddad
- Låg instabilitet
- Hög molekyl vikt
- Måttlig löslighet

1.3 TOXICITET FÖR MÄNNISKOR

Varför behöver vi avlägsna PFAS ämnen från dricksvattnet? Flera olika studier visar att PFAS ämnen som människor exponeras för, huvudsakligen genom förtäring, kan förknippas med rad olika toxiska effekter och sjukdomar:

- PFAS binder till proteiner (inte lipider / fetter) och detekteras huvudsakligen i blod, lever och njurar.
- PFOS: cancerframkallande "suggestiv". PFOA: "Möjlig cancerframkallande" (Internationella byrån för forskning om Cancer 2014).
- Studie med 656 barn visade att förhöjd exponering för PFOS & PFOA är förknippade med minskad immunitet (Science Daily-2012).
- Stor epidemiologisk studie på 69 000 personer visade en trolig koppling mellan förhöjda PFOA-blodnivåer och följande sjukdomar: högt kolesterol, ulcerös kolit, sköldkörtelsjukdom, testikelcancer och njurcancer. (NRDC).

- Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet (2008) har upprättat riktvärden för exponeringen för PFOS på 150 ng/kg kroppsvikt per dag och för PFOA på 1500 ng/kg kroppsvikt per dag.

2 MÖJLIGA TEKNIKER FÖR RENING AV PFAS ÄMNEN I VATTEN

2.1 EFFEKTIVA TEKNIKER FÖR RENING AV PFAS ÄMNEN I VATTEN

Effektiva tekniker innefattar i huvudsak fysikaliska reningsprocesser som baserade på fysisk separation. Följande är exempel på sådana reningstekniker:

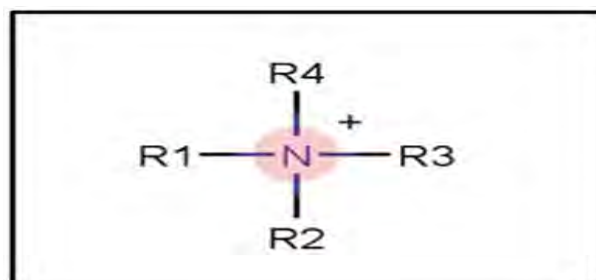
- Rening med anjonbytarmassor
- Membranfiltrering
- Granulärt aktiv kol (GAK)
- PAC pulveriserat aktivt kol

2.1.1 ANJONBYTARMASSOR

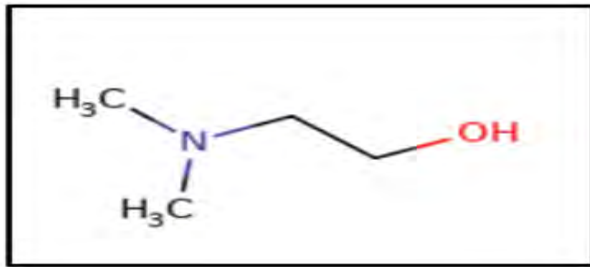
En jonbytarmassa är en massa eller en polymer som fungerar som ett medium för jonbyte. Det är en olöslig matris (eller stödstruktur) normalt i form av små mikrokulor eller pulver, vanligtvis vit eller gulaktig, tillverkad av ett organiskt fast eller polymert substrat. Det är poröst, vilket ger en stor yta på och inuti materialet. Anjonbytarmassa är olösliga substanser som i sin molekylstruktur har sura eller basiska radikaler som kan bytas ut. De positiva eller negativa jonerna på dessa radikaler ersätts av joner med samma tecken i lösningen som kommer i kontakt med dem. Utbyte av joner sker tillsammans med den medföljande frisättningen av andra joner, därmed kallas processen jonbyte.

Det finns flera typer av jonbytarmassor. Porstorleken hos syntetiska anjonbytarmassor kan bestämmas på ett enklare sätt och är mer homogen än i t.ex. granulärt aktivt kol. Massor som används för att adsorbera svaga organiska syror, såsom PFCA, PFSA och PFPA, består ofta av anjonbytarmassor med stark bas, och de funktionella grupperna "kvartär amin" (typ 1) se Figur 3, eller "dimetyletanolamin" (typ 2), se Figur 4. Nämnas bör även polymer Typ 3, som tillverkas av polystyrenulfonat, se Figur 5 och Figur 6.

Typ 1-massor uppvisar högre stabilitet än typ-2 samt även starkare affinitet för svaga syror, vilka ofta finns närvarande i vattnet. Typ 1 uppvisade dessutom högre kemisk och termisk stabilitet än typ 2-massor. Däremot var deras regenereringseffektivitet lägre än typ 2 massor, typ 2 massor är tillräckligt basiska för att avlägsna de flesta svaga syra joner.



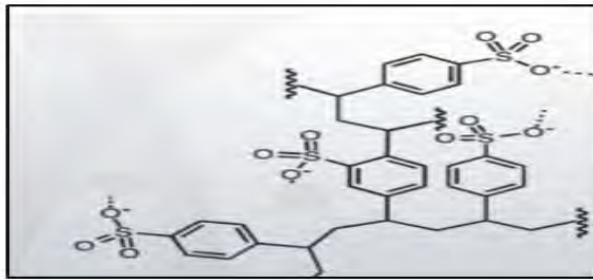
Figur 3. Kvartär amin.



Figur 4 . Dimetyletanoamin

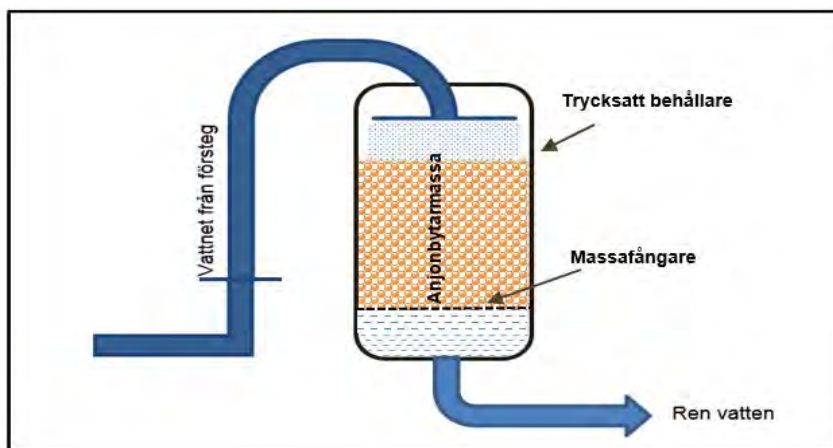


Figur 5 Anjonbyte kåda.



Figur 6 Polystyrenslfonat.

Massornas tendens att blanda sig med, upplösas i eller fuktas med vatten avgör adsorptionsförmåga hos massorna att attrahera PFAS ämnen från vattnet. pH-värdet i vattnet spelar stor roll vid adsorption av PFAS-ämnen, vid ändring av pH-värdet ändras joniska tillståndet [neutral eller anjonisk] och adsorbentens laddning. Vattenreningssprocessen med hjälp av anjonbyttarteknik visas schematiskt i Figur 7. Reningsgrad som kan uppnås 10-90% av PFOA och >90% av PFOS



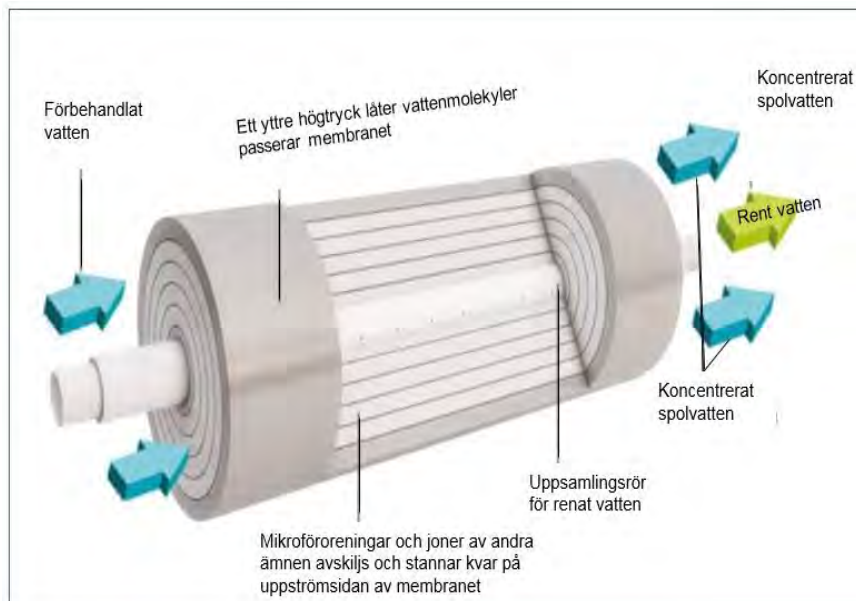
Figur 7. Vattenreningssprocess med anjonbytteteknik

2.1.2 MEMBRANFILTRERING

Membranfilter eller "membran" är mikroporösa plastfilmer. Genom ytfångst behåller membranerna partiklar eller mikroorganismer som är större än deras porstorlek. Vissa partiklar som är mindre än den angivna porstorleken kan behållas av andra mekanismer. Det finns många olika typer av membranfilter som t.ex. ultrafilter, nano filter, omvänd osmos (RO) filter, lågtryck membranfilter m.fl.

Olika membrantyper används beroende på storleken på de molekyler som ska rensas bort, t.ex. nano filter har porstorlekar på 0,5–2 nm för att hålla kvar molekyler med en storlek på ca 1 nm, medan RO-membran med porstorlekar under 0,5 nm används för mindre molekyler eller salter. Processerna i dessa högtrycksmembran sker i driftryck (5–80 bar), de kännetecknas vanligtvis av en molekylviktsgrens på 200–2 000 Dalton (det är ungefär vad en neutron eller proton väger och det motsvarar 1/12 av kolisotopen ¹²C) vid nano-filtrering och mindre än 200 Dalton för omvänd osmos membranfilter.

Omvänd osmos (RO) membranfilter används mest för att rena vatten från lokala föroreningar, men det finns nackdelar med den här reningsprocessen. Membranerna tar också bort många viktiga parametrar från det reade dricksvatten så som hårdhet, alkalitet samt att pH blir lågt vilket i sin tur kräver att det tillsätts vissa joner igen efter reningsprocessen för att vattnet skall vara lämpligt som dricksvatten. Ett typiskt omvänd osmosmembranfilter visas i Figur 8.



Figur 8 Omvänd Osmos membranfilter-R/O.

Val av membranfilter för rening av råvatten för dricksvattenproduktion bör utgå ifrån vilken typ av föroreningar som ska avlägsnas och deras koncentration i råvattnet, detta eftersom varje typ av membranfilter har sin egen reningsfunktion, reningsgrad, livslängd samt driftkostnad. I Figur 9 visas ett exempel på en membranfilteranläggning med omvänd osmos. Reningsgrad som kan uppnås > 90%.



Figur 9. Omvänd osmosmembran filteranläggning.

2.1.3 GRANULÄRT AKTIV KOL (GAK)

Aktivt kol är en produkt som tillverkas industriellt. Aktivt kol tillverkas av ett material som innehåller kol med stor inre adsorberande yta (hydrofob yta). Adsorption innebär vidhäftning eller klibbning av molekyler av gas, vätska eller upplösta fasta ämnen, på ytan av ett fast material, eller ibland i en vätska. Aktivt kol kan även absorbera molekyler. Absorption innebär passagen av ett ämne i eller genom huvuddelen av ett annat medium.

De vanliga råmaterialen för tillverkning av aktivt kol är trä, torv, kokosnötskal, brunkol, antracit och stenkol, men även olivkärnor och andra fruktkärnor kan användas.

Vid användning av aktivt kol är adsorptions- och kemisorption förmågan de två viktigaste egenskaperna för rening av vatten. Adsorption är en fysikalisk process som kan reverseras. Under adsorption tas gasformiga (adsorbenta) eller fria (adsorptiva) ämnen upp av det aktiva kolet. Vid behandling av vatten är adsorptionsförmågan utmärkt för rening av organisk bakgrundskontamination, t.ex. humusämnen och organiska föroreningar. Kemisorption är en katalytisk process som uppstår på ytan av det aktiva kolet.

Filtrering genom granulärt aktivt kol har visat sig vara en effektiv metod men bara om kolet är färskt eller nyligen regenererat. Korta genombrotstider har observerats, framför allt hos ämnen med korta kolkedjor (mindre än åtta kolatomer), vilket innebär att filter med granulärt aktivt kol måste regenereras ofta för att reningsmetoden ska fungera optimalt. I Figur 11 ser man absorption samt adsorptions förmåga hos aktiverade kolgranuler. Reningsgrad som kan uppnås av PFOA & PFOS > 90 %



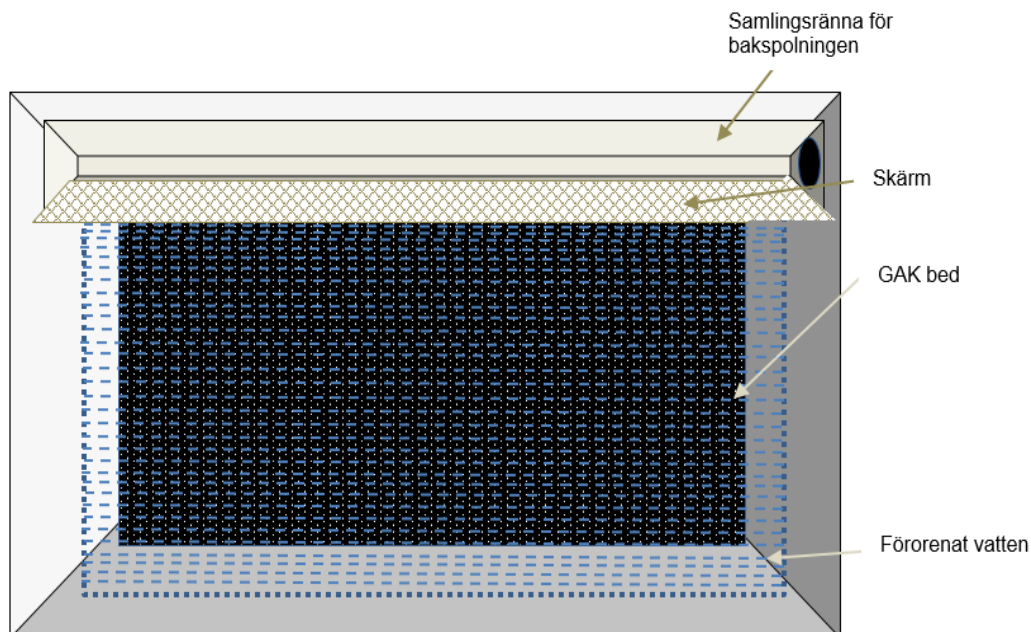
Figur 10. Aktiverade Kolgranuler



Figur 11. föroreningar och ångor har adsorberat och absorberat till GAK

2.1.4 PAC PULVERISERAT AKTIVT KOL

PAC är en typ av aktivt kol som säljs i pulveriserad form och har en medelvärdes kornstorlek på 20–50 μm . PAC tillverkas oftast av sågspån. PAC används huvudsakligen inom vattenrening för att ta bort organiskt material som ger vattnet dålig smak och lukt, men är även effektivt för att ta bort pesticider och herbicider vid låga koncentrationer. Det kan tillsättas direkt till vattnet och brukar användas vid säsonger med höga halter av organiskt material. Dock är PAC svårt att återaktivera. Pulveriserat aktivt kol har en PFAS reningsgrad som ligger mellan 10–97 %, men det kräver mer kolmassa än GAK. Varje liter vatten som ska renas från PFAS ämnen kräver mer än 50 mg pulveriserat kol för att nå 90% reningsgrad eller 16 mg för varje liter vatten vid 50% reningsgrad. En principskiss av en reningsprocess med pulveriserat aktivt kol visas i Figur 12.



Figur 12. Principskiss av en aktiv kolbassäng med aktivt kol.

2.2 FÖRDELAR OCH NACKDELAR FÖR DE TRE VANLIGASTE RENINGSTEKNIKERNA FÖR PFAS I VATTEN

Tabell 1. Jämförelse mellan de tre vanligaste reningsteknikerna för PFAS i vatten

Anjonbyte	Omvänd Osmos R/O	Granulat Aktivt Kol (GAK)
Mängden rent vatten efter filtret är lika med inkommande vatten till filtret.	Mängden ren vattenprocent efter filtreringsprocess [Recovery] kan vara låg.	Mängden rent vatten efter filtret är lika med inkommande vatten till filtret.
Ett användningssystem producerar ingen förorenande saltlösning men kräver korrekt avfallshantering	Avfall/restprodukter måste hanteras.	Små GAK-granuler som följer med spolningsvatten bör samlas in och deponeras.
Konkurrens med gemensamma joner för bindningsställen på massan kan påverka effektiviteten.	Avskiljning av flera föroreningar.	Konkurrens för adsorption med andra föroreningar kan minska effektiviteten.
Mineraltillsats är inte nödvändigt, och det innebär att mineralkoncentrationen är nästan lika före som efter filtret.	Mineraltillsats kan vara nödvändigt och det innebär flera eftersteg för att höja justera parametrar som t.ex. alkanitet, hårdhet samt pH	Mineraltillsats är inte nödvändigt, och det innebär att mineralkoncentrationen är nästan lika före som efter filtret.
Fungerar bäst för ämnen med långa kedjor av PFC- ämnen [Perfluor-kol organiska ämnen].	Fungerar bra med långa samt korta kedjor av PFC- ämnen [Perfluor-kol organiska ämnen].	Granulerad - GAK är den vanligaste behandlingsmetoden för långa kedjor PFC-ämnen [Perfluor-kol organiska ämnen].
Organiska ämnen, totalt upplösta fasta ämnen, mineralkanaler täpper igen massan och minskar effektiviteten.	Organiska ämnen, totalt upplösta fasta ämnen, mineralkanaler täpper igen membran och minskar effektiviteten.	Organiska upplösta ämnen täpper igen porer i GAK massan och minskar effektiviteten.
Reningsgrad av PFOA 10-90% och PFOS >90%	Reningsgrad av PFOA & PFOS > 90 %	Reningsgrad av PFOA & PFOS > 90 %
Lägre driftkostnad	Hög driftkostnad [Energikrävande]	Lägre driftkostnad
Regenerering av massan med natriumkloridlösning	Högt vattenflöde vid rengöring av RO-filtret genom (bakspolning)	Termisk regenerering av GAC är nödvändigt.
Kortare EBCT [kontaktid] och det innebär att tekniken kräver mindre filtervolym	Ingen kontaktid utan vattnet passerar membran med hjälp av högt tryck.	Längre EBCT [kontaktid] och stor filtervolym.
Acceptabel investeringskostnad	Hög investeringskostnad	Låg investeringskostnad

2.3 INEFFEKTIVA TEKNIKER FÖR RENING AV PFAS ÄMNER I VATTEN

Det finns även ett stort antal reningstekniker som inte är effektiva vad gäller rening av PFAS ämnen i vatten. Dessa omfattar fysikaliska och kemiska reningsprocesser:

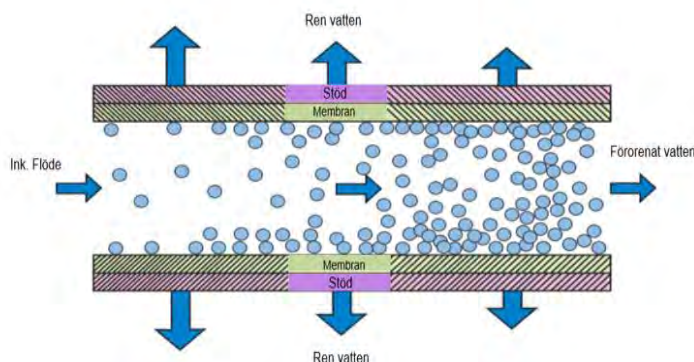
- Konventionell behandling
- Lågtrycksmembran
- Oxidation med hjälp av Ozon eller väteperoxid
- Oxidation med hjälp av Kaliumpermanganat (KMnO₄)
- Oxidation med hjälp av titandioxid (TiO₂) och UV-ljus

2.3.1 KONVENTIONELL BEHANDLING

Konventionell behandling omfattar processer såsom koagulering, flockning, sedimentering och filtrering (snabb och långsamfilter). Reningsgraden avseende PFAS vid konventionell behandling är väldigt låg. Dessa metoder räcker generellt inte för att avskilja PFAS ämnen i vatten till önskvärda nivåer.

2.3.2 LÅGTRYCKSMEMBRAN

Den typ av membran består av ett antal plaströr med väldigt små diameter som kan avskilja partiklar, humusämnen och mineraler samt lösta ämnen från vatten. Denna typ av membran är inte aktivt och kan därför inte avlägsna PFAS ämnen från vatten i någon större utsträckning. Avskiljningsgrad för PFAS ämnen för denna typ av membran ligger på mellan 0 till 23 %. Principen illustreras i Figur 13



Figur 13. Princip för reningsprocess i lågtrycksmembranfilter.

2.3.3 OXIDATION MED HJÄLP AV OZON ELLER VÄTEPEROXID

Nedbrytning av PFAS genom oxidation av PFC ämnen med hjälp av väteperoxid eller Ozon har väldigt låg reningsgrad (0–7%), avancerad oxidation (Ozon –väteperoxid) har även det en relativt låg reningsgrad av PFAS ämnen (ca 9%).

2.3.4 OXIDATION MED HJÄLP AV KALIUMPERMANGANAT (KMNO₄)

Oxidation av PFAS ämne med hjälp av Kaliumpermanganat kan ge en något bättre rening av PFAS ämnen i vatten än andra oxidationsmedel. Reningsgraden ligger på 1–53%.

2.3.5 OXIDATION MED HJÄLP AV TITANDIOXID (TiO₂) OCH UV-LJUS

Denna metod ger en reningsgrad av PFAS i vatten på ca 15%.

3 TULLINGE VATTENVERK

3.1 RÅVATTENTÄKTER

Råvattnet i Tullinge vattenverk är grundvatten som pumpas från fyra brunnar, B01, B02, B03 och B04. B03 respektive B04 ligger inom vattenverksområdet, medan B01 och B02 ligger utanför vattenverk.

3.2 INKOMMANDE RÅVATTENS OCH UTGÅENDE DRICKSVATTENS BESKAFFENHET

I Tabell 2 redovisas en sammanställning av halter av olika ämnen i inkommande råvatten (för år 2017 och 2019) samt utgående dricksvatten (för år 2016 och 2019) vid Tullinge vattenverk.

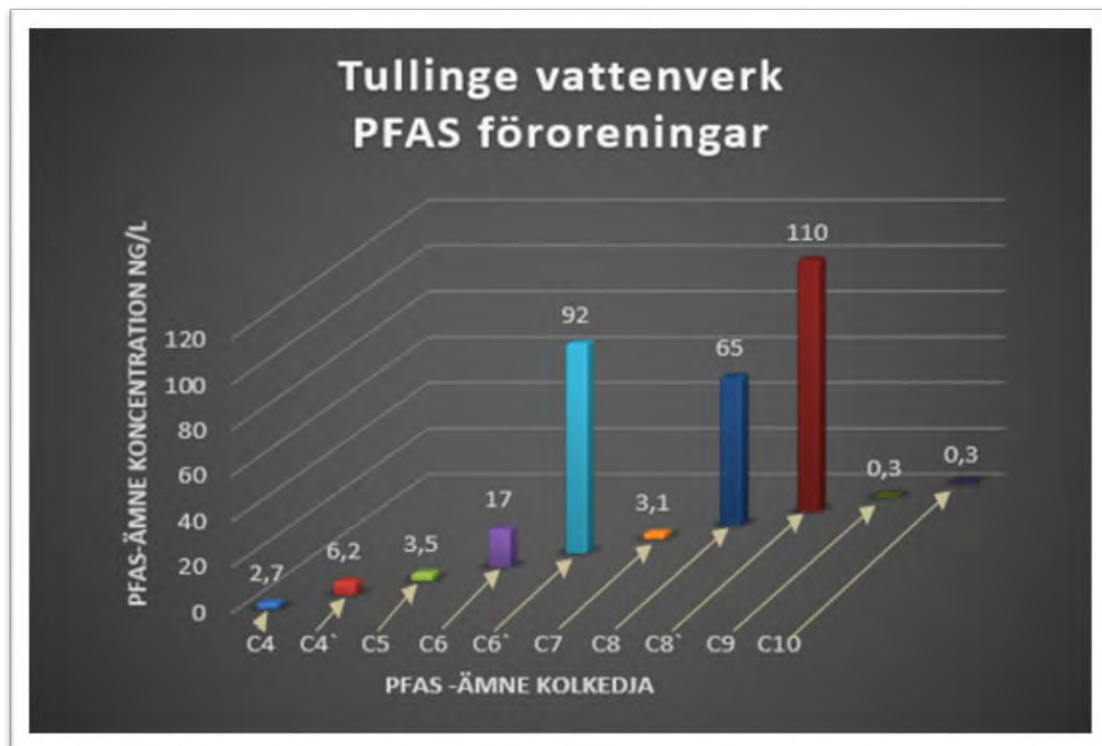
Tabell 2. Sammanställning av halter av olika ämnen i inkommande råvatten och utgående dricksvatten vid Tullinge vattenverk enligt provtagningsanalyser.

Parameter	Brunn 01		Brunn 02		Brunn 03		Brunn 04		Utgående Dricksvatten	
	2019	2017	2019	2017	2019	2017	2019	2017	2019	2016
PFOS [ng/l]	100	95	97	96	120	130	81	100	92	260
PFOA [ng/l]	57	64	76	65	72	79	80	79	56	76
PFH _{2A} [ng/l]	3,0	3,0	2,9	3,3	3,2	4,0	2,7	4,3	3,0	4,6
PFH _{2A} [ng/l]	17	16	16	18	17	22	16	21	15	20
PFH _{2S} [ng/l]	95	100	88	100	90	98	98	110	98	140
PFNA [ng/l]	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Summa PFAS [ng/l]	280	290	290	300	320	350	290	330	280	510
	2019		2019	2017	2019	2017	2019		2019	2017
pH	7,3		7,1		7,4		7,3		8,2	6,9
TOC [mg/l]	<2,0		<2,0		<2,0		<2,0		<2,0	<2,0
DOC [mg/l]	<2,0		<2,0		<2,0		<2,0		<2,0	
COD-Mn [mg O ₂ /l]	0,50		0,52		0,53		0,55		0,50	0,59
Turbiditet FNU	0,11		0,10		4,3		0,8		0,12	1,9
Alkanitet [mg HCO ₃ /l]	110		110		110		99		110	91
Konduktivitet [mS/m]	42		42		42		38		41	40
Sulfat SO ₄ [mg/l]	58		60		60		53		59	54
Färg [mg Pt/l]	<5,0		<5,0		29		7,0		<5,0	<5,0
Klorid [mg/l]	29		29		34		29		29	33
Järn Fe [mg/l]	0,013		0,0076		0,67		0,11		0,035	0,12
Mangan Mn [mg/l]	0,00053		0,00078		0,0076		0,0021		0,0012	0,012
Total hårdhet [dH°]	9,2		9,3		9,0		7,2		8,3	8

3.2.1 OBSERVATIONER UTIFRÅN RESULTATET AV VATTENANALYS

Utifrån analys svaren på vattenprover i inkommande råvatten och utgående dricksvatten enligt Tabell 2 kan följande observationer göras:

- Kemiska och fysiska (utom PFAS- ämnen) parametrar på rå- samt dricksvatten ligger under gränsvärde i livsmedelsföreskrifterna (SLVFS 2001:30).
- Summa PFAS- ämnen är högt på både råvatten och dricksvatten.
- Alla uttagsbrunnar vid Tullinge vattenverk är förorenade med PFAS- ämnen (Grundvattenbrunnar: B01, B02, B03 och B04).
- Befintlig reningsprocess vid Tullinge vattenverk avlägsnar eller reducerar inte PFAS- ämnen i inkommande råvatten utan minskar endast halterna av järn och mangan samt höjer pH på utgående dricksvatten.
- Råvattnet från alla brunnar har neutralt pH (7,0–7,4).
- De PFAS-ämnen som har högsta koncentration i råvattnet är PFOS, PFOA, och PFHXS.
- Alla tre ämnen [Perfluor-kol organiska ämnen] har långa kolkedjor (C6 och C8). Det medför behov av en reningsteknik som kan avlägsna PFAS - ämnen med långa kolkedjor.
- PFOS (Perfluoroktansulfonat) har högre koncentration än PFOA (Perfluoroktansyra) i grundvattnet.
- PFHxs (Perfluorhexansulfonat) har högre koncentration än PFHxA (Perfluorhexansyra) i grundvattnet.
- Detta innebär att PFAS ämnen med lång kolkedja (C6, C8) i grundvatten som innehåller sulfonatgrupp (HO_2S) har högre koncentration än de som har syragrupp (oktansyra och sulfonsyra). Se Figur 14



Figur 14. Koncentration av PFAS ämnen vid Tullinge Vattenverk utifrån längd på kolkedja.

Uppmätta koncentrationer av PFAS-ämnen vid Tullinge vattenverk har inte varierat mycket över tid vilket kan ses i Tabell 1.

Tabell 3. Historiska uppmätta koncentrationer av PFAS ämnen vid Tullinge vattenverk.

Datum ÅÅÅÅ	PFOA ng/l	PFOS ng/l	PFHxA ng/l	PFHxS ng/l
2011	62	129	17	112
2015	50,5	62,7	11,3	78
2016	76	260 ??	20	140
2017	64	95	16	160
2019	56	92	15	98

?? väldigt hög (fel)

4 RENINGSTEKNIKER SOM KONCEPT FÖR RENING AV PFAS ÄMNER I VATTEN TILL OLIKA RIKTVÄRDEN

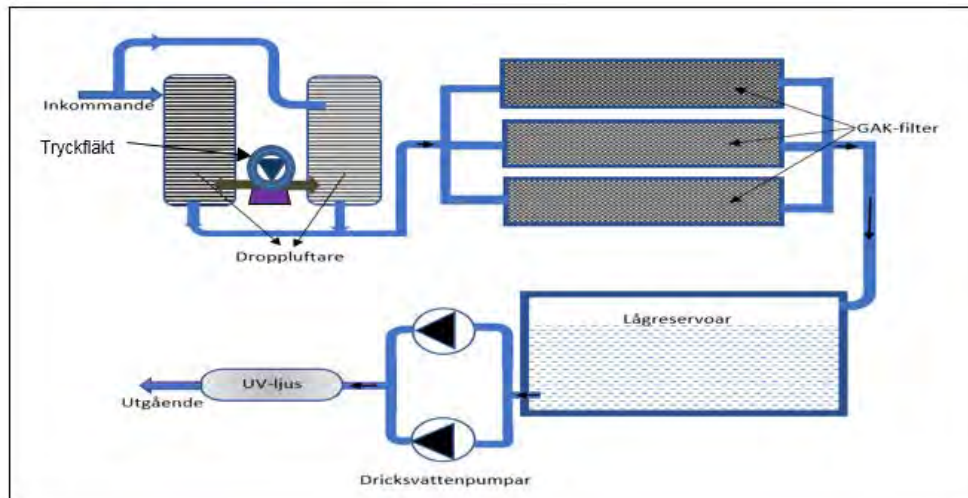
I detta avsnitt lämnas förslag till flera olika koncept för rening av PFAS ämnen i vattnet vid Tullinge vattenverk till olika nivåer/riktvärden. Livsmedelsverkets nuvarande åtgärdsgräns 90 ng/l, men en halvering av åtgärdsgränsen diskuteras, 45 ng/l. Inom EU diskuteras betydligt lägre riktvärden ner mot något eller några ng/l. Bakgrundshalten i Mälaren ligger på 8 ng/l varför denna kan anses vara ett åtgärds mål.

4.1 KONCEPT-1 RIKTVÄRDE ÄR 90 NG/L

I dagsläget ligger riktvärdet för PFAS ämnen i dricksvatten på 90 ng/l. Den teknik som bedöms som mest lämplig för att klara ett riktvärde på 90 ng/l i dricksvattnet baserar på fysikalisk separation. En metod av fysikalisk separation är adsorption med hjälp av aktivt kol. I Tullinge vattenverk har inkommande råvatten låg turbiditet och färg. Vid en så god vattenkvalitet behövs ej någon förfiltrering för att avskilja partiklar och humusämnen. Råvattnet kan pumpas direkt till GAK filter (bassäng) efter luftningssteg.

4.1.1 RENINGSPROCESS

Reningsprocessen i Tullinge vattenverk behöver bestå av luftningssteg och GAK-filter (GAK-bassänger), då man kan utnyttja befintligt luftningssteg för råvattnet för att minska järn och manganhalter och höja pH-värdet. Råvattnet pumpas med hjälp av pumparna som ligger in i grundvattenbrunnar till befintlig droppluftare. Alla grundvattenpumpar behöver styras via en frekvensomriktare för att kunna reglera inkommande flöde till verket efter vattennivå in i brunnarna och i lågreservoren. Efter det rinner vattnet med självfall via en fördelningskanal till GAK-filtersteg så att alla GAK bassänger får jämnflöde. Vattnet rinner vidare efter GAK-filtrering till lågreservoren. Från lågreservoren pumpas vattnet vidare med hjälp av befintliga renvattenpumpar via befintlig UV-ljuset till distributionsnätet. Se Figur 15.



Figur 15. Koncept vattenreningsprocess för avskiljning av PFAS ämnen (90 ng/l).

4.1.2 DIMENSIONERING AV RENINGSPROCESS

Volymer av GAK-filter bestäms av kontakttiden (EBCT) i minuter mellan kolbädd och vattenflöde samt Linjär flödes hastighet m/h.

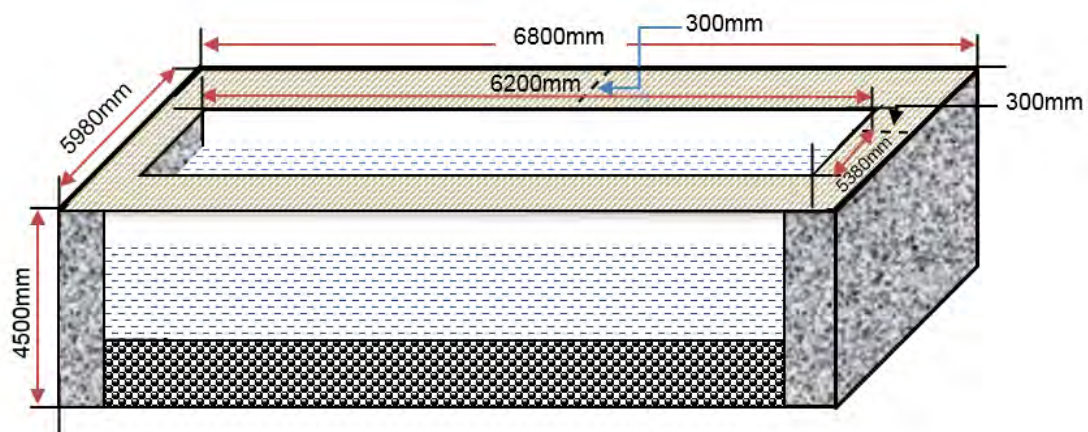
Vattenflöde i Tullinge vattenverk ligger på 400–450 m³/h. Den totala kolfiltervolymen som behövs för att uppnå tillräcklig kontakttid mellan vattnet och kolet är 75 m³ och en uppehållstiden 10 minuter och den linjära hastigheten uppgår då till 10 m/h.

Processen behöver bestå av fyra bassänger som har samma mått, tre av fyra bassänger kan klara det totala flödet utfall en av bassängerna behöver service, total GAK-volym som behövs för fyra bassänger är 100 m³.

Varje bassäng har en volym på ≈150 m³ och ett mått på [6,2 x 5,38 x 4,5] m. Totalyta som behövs till alla fyra bassänger är 150 m².

Totalyta för bassängerna med rörsystem och fördelningsrännor är 300 m².

En principskiss på utformning av GAK-filter visas i Figur 16



Figur 16. Principskiss utformning av GAK-filter vid Tullinge vattenverk för rening av PFAS ämnen.

4.1.3 DRIFT AV PROCESSEN

Inkommande flöde leds till fyra bassänger, varje bassäng har en volym på 150 m³. Inkommande råvatten fördelas jämt över filtren via en inloppsränna. Vattnet passerar under ett jämnt flöde genom den aktiva kolbädden. Filtrerat vatten samlas upp i en utloppskammare under kolfiltret. Därefter leds vattnet till efterföljande behandlingssteg. När ett förinställt drifttryck uppnåtts sker en automatisk backspolning.

4.1.4 SERVICE OCH UNDERHÅLL

GAK-bädden regenereras efter en parameter kallas för genomavbrottstid, då DOC koncentration (mg/l) före GAK-filter är lika med, lite mindre eller högre än DOC koncentration efter GAK-filter.

Generellt behöver GAK-filter regenereras 1–3 gång per år beroende på koncentrationen av organiska föroreningar i inkommande råvatten. Backspolning av bassängerna kan ske 1–2 gånger per dygn automatisk. Service och underhåll kan ske på en av bassängerna genom att flöde leds om till de tre andra bassängerna.

4.1.5 PLACERING AV GAK-ANLÄGGNING

Det finns utrymme för placering av denna typ av anläggning inom området, en möjlig placering visas som markerat område i Figur 17.



Figur 17. Möjlig placering av nya processen i Tullinge vattenverk.

4.2 KOSTNADSKALKYL

En grov kostnads kalkyl för GAK-filtrering enligt koncept 1 har upprättats. Kostnads kalkylen omfattar investeringskostnad och driftkostnad.

4.2.1 INVESTERINGSKOSTNAD

Uppskattad investeringskostnad redovisas i Tabell 4.

Tabell 4. Uppskattad investeringskostnad för en GAK-filteranläggning enligt koncept 1 vid Tullinge vattenverk

Objekt	För anläggningen som består av fyra bassänger SEK	Felmarginal
Tekniskhuskostnad.		
Arkitekts arbete	525 000	± 10 %
Konstruktionsarbete	546 000	± 15 %
Material	6 279 000	± 10 %
Byggherrekostnader	3 150 000	± 10 %
Totalkostnad/Tekniskhus	10 500 000	± 12 %
Processkostnad		
GAK-Bassänger [Konstruktionsarbete + Material]	6 000 000	± 20 %
GAK-massa (ny massa)	2 400 000	± 15 %
Rörsystem	3 000 000	± 25 %
El och styrning	1 600 000	± 25 %
Luftaggregat	1 200 000	± 10 %
Pumpar	80 000	± 10 %
Totalt Processkostnad	14 280 000	± 17 %
Totalanläggningskostnad	24 780 000	± 15 %

4.2.2 DRIFTKOSTNAD

Uppskattad driftkostnad redovisas i Tabell 5.

Tabell 5. Uppskattad driftkostnad för en GAK-filteranläggning enligt koncept 1 vid Tullinge vattenverk.

Objekt	För M ³ dricksvatten/h SEK	Felmarginal
GAK-massa (ny)	0,6	± 15%
Elförbrukning	0,08	± 15%
Värmeförbrukning	0,32	± 15%
Regenerering av massan	0,15	
Totalt kostnad	1,15	± 15%

4.2.3 TEKNISK LIVSLÄNGD

Bassängernas livslängd är mer än 100 år, men GAK-massa bör regenereras 1–2 gånger per år och den bör bytas ut helt efter 4–5 år beroende på koncentrationen av föroreningar i inkommande vatten. Tiden som krävs för att tömma bassängerna och byta eller regenerera kolmassan ligger på två till tre veckor. Rörsystem och pumpar har en livslängd på upp till 50 år.

4.3 KONCEPT-2 RIKTVÄRDE ÄR 45 NG/L

Reningstekniken och reningsprocessen bör vara densamma som i koncept 1. För att nå ett riktvärde på PFAS ämnen som ligger på 45 ng/l på utgående vattnet från Tullinge vattenverk bör kontakttiden [EBCT] mellan kolbädd i GAK-filter och råvattnet vara längre och det innebär att GAK-filtervolym behöver vara större eller antal GAK-bassänger fler till antalet.

4.3.1 DIMENSIONERING AV RENINGSPROCESS

Kontakttiden (EBCT) behöver vara 21 minuter vilket innebär att GAK- bäddvolym behöver vara $157,5 \text{ m}^3 \approx 158 \text{ m}^3$. Linjärfloedehastighet skall ligga på 10 m/s. Processen behöver bestå av sex bassänger, fyra av de sex bassängerna kan klara hela det inkommande flödet, detta möjliggör att en eller två av de sex bassänger kan vara tagna ur drift för underhåll och servicearbete.

Varje bassäng behöver ha en volym på $112,5 \text{ m}^3$ och ett mått ligger på [7000x4004x4000] mm. Total area som behövs är 350 m^2 .

4.3.2 SERVICE OCH UNDERHÅLL

Konceptet kräver samma upplägg gällande service och underhåll som koncept 1. Effektiviteten hos de två koncepten beroende på flera faktorer: flöde, föroreningskoncentration, pH, vattentemperatur, kontaktid (EBCT), egenskaperna hos utvalt kol, koncentration av oorganiska ämnen i vattnet, omgivande naturligt organiskt material och närvaron eller frånvaron av klor. Är till exempel mängden naturlig organiskt material som är närvarande hög, kommer förmågan hos kolet för att avlägsna PFAS-ämnena att minska.

4.4 PLACERING AV GAK- ANLÄGGNING

Möjlig placering av anläggningen i koncept 2 är densamma som för koncept 1.

4.5 KOSTNADSKALKYL

4.5.1 INVESTERINGSKOSTNAD

Uppskattad investeringskostnad för en GAK-filteranläggning vid Tullinge vattenverk enligt koncept 2 redovisas i Tabell 6.

Tabell 6. Uppskattad investeringskostnad för en GAK-filteranläggning enligt koncept 2 vid Tullinge vattenverk.

Objekt	För anläggningen som består av sex bassänger SEK	Felmarginal
Teknikhuskostnad.		
Arkitekts arbete	625 000	± 10 %
Konstruktionsarbete	525 000	± 15 %
Material	7 550 000	± 10 %
Byggherrekostnader	3 800 000	± 10 %
Totalkostnad/Teknikhus	12 500 000	± 12 %
Processkostnad		
GAK-massa (ny massa)	4 740 000	± 10 %
Rörsystem	3 200 000	± 25 %
El och styrning	1 800 000	± 25 %
Luftaggregat	1 200 000	± 10 %
Pumpar	80 000	± 10 %
Totalt Processkostnad	17 770 000	±16 %
Totalanläggningskostnad	30 270 000	±14 %

4.5.2 DRIFTKOSTNAD

Uppskattad investeringskostnad för en GAK-filteranläggning vid Tullinge vattenverk enligt koncept 2 redovisas i Tabell 7

Tabell 7. Uppskattad driftkostnad för en GAK-filteranläggning enligt koncept 2 vid Tullinge vattenverk.

Objekt	Kostnad För M ³ dricksvatten/h SEK	Felmarginal
GAK-massa	1,8	± 15%
Elförbrukning	0,2	± 15%
Värmeförbrukning	0,4	± 15%
Regenerering av massan	0,3	
Totalt kostnad	2,7	± 15%

Kostnaderna kan variera beroende på föroreningskoncentration i råvattnet samt närvaron och koncentration av andra föroreningar som konkurrerar om kolbäddens yta. Utöver kapitalkostnader finns det andra kostnader som t ex. arbetskraft, ersättning, drift, underhåll, utrustning och transport samt deponi av uttömt kol. Behandling av använt kol kan vara nödvändigt före deponi.

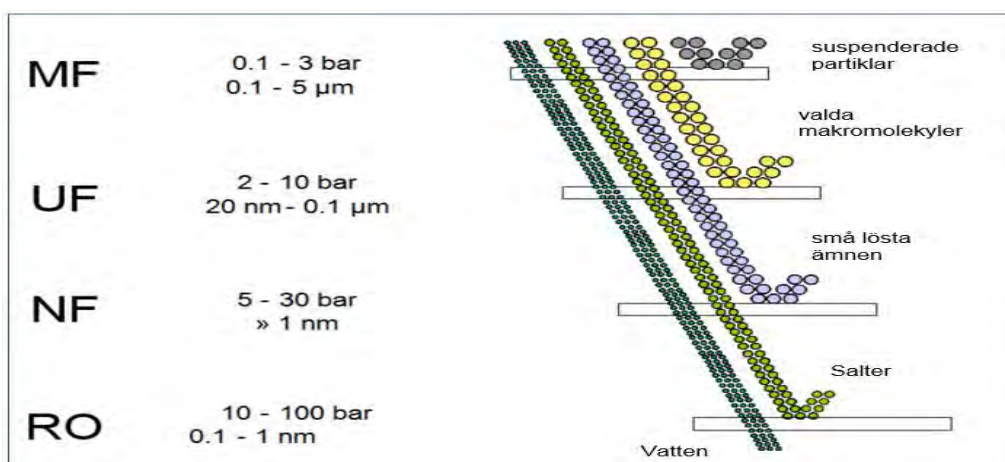
4.5.3 TEKNISK LIVSLÄNGD

Livslängden för de delar som omfattas av koncept 2 är jämförbara med livslängden för anläggningen enligt koncept 1.

Aktiva kolfilter har en begränsad livslängd. Efter långvarig användning mätas deras ytor med adsorberade föroreningar och ingen ytterligare rening sker. Filtermaterialet måste därför bytas ut med jämna mellanrum, enligt tillverkarens instruktioner.

4.6 KONCEPT-3 RIKTVÄRDE ÄR 8 NG/L

För att nå ett riktvärde på 6–8 ng/l på utgående dricksvatten krävs en mycket hög reningsgrad, över 90 %. Membranfiltrering är i detta fall ett bra alternativ för att kunna uppnå denna reningsgrad. R/O membran är det effektivaste membranfiltret för den här processen, då det kan avlägsna alla partiklar, salter samt små lösta ämnen i vattnet, se Figur 18



Figur 18. Jämförelse av genomsläpplighet hos olika membranfilter. RO-filter kan avskilja mycket små partiklar från vatten.

4.6.1 DIMENSIONERING AV TEKNIKEN

Förbehandling

Vattnets beskaffenhet är grunden till dimensionering av reversosmos (RO) filter. För att undvika igensättning i membranen och för en bättre filtrering samt längre livslängd för filtret bör råvattnet passera via ett förbehandlingssteg för att avlägsna partiklar, olja, järn, mangan, kalcium, natrium och humusämnen. I Tullinge vattenverk har inkommande råvatten en bra kvalitet bortsett från hårdheten vilken är ganska hög och detta innebär ett behov av att avhärda vattnet med hjälp av en avhärningsanläggning, eller ett MF (Mikrofilter) som kan avlägsna partiklar som har en diameter ner till 0,1 mikrometer.

Dimensionering av R/O membran filter

Massbalans

$[Q \text{ (m}^3/\text{h)} \times \rho \text{ (kg/m}^3) \times C]$ Inkommande flöde = $[Q \text{ (m}^3/\text{h)} \times \rho \text{ (kg/m}^3) \times C]$ ren vatten + $[Q \text{ (m}^3/\text{h)} \times \rho \text{ (kg/m}^3) \times C]$ Rejekt. → C är föroreningskoncentration.

Mängden renat vattenprocent (Recovery) = Renat vatten/ inkommandeflöde x 100

I Tullinge vattenverk har vi inkommande flöde (grundvatten) som ligger på 450 m³/h = 10 800 m³/dygn.

Utgående (dricksvatten) är 400 m³/h = 9600 m³/dygn

Detta behöver beräknas:

Antal element.

Antal kärl.

Aktuella flöde in [LMH]. → där LMH är (liter m² timma)

Maximum tillåtet flöde för grundvatten är 30 (LMH) [varier enligt tillverkare].

Dimensionerande flöde = 22 LMH

Utgående renat vatten = 400 m³/h = 400 000 l/h

Membranfilterarea som behövs = Utgående ren vatten (l/h) /dimensionerat flöde LMH

= 400 000/22 = 18 181,8182 m² ≈ 18 181,12 m²

Membran filterarea = 40 m² → [varier enligt tillverkare].

Antal element = 18 181,12/40 = 454,528 ≈ 455 element.

Varje kärl består av 4 element [varier enligt tillverkare].

Antal kärl = 113,75 ≈ 114 kärl

Total area som behövs för R/O anläggning är 150 m².

Efterbehandling

Vattnet har, efter passage av R/O membran, lågt pH, låg alkanitet, låg hårdhet m.m. Detta på grund av att membranen avlägsnar alla partiklar, joner samt lösta ämnen i vattnet som karbonat, hydroxider, kalcium, magnesium, salter vilka är jätteviktiga för människor, växter och djur. Därför bör renat vatten behandlas efter membranfiltreringen. Efterbehandlingen behöver bestå av olika steg:

- pH-höjning
- Alkanitets höjning
- Hårdhetshöjning

pH-höjning

pH-höjningsprocessen kan utföras på olika sätt, då det är beroende på vilka kemikalier som skall tillsättas i vattnet som t.ex. lut (natriumhydroxid), kalk (kalciumhydroxid) eller krita (kalciumkarbonat).

pH-höjning (lutdosering)

Processen består av ett kärl (3–5 m³) och två doseringspumpar. En av pumparna fungerar är som huvudpump och den andra är reservpump. Det som ytterligare ingår i doseringsutrustningen är flödesmätare, rörkopplingar, bakventiler och doseringsmunstycke.

Höjning av alkalinitet

Alkaniteten kan höjas med hjälp av kalciumkarbonat [CaCO₃]

Med den här processen kan man höja alkanitet, hårdhet samt pH. Processen består av:

- Kalciumkarbonattank (Krita).
- Doseringspump 2 st.
- Drivvattentank
- Kopplingar

Anläggningen kräver en area på ca 20-25m²

Totalarea som behövs för att nå ett riktvärde som ligger på 8 ng PFAS/liter är 170–180 m².

4.6.2 DRIFT

Inkommande råvatten leds efter luftningsprocess och förbehandlingssteg till RO-anläggning som består av 114 membran där trycket behöver höjas till 20–25 bar med hjälp av en centrifugalpump och vattnet pumpas in i RO membranen.

4.6.3 SERVICE OCH UNDERHÅLL

RO membran kräver mycket mindre service i jämförelse med andra tekniker. RO membran fungerar enligt en bestämd mängd renat vattenprocent (Recovery) av tillverkare, om recovery blir mindre innebär det att membranens reningsgrad blir mindre p.g.a. igensättning i själva membranen eller slitage i membranen.

4.7 PLACERING AV ANLÄGGNINGEN

Möjlig placering av den här typen av anläggning följer samma upplägg som för koncept 1 & 2.

4.8 KOSTNADSKALKYL

4.8.1 INVESTERINGSKOSTNAD

Uppskattad investeringskostnad för en membranfilteranläggning vid Tullinge vattenverk enligt koncept 3 redovisas i Tabell 8

Tabell 8. Uppskattad investeringskostnad för en membranfilteranläggning vid Tullinge vattenverk enligt koncept 3.

Objekt	Totalkostnad SEK	Felmarginal
Teknikhuskostnad.		
Arkitekts arbete	262 500	± 10%
Konstruktionsarbete	220 000	± 15%
Material	4 766 000	± 10%
Byggherrekostnader	1 575 000	± 10%
Totalkostnad/Teknikhus	6 823 500	± 12%
Processkostnader		
Förbehandlingen		
Avhärdning	700 000	± 10%
Filtrering	1 050 000	± 10%
R/O membranfilter (ny)	20 000 000	± 20%
Rörsystem	1 500 000	± 25%
El och styrning	2 000 000	± 25%
Pumpar	600 000	± 10%
Efterbehandling	150 000	± 10%
Total kostnad	26 000 000	± 16%
Anläggningskostnad	32 823 500	± 14%

4.8.2 DRIFTKOSTNAD

Uppskattad driftkostnad för en membranfilteranläggning vid Tullinge vattenverk enligt koncept 3 redovisas i Tabell 9.

Tabell 9. Uppskattad driftkostnad för en membranfilteranläggning vid Tullinge vattenverk enligt koncept 3.

Objekt	För M ³ dricksvatten/h SEK	Felmarginal
El förbrukning	0,5	± 15%
Värmeförbrukning	0,1	± 15%
förbehandlingskostnad	0,4	± 15%
Efterbehandlingskostnad	0,3	± 15%
Service och underhåll	0,2	
Rengöring av membran	0,1	
Totalt kostnad	1,6	± 15%

4.8.3 TEKNISK LIVSLÄNGD

R/O membran har en livslängd på ca 10–15 år för kärnen som innehåller elementen. Livslängd för elementen är på ca 3–5 år, oavsett hur mycket vatten som filtrerat genom det. Vattenkvalitet som filtreras via osmosmembran spelar stor roll för membranens livslängd.

R/O membranerna behöver utrustas med anti-skalningsanläggning som består av doseringspump och kemikaliedoseringsskåp för att undvika igensättning i membranerna samt förlänga livslängd på membranläggningen. Rörsystem och pumpar håller upp till 50 år.

5 REFERENSER

SLU (Sverige Lantbruksuniversitet).

Svenskt Vatten (rapport Nr 2017-20).

Science Daily. Januari 25, 2012: JAMA och Arkiv Tidskrifter. /

<https://www.sciencedaily.com/releases/2012/01/120124162345.htm>

NRDC (Natural Resources Defense Council) Rapport 15 maj, 2019

https://energycommerce.house.gov/sites/democrats.energycommerce.house.gov/files/documents/05.15.19%20Witness%20Testimony_Olson.pdf

Avsedd för
Botkyrka kommun

Typ av dokument
Rapport

Datum
September, 2019

SAMHÄLLSEKONOMISK KONSEKVENSANALYS VATTENSTRÅKET I TULLINGE



SAMHÄLLSEKONOMISK KONSEKVENSANALYS
VATTENSTRÅKET I TULLINGE

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	Sammanfattning	2
2.	Exekutiv sammanfattning	4
3.	Inledning	8
3.1	Rapportens fokus	8
3.2	Rapportens disposition	9
4.	Referensalternativ och förändringsscenarier	10
4.1	Referensalternativ	10
4.2	Scenario 1. Vattenverket tas i bruk och det förorenade området efterbehandlas med hjälp av barriärteknik/övertäckning	10
4.3	Scenario 2. Vattenverket tas i bruk och det förorenade området efterbehandlas med hjälp av urgrävning och förbränning	11
5.	Resultat	13
5.1	Samhällsekonomiska nyttor av scenario 1 och 2	14
5.1.1	Kostnadsbesparing vid minskat beroende av dricksvatten från Norsborgs vattenverk	14
5.1.2	Eventuella kostnader för anläggning av ett nytt vattenverk	15
5.1.3	Kostnadsbesparing vid minskat beroende av vatten från Norsborgs vattenverk till jordbruk, industri och Karolinska sjukhuset i Huddinge	16
5.1.4	Minskad risk vid ett eventuellt parasit/virus-utbrott i Mälaren	16
5.1.5	Positiva miljöeffekter vid minskat läckage av PFAS	19
5.1.6	Positiva hälsoeffekter till följd av minskad exponering av PFAS	20
5.1.7	Ökade rekreativsvärden	21
5.1.8	Minskad stigma kring det förorenade området och vattentakten	22
5.1.9	Ökat markvärde på det förorenade området	22
5.1.10	Minskad behov av kommunala informationsinsatser, provtagningar och konsultutredningar	26
5.2	Samhällsekonomiska kostnader av scenario 1 och 2	27
5.2.1	Investerings- och driftskostnader för att ta vattenverket i bruk	27
5.2.2	Negativa miljö- och hälsoeffekter för att ta vattenverket i bruk	28
5.2.3	Åtgärds-kostnader för efterbehandlingsalternativ barriärteknik/inneslutning/övertäckning	28
5.2.4	Negativa miljö- och hälsoeffekter av efterbehandlingsalternativ barriärteknik/inneslutning/övertäckning	28
5.2.5	Åtgärds-kostnader för efterbehandlingsalternativ urgrävning och förbränning	28
5.2.6	Negativa miljö- och hälsoeffekter av efterbehandlingsalternativ urgrävning och förbränning	29
6.	Slutsatser och diskussion	30
7.	Referenser	32

1. SAMMANFATTNING

2011 påträffades PFOS i vattnet från Tullinge vattenverk i Botkyrka kommun som därefter fick stängas på grund av detta. Nedstängningen innebar att de ca 16 500 personer i Botkyrka kommun, som vid tidpunkten försörjdes via vattenverket (WSP, 2012) istället fick sin vattenförsörjning tillgodosedd från Norsborgs vattenverk (Mälaren). Än idag (2019) får samtliga Botkyrkabor sin dricksvattenförsörjning tillgodosedd genom Norsborgs vattenverk. I denna studie analyseras de samhällsekonomiska konsekvenserna (kostnader och nyttor) om grundvattentäkten i Tullinge tas i bruk igen och det förorenade området efterbehandlas. Två olika scenarier formuleras vilka studeras i förhållande till ett referensscenario (dagens situation). Syftet med analysen är att den ska ge indikationer på om scenarierna kan förväntas vara samhällsekonomiskt lönsamma, vilket de är om nyttorna överstiger kostnaderna. Följande scenarier används i rapporten vilka baseras på NIRAS (2018).

Scenario 1 Vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och utgående dricksvatten renas genom omvänd osmos. Förorenade jordmassor täcks över.

Scenario 2 Vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och utgående dricksvatten renas genom omvänd osmos. Förorenade jordmassor grävs ut och schaktas bort.

Den övergripande samhällsnyttan med att öppna vattentäkten är att detta skulle ge en säkrare och mer redundant dricksvattenförsörjning för kommunen och regionen. Stockholmsregionen utsätts för risker kopplade till trygg och säker dricksvattenförsörjning och även hantering av dagvatten och tillskottsvatten¹. Att vara alltför beroende av Mälaren för dricksvattenförsörjningen innebär en risk utifrån Botkyrkas perspektiv. Det är därför en stark drivkraft för kommunen att bidra till en säkrare dricksvattenförsörjning för kommuninvånarna. Vikten av ett större antal aktiva vattenresurser och dricksvattenanläggningar är även av stor betydelse ur ett regionalt perspektiv. En redundant vattenförsörjning för regionen innebär att vattendistributionen kan upprätthållas trots att enskilda enheter i distributionssystemet tas ur drift. Tullingeåsen-Ekebyhov som vattenresurs är till exempel listade som hög prioritet i vattenförsörjningsplanen för Stockholmsregionen från 2018. Sammantaget kan vi – i förhållande till referensalternativet – konstatera att det finns starka indikationer på att nyttorna kommer att överväga kostnaderna såväl i scenario 1 som scenario 2. I sammanställning inkluderas ej potentiella kostnader förknippat med uppförandet av ett nytt vattenverk (0,5 till 3 mdkr) vilket skulle kunna bli fallet på lång sikt om vattenverket i Tullinge inte tas i drift igen.

Monetariserade kostnader och nyttor till och med år 2040 för scenario 1 och 2 jämfört med referensalternativet, mnkr.

	Scenario 1 - Övertäckning	Scenario 2 - Schaktning
Totala nyttor	432	537
Totala kostnader	272-274	429
Nettonytta	160-162	108

Notering: I tabellen inkluderas ej eventuell nytta förknippad med att inte behöva etablera ett nytt vattenverk. Kostnaden för att etablera ett nytt vattenverk är uppskattad till mellan 0,5 till 3 mdkr vilket således som minst skulle fördubbla nivåerna på nyttorna.

I jämförelse med referensalternativet uppskattar vi de totala nyttorna som uppstår fram till år 2040 till cirka 432 mnkr för scenario 1 och cirka 537 mnkr för scenario 2. I jämförelse med referensalternativet uppskattar vi de totala investerings- och driftskostnaderna till cirka 272-

¹ Vatten som inte ska finnas i spillvattennätet, t.ex. dränerings- eller grundvatten som läcker in i otäta ledningar.

274 mnkr för scenario 1 och cirka 429 mnkr för scenario 2. Siffrorna är en uppskattning av de totala kostnaderna och nyttorna med scenario 1 och 2 men det finns osäkerheter som gör att de behöver tolkas med försiktighet.

De största nyttoposterna i förändringsscenarierna jämfört med dagens situation är:

- Minskad risk vid ett eventuellt parasit/virus-utbrott i Mälaren (både scenario 1 och 2)
- Positiva miljöeffekter till följd av minskad PFAS-halt i kringliggande sjöar (både scenario 1 och 2)
- Mer tillgänglig mark för exploatering (scenario 2)
- Minskat stigma och negativ påverkan på huspriser (scenario 2)

2. EXEKUTIV SAMMANFATTNING

År 2011 påträffades PFOS i vattnet från Tullinge vattenverk i Botkyrka kommun som därefter fick stängas på grund av detta. Än idag (2019) får de Botkyrkabor som tidigare fick sin dricksvattenförsörjning tillgodosedd från Tullinge vattenverk istället vatten från Norsborgs vattenverk (Mälaren). Efter att föroreningen blev känd initierade Botkyrka kommun ett antal utredningar (bl.a. WSP, 2012) som visade att föroreningen hade orsakats av Forsvarsmaktens användning av brandskum vid den före detta flygflottiljen (F18) i Tullinge. Två spridningsvägar kunde identifieras; via en berghangar på flottiljen och via övningsytor där brandskum använts. Det blev också klarlagt att föroreningarna är mycket ojämnt fördelade med allt ifrån ca 555 ng/kg TS vid en provtagningsplats till 20–40 ng/kg TS vid näraliggande områden. I grundvattnet påträffades vatten med PFOS-halt på 40 000 ng/l eller ännu högre på ca 16 meters djup. Genombrottet av PFOS och andra PFC-ämnen genom grusåsen och ner i grundvattnet bedöms ha ägt rum kring 1985, varefter belastningen steg fram till ca 1995 för att sedan ha varit konstant. 2012 uppmättes PFOS-halter på omkring 300–400 ng/l i grundvattentäkten i Tullinge. Från grundvattnet sprids föroreningen vidare till Tullingesjön och Mälaren.

Det finns en stor osäkerhet och begränsad erfarenhet vad gäller åtgärder för att efterbehandla PFAS. Naturvårdsverket (2019) beskriver hur de metoder som kan tillämpas är förknippade med många osäkerheter, t.ex. avseende metodernas effekt, hur de ska utformas och genomföras, åtgärdskostnader och behandlingstider. Schaktning är den metod som oftast används för PFAS-förorenad mark. Det faktum att molekylerna är relativt vattenlösliga och rörliga innebär att de kan tränga ned till relativt stora djup, vilket gör det svårt och dyrt att schaktsanera.

I denna studie analyseras de samhällsekonomiska konsekvenserna (kostnader och nyttor) om grundvattentäkten i Tullinge tas i bruk igen och det förorenade området efterbehandlas. Två olika scenarier formuleras. Syftet med analysen är att den ska ge indikationer på om scenarierna kan förväntas vara samhällsekonomiskt lönsamma, vilket de är om nyttorna överstiger kostnaderna. I rapporten används begreppet nytta som benämning på en undviken kostnad, vilken kan uppkomma om en åtgärd genomförs. En nytta är alltså den kostnadsbesparing som uppstår om en åtgärd genomförs, mot alternativet att ingen åtgärd tas (referensscenario).

Scenarier

Scenarier som används i denna rapport baseras på scenarier i NIRAS (2018) samt ett referensscenario som avser dagens situation.

Referensscenario Vattenverket i Tullinge förblir stängt och att vattenförsörjningen för Botkyrkaborna fortsätter att helt och hållet ske genom Mälaren

Scenario 1 Vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och att utgående dricksvatten renas från PFOS och andra perfluorerade ämnen med hjälp av omvänd osmos och de förorenade jordmassorna täcks över.

Scenario 2 Vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och att inkommande råvatten renas från PFOS och andra perfluorerade ämnen med hjälp av omvänd osmos och förorenade jordmassorna grävs ut.

Kostnader

Scenario 1 Vattenverket tas i bruk till en uppskattad investeringskostnad på 30,4 mnkr (för att klara en PFAS-halt på 8 ng/l). Den ackumulerade driftskostnaden fram till 2040 för omvänd osmos som reningsteknik för utgående dricksvattnet uppskattas till cirka 239 mnkr. Det förorenade området efterbehandlas med hjälp av barriärteknik/övertäckning till en kostnad på 2,5–4,5 mnkr². Totalkostnaden för scenario 1 är alltså 272–274 mnkr fram till år 2040.

Scenario 2 Vattenverket tas i bruk till en uppskattad investeringskostnad på 30,4 mnkr (för att klara en PFAS-halt på 8 ng/l). Den ackumulerade driftskostnaden fram till 2040 för omvänd osmos som reningsteknik för utgående dricksvattnet uppskattas till cirka 239 mnkr. Det förorenade området efterbehandlas med hjälp av urgrävning och förbränning till en kostnad på 160 mnkr³. Totalkostnaden för scenario 2 är alltså 429 mnkr fram till år 2040.

Sammanfattningsvis är kostnaderna betydligt högre i scenario 2 jämfört med scenario 1 vilket beror på kostnaden som förknippas med schaktsanering.

Nyttor

Den övergripande samhällsnyttan med att öppna vattentakten är att detta skulle ge en säkrare och mer redundant dricksvattenförsörjning för kommunen och regionen. Stockholmsregionen utsätts för risker kopplade till trygg och säker dricksvattenförsörjning och även hantering av dagvatten och tillskottsvatten. Att vara alltför beroende av Mälaren för dricksvattenförsörjningen innebär en risk utifrån Botkyrkas perspektiv. I en samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys finns i stort sett alltid poster som inte är möjliga att uttrycka i kronor, t.ex. på grund av databrist, alltför komplexa ekologiska samband, osv. Det är då viktigt att dessa poster beskrivs utförligt i kvalitativa termer. Även i denna studie finns poster – särskilt på nyttsidan – som inte är möjliga att uttrycka i kronor. Detta är inte överraskande eftersom flera av de värden som grundvattentakten skulle ge till följd av minskad förekomst av PFAS, t.ex. hälsa och rekreation, inte är prissatta på någon marknad. Det finns ett flertal metoder för att ekonomiskt värdera icke-marknadsprissatta varor och tjänster, såsom exempelvis rent vatten, rekreativsmöjligheter, god fisktillgång i sjöar och att kunna dricka vatten utan att riskera exponeras för PFOS och andra föroreningar. Det har dock legat utanför ramarna för detta uppdrag att genomföra en ny datainsamling för att ta reda på hur just Botkyrkaborna värderar dessa nyttor i kronor. För att ändå uppskatta storleken på de icke-marknadsprissatta nyttorna har översiktliga värdeöverföringar gjorts från tidigare studier. Genom att identifiera och belysa de olika delnyttorna av att åter ta grundvattentakten i bruk erhålls en så fullständig och transparent bild som möjligt av dess totala nytta, återigen givet att somliga kostnads- och nyttoposter beskrivs i ord snarare än i kronor. Genomgående i rapporten beskrivs osäkerheterna i de beräkningar som gjorts. Nyttorna (och kostnaderna) beräknas löpande i rapporten utifrån ett 20-årsperspektiv. Under tabellen sammanfattas de olika nyttorna och hur de har beräknats. I sammanställning inkluderas ej potentiella kostnader förknippat med uppförandet av ett nytt vattenverk (0,5 till 3 mdkr) vilket skulle kunna bli fallet på lång sikt om vattenverket i Tullinge inte tas i drift igen. Huruvida detta skulle vara nödvändigt bedöms inte inom ramen för denna rapport men det bedöms vara ett möjligt scenario givet vattentäktens höga prioritering i regionala vattenförsörjningsplanen.

² Denna siffra baseras på beräkningar i NIRAS (2018). Sedan detta har nya beräkningar gjorts av Helldén Environmental Engineering på beställning av Försvarsmakten (2019-06-26). I denna uppskattas totalkostnaden för en övertäckning uppgå till 20 mnkr. Kostnader för övertäckning beskrivs i avsnitt 5.2.3.

³ Även för denna siffra har nya beräkningar genomförts av Helldén Environmental Engineering på beställning av Försvarsmakten. I denna uppskattas att kostnaden för urgrävning i kombination med deponering till ca 250 mnkr och urgrävning i kombination med högttemperaturförbränning till ca 750 mnkr. Kostnader för urgrävning och förbränning beskrivs i avsnitt 5.2.5.

Monetariserade nyttor till och med år 2040 för scenario 1 och 2 jämfört med referensalternativet, mnkr.

	Nyttor scenario 1	Nyttor scenario 2
Markvärde, varav:		
<i>Lågt scenario</i>	0	10 000 000
<i>Högt scenario</i>	0	25 000 000
Markvärdespåverkan på närbelägna bostäder	0	34 000 000
Hälsorisker, kontaminerat dricksvatten	282 000 000	282 000 000
Nytta till följd av förväntad utveckling i VA-taxa	88 000 000	88 000 000
Betalningsvilja för fiske, varav:		
<i>Lågt scenario</i>	57 000 000	113 000 000
<i>Högt scenario</i>	134 000 000	268 000 000
Kommunala insatser	5 000 000	10 000 000
Total	432 000 000	537 000 000

Notering: I tabellen inkluderas ej eventuell nytta förknippad med att inte behöva etablera ett nytt vattenverk. Kostnaden för att etablera ett nytt vattenverk är uppskattad till mellan 0,5 till 3 mdkr vilket således som minst skulle fördubbla nivåerna på nyttorna. I beräkningen av totalsumman använder vi det lågt räknade scenariot för både markvärde och betalningsvilja för fiske.

Markvärde (engångsnytta)

Beroende på vilka antaganden som görs påverkas antingen fem eller två tomter i scenario 2 i jämförelse med referensscenariot och scenario 1. Vid hög påverkan (fem tomter) uppskattar vi att det förlorade markvärdet till 25 mnkr. Vid låg påverkan (två tomter) uppskattar vi det förlorade markvärdet till 10 mnkr. Beräkningarna baseras på PEAB:s ursprungliga kalkyler för marken vid förvärv.

Markvärdespåverkan på närbelägna bostäder (engångsnytta)

Baserat på tidigare studier bedöms närliggande tomter till föreningen ha ett lägre marknadspris i referensscenariot jämfört med scenario 2 på grund av stigma, rädsla för hälsoeffekter och estetik. Vi har antagit att tomter inom en radie på 450 meter från det förorenade området påverkas. Värdet skattas till 34 mnkr i scenario 2 jämfört med referensscenario och scenario 1.

Hälsorisker, kontaminerat dricksvatten (nytta över 20 år)

Det minskade beroendet av dricksvatten från Mälaren gör att det i händelse av ett parasit/virus/bakterie-utbrott i Mälaren kommer vara möjligt att undvika stora skadeståndar i form av produktionsförluster, sjukfrånvaro, sjukvårdskostnader, oro, obehag osv. Baserat på sannolikheter för en sådan händelse och kostnad för ett sjukdomsfall skattas nyttan till 282 mnkr, både för scenario 1 och 2 jämfört med referensscenario.

Nytta till följd av förväntad utveckling i VA-taxa (nytta över 20 år)

Det har nyligen skett höjningar av SVOA:s VA-taxa och höjningar för år 2020 och 2021 har aviserats. Vid ett antagande att SVOA:s VA-taxa stiger med 2 procent per år till år 2040 och att kostnaden för vatten från Tullinge vattenverk stiger med 1 procent per år till år 2040 skulle detta innebära en samlad kostnadsbesparing motsvarande 88 mnkr.

Betalningsvilja för fiske (nytta över 20 år)

Baserat på tidigare betalningsviljestudier beräknas nyttan för fiske i Tullingesjön och Albysjön. Betalningsviljan för att undvika farligt höga PFAS-halter i Tullingesjön och Albysjön uppskattas till mellan 113–267 mnkr. Denna siffra används för scenario 2 och baseras på antaganden om antal fisketillfällen i sjöarna per år. För scenario 1 gör vi ett antagande om en halverad

betalningsvilja jämfört med scenario 2, då ansamlingen av PFAS i grundvattenåsen i detta scenario blir större över tid.

Kommunala insatser (engångsnytta)

Baserat på kostnader för (1) arbetstid som kommunalanställda har lagt på föreningsfrågan (2) ersättning av kol i vattenverkets kolfilter (3) provtagning av dricksvattnet och (4) konsultkostnader uppskattas Botkyrka kommun spara 10 mnkr i scenario 2 och 5 mnkr i scenario 1 jämfört med referensscenariot.

Slutsatser

I denna studie beräknas nyttorna överstiga kostnaderna både i scenario 1 och scenario 2. Man ska komma ihåg att värdena i tabellen nedan baseras på skattningar som har osäkerhet förknippade med sig i olika utsträckning. Osäkerheter hänger samman med antaganden avseende exempelvis betalningsviljan för fiske, husprisers påverkan, sannolikheten för att ett virus eller parasitutbrott ska ske, m.m.

Monetariserade kostnader och nyttor som uppstår fram till och med år 2040 för scenario 1 och 2 jämfört med referensalternativet, mnkr.

	Scenario 1 - Övertäckning	Scenario 2 - Schaktning
<i>Totala nyttor</i>	429	537
<i>Totala kostnader</i>	272-274	429
<i>Nettonytta</i>	160-162	108

Notering: I tabellen inkluderas ej eventuell nytta förknippad med att inte behöva etablera ett nytt vattenverk. Kostnaden för att etablera ett nytt vattenverk är uppskattad till mellan 0,5 till 3 mdkr vilket således som minst skulle fördubbla nivåerna på nyttorna.

3. INLEDNING

PFAS är samlingsnamn för en stor grupp perfluorerade ämnen (per- och polyfluorerade alkylsubstanser) som under senare år har uppmärksammats allt oftare på grund av deras farlighet för människa och miljö. Ämnenas fysikaliska och kemiska egenskaper (de är värmetåliga och smuts- och vattenavvisande) förklarar användningen inom bland annat textil-, plast- och pappersindustrin, i viss elektronik och i brandskum, Naturvårdsverket (2019). PFAS bryts inte ner i miljön vare sig på kemisk eller biologisk väg och är därför mycket persistenta. Vidare är många av ämnena bioackumulerande, vilket innebär att de ackumuleras i levande organismer. Eftersom de perfluorerade ämnena är fett- och vattenavstötande lagras de inte i fettvävnad på samma sätt som andra bioackumulerande ämnen utan binder istället till proteiner och lagras i andra organ i kroppen, till exempel i levern och i blodet (KemI, 2019). Människor exponeras främst via mat - särskilt fisk och skaldjur. Ammande spädbarn exponeras via modersmjölk. Dessutom exponeras människor för PFAS via förorenat dricksvatten och genom exponering via huden till följd av användning av PFAS-behandlade produkter. Slutligen kan människor exponeras via inandning av förorenat damm (Karolinska institutet, 2019).⁴

2011 påträffades PFOS i vattnet från Tullinge vattenverk i Botkyrka kommun som därefter fick stängas på grund av detta. Än idag (2019) får Botkyrkaborna sin dricksvattenförsörjning tillgodosedd genom Norsborgs vattenverk (Mälaren). Efter att föroreningen blev känd initierade Botkyrka kommun ett antal utredningar (bl.a. WSP, 2012) som visade att föroreningen hade orsakats av Försvarsmaktens användning av brandskum vid den före detta flygflottiljen (F18) i Tullinge. Två spridningsvägar kunde identifieras; via en berghangar på flottiljen och via övningsytor där brandskum använts. Det blev också klarlagt att föroreningarna är mycket ojämnt fördelade med allt ifrån ca 555 ng/kg TS vid en provtagningsplats till 20–40 ng/kg TS vid näraliggande områden. I grundvattnet påträffades vatten med PFOS-halt på 40 000 ng/l eller ännu högre på ca 16 meters djup. Genombrottet av PFOS och andra PFC-ämnen genom grusåsen och ner i grundvattnet bedöms ha ägt rum kring 1985, varefter belastningen steg fram till ca 1995 för att sedan ha varit konstant. 2012 uppmättes PFOS-halter på omkring 300–400 ng/l i grundvattentäkten i Tullinge. Från grundvattnet sprids föroreningen vidare till Tullingesjön och Mälaren.

Det finns en stor osäkerhet och begränsad erfarenhet vad gäller åtgärder för att efterbehandla PFAS. I Naturvårdsverket (2019) beskrivs hur de metoder som kan tillämpas är förknippade med många osäkerheter, t.ex. avseende metodernas effekt, hur de ska utformas och genomföras, åtgärdskostnader och behandlingstider. Schaktning är den metod som oftast används för PFAS-förorenad mark. Det faktum att molekylerna är relativt vattenlösliga och rörliga innebär att de kan tränga ned till relativt stora djup, vilket gör det svårt och dyrt att schaktsanera.

3.1 Rapportens fokus

I denna rapport analyseras de samhällsekonomiska konsekvenserna (kostnader och nyttor) om grundvattentäkten i Tullinge tas i bruk igen och det förorenade området efterbehandlas. En stor utmaning för värdering är att grundvatten inte köps och säljs på någon marknad. Att grundvattnet inte är marknadsprissatt innebär alltså svårigheter att ekonomiskt värdera det (Naturvårdsverket, 2002). Ett alternativt sätt att komma runt problematiken att ett marknadspris saknas är att värdera grundvattentäkten genom att analysera vad det skulle kosta om den behöver ersättas med ett annat alternativ. I detta fall finns redan ett alternativ till grundvattentäkten i Tullinge i form av Norsborgs vattenverk vilket gör att inga omfattande investeringar kommer att krävas för att öppna ett nytt vattenverk. Däremot kan beroendet av

⁴ Karolinska institutet, 2019. Perfluorerade och polyfluorerade ämnen - <https://ki.se/imm/perfluorerade-och-polyfluorerade-amnen>.

Norsborgs vattenverk komma att innebära högre kostnader för Botkyrka om VA-taxan höjs. På så sätt kan framtida kostnadsbesparingar bli möjliga om kommunen även har tillgång till vattenverket i Tullinge. För att få en så rättvisande bild som möjligt av den totala nyttan av att öppna vattentäkten och efterbehandla det förorenade området behövs ett brett spann av nyttotyper belysas som utöver dricksvattenförsörjningen inkluderar; ökade rekreativvärden, minskade hälsorisker, ökade markvärden, minskade kommunala kostnader för utredningar och provtagningar, minskad risk för skadestånder orsakade av virus- och parasitutbrott och så vidare.

Den långsiktiga nyttan med att åter kunna använda vattentäkten hänger samman med vilken typ av efterbehandling som sker och efterbehandlingen i sig själv leder också till viktiga samhällsnyttor. Två olika scenarier formuleras därmed beroende på val av efterbehandlingsalternativ och analysen av kostnader och nyttor för respektive scenario görs i förhållande till ett referensalternativ. Syftet med analysen är att den ska ge indikationer på om scenarierna kan förväntas vara samhällsekonomiskt lönsamma, vilket de är om nyttorna överstiger kostnaderna. En avgränsning är att studien inte inkluderar konsekvenserna av föroreningen från bergrummet på flottillen utan enbart föroreningen som finns i marken. Anledningen till avgränsningen är att föroreningen i bergrummet inte sprids till grundvattentäkten, vilket är studiens fokus. Det förorenade vattnet från bergrummet renas via kolfilter, men sprids i viss mån till sjöarna Getaren och Bysjön.

Den övergripande samhällsnyttan med att öppna vattentäkten är att detta skulle ge en säkrare och mer redundant dricksvattenförsörjning för kommunen och regionen. Stockholmsregionen utsätts för risker kopplade till trygg och säker dricksvattenförsörjning och även hantering av dagvatten och tillskottsvatten. Att vara alltför beroende av Mälaren för dricksvattenförsörjningen innebär en risk utifrån Botkyrkas perspektiv. Det är därför en stark drivkraft för kommunen att bidra till en säkrare dricksvattenförsörjning för kommuninvånarna. I vattenförsörjningsplanen för Botkyrka kommun från 2017 bedöms Tullingeåsen-Ekebyhov-Riksten kunna försörja minst 50 procent av invånarna i kommunen år 2040. Grundvattenförekomsten utpekade även vara av hög regional prioritet i den regionala vattenförsörjningsplanen för Stockholms län från 2018 (Region Stockholm m.fl., 2018).

3.2 Rapportens disposition

Nedan beskrivs rapportens scenarier, d.v.s. en beskrivning av vad Ramboll utgått ifrån när kostnader och nyttor värderats. Vi har utgått från ett referensalternativ (dagens situation) och två förändringsscenarier. Efter det kommer ett kapitel med resultat för de olika nyttorna och kostnaderna som presenteras i förhållande till referensalternativet. Slutligen hålls en diskussion kopplat till resultaten.

4. REFERENSALTERNATIV OCH FÖRÄNDRINGSSCENARIER

I detta avsnitt presenteras de olika scenarierna som konsekvensanalyseras. Vi utgår från två förändringsscenarier för tänkbara förändringar vid såväl vattenverket i Tullinge som det förorenade området vid f.d. F18 flygflottilj i Tullinge. Dessa analyseras i förhållande till ett referensscenario (dagens situation).

Figur 1: Beskrivning av rapportens scenarier

SCENARIO	INNEHÅLL	TYP
Referensscenario	Vattenverket i Tullinge förblir stängt och att vattenförsörjningen för Botkyrkaborna fortsätter att helt och hållet ske genom Mälaren	Ingen förändring
Scenario 1	Vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och att utgående dricksvatten renas från PFAS och andra perfluorerade ämnen med hjälp av omvänd osmos	Liten förändring
Scenario 2	Vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och att inkommande råvatten renas från PFAS och andra perfluorerade ämnen med hjälp av omvänd osmos och förorenade jordmassorna grävs ut.	Stor förändring

4.1 Referensalternativ

Ett viktigt steg i en samhällsekonomisk konsekvensanalys är att definiera ett referensalternativ. I denna studie beskriver referensalternativet dagens situation, d.v.s. att vattenverket i Tullinge förblir stängt och att vattenförsörjningen för Botkyrkaborna fortsätter att helt och hållet ske från Mälaren (Norsborgs vattenverk). Referensalternativet innebär även att det förorenade området vid före detta F18 Tullinge flygflottilj inte kommer att saneras och även fortsättningsvis kommer att ha samma användning som idag.

4.2 Scenario 1. Vattenverket tas i bruk och det förorenade området efterbehandlas med hjälp av barriärteknik/övertäckning

Scenario 1 innebär att vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och att utgående dricksvatten renas från PFOS och andra perfluorerade ämnen. Tyréns (2019) utreder på uppdrag av Botkyrka kommun potentiella reningstekniker för att uppnå det övergripande målet att dricksvatten kan levereras som uppfyller Livsmedelsverkets nu gällande riktvärde avseende PFAS, d.v.s. en halt som inte överstiger 90 ng/l. Dessutom utreds tekniker som även skulle uppnå potentiella framtida EU-riktvärden på 45 ng/l respektive 8 ng/l. Rapporten fokuserar endast på reningsteknik som bedöms vara passande för att dessa tre respektive riktvärden kan uppnås.

Aktivt kol är en produkt som tillverkas industriellt av material som innehåller kol med stor inre adsorberande yta, t.ex. trä, torv, kokosnötskal, brunkol, antracit och stenkol, olivkärnor och andra fruktkärnor. Filtrering genom granulärt aktivt kol har visat sig vara en effektiv metod men

bara om kolet är färskt eller nyligen regenererat. Filter med granulärt aktivt kol måste regenereras ofta för att reningsmetoden ska fungera. Livslängden för tekniken uppskattas till mer än 100 år för bassängerna men GAK-massan bör regenereras 1–2 gånger/år. Rörsystem och pumpar uppskattas hålla upp till 50 år.

Membranfilter eller "membran" är mikroporösa plastfilmer som genom ytfångst behåller partiklar eller mikroorganismer som är större än deras porstorlek. Vissa partiklar som är mindre än den angivna porstorleken kan behållas av andra mekanismer. Det finns många olika typer av membranfilter, t.ex. ultrafilter, nanofilter och omvänd osmos (RO) membranfilter. Olika membrantyper används beroende på storleken på de molekyler som ska renas bort. Omvänd osmos (RO) membranfilter används mest för rena vattnet från lokala föroreningar. Det finns dock nackdelar med den här reningsprocessen eftersom membranet även bidrar till försämringar avseende dricksvattnets hårdhet, alkanitet och pH-värde. Livslängden för RO-membran är 10–15 år och för rörsystem och pumpar upp till 50 år.

Om Tullinge vattenverk öppnar igen innebär det att dricksvattenförsörjningen för Botkyrkaborna blir mindre beroende av Mälaren men att boende i de norra delarna av kommunen även fortsättningsvis kommer att få sitt dricksvatten från Norsborgs vattenverk. Scenario 1 innebär vidare att det förorenade området vid före detta F18 Tullinge flygflottilj kommer att efterbehandlas i enlighet med åtgärdsförslag "**Barriärteknik/inneslutning/övertäckning**" i NIRAS (2018). I korthet innebär åtgärden att en horisontell barriär (övertäckning med hjälp av en gummiduk) tillämpas för att reducera utlakning eller spridning av föroreningar via infiltrerande nederbörd eller smältvatten från det förorenade markområdet. Det senaste förslaget för övertäckning inkluderar 10 m tätskikt utanför det PFAS-förorenade området samt 5 m tätskikt vid avslantning av skyddsskiktet. Storleken på övertäckningen bedöms i dagsläget till ca. 15 000 m².⁵ Övertäckning med tätskikt innebär att PFAS kommer att finnas kvar i marken men att spridningen från jord till grundvatten begränsas. Tekniken är dock oprövad för PFAS.

4.3 Scenario 2. Vattenverket tas i bruk och det förorenade området efterbehandlas med hjälp av urgrävning och förbränning

Scenario 2 innebär även det att vattenverket i Tullinge tas i bruk igen och att det förorenade området efterbehandlas med hjälp av urgrävning och förbränning. Utgående dricksvatten renas även i detta scenario från PFOS och andra perfluorerade ämnen enligt samma tekniker som utifrån Tyréns (2019) beskrevs för scenario 1, d.v.s. med kolfilterrening och/eller membranfiltrering/omvänd osmos. Jämfört med scenario 1 kommer dock behovet av rening på lång sikt att minska eftersom scenariot innebär en högre grad av omhändertagande av det förorenande ämnet vid källan. På kort och medellång sikt kommer dock behovet av kolfiltrering och membranfiltrering/omvänd osmos vara detsamma i scenario 1 och 2 eftersom det kommer att ta lång tid innan PFAS-halterna i grundvattensystemet går ner.

Om Tullinge vattenverk öppnar igen innebär det att dricksvattenförsörjningen för Botkyrkaborna blir mindre beroende av Mälaren men att boende i de norra delarna av kommunen även fortsättningsvis kommer att få sitt dricksvatten från Norsborgs vattenverk. Scenario 2 innebär att det förorenade området vid före detta F18 Tullinge flygflottilj kommer att efterbehandlas i **enlighet med åtgärdsförslag "Urgrävning och förbränning"** i NIRAS (2018). I korthet innebär åtgärden att de förorenade jordmassorna grävs ur och transporteras till en behandlingsanläggning för förbränning i hög temperatur, vilket är en väldokumenterad metod för många olika typer av ämnen, däribland PFAS. I Kumla ligger Sveriges enda godkända anläggning för denna typ av högtemperaturförbränning. I nuläget bedöms anläggningen dock inte ha kapacitet att hantera och

⁵ Mailkonversation 29/5/2019 mellan Botkyrka kommun och Helldén Environmental Engineering AB.

behandla de volymer som skulle bli aktuella i det här fallet. WSP (2016) betonar vikten av att deponianläggningen klarar av att storskaligt och effektivt rena allt lakvatten med exempelvis kolfilterrening. I annat fall finns en risk att föroreningen enbart förflyttas från ett ställe till ett annat.

5. RESULTAT

I detta avsnitt redovisas de positiva och negativa konsekvenserna av de två scenarierna jämfört med referensalternativet. I möjligaste mån uttrycks kostnaderna och nyttorna kvantitativt och monetärt, och i annat fall ges kvalitativa bedömningar. Den mest övergripande samhällsnyttan och skälet till att öppna vattentäkten igen är en säkrare och mer redundant dricksvattenförsörjning för kommunen och regionen. Det faktum att Botkyrka idag saknar en reservvattentäkt inom kommunens geografiska gräns utgör en risk. Om något händer den ordinarie vattentäkten, exempelvis ett utbrott av virus, parasiter eller bakterier, är det av stor betydelse att snabbt kunna utnyttja en annan dricksvattenkälla. Kostnaderna för att öppna vattenverket i Tullinge och efterbehandla det förorenade området måste vägas mot samhällsnyttan av att kunna undvika framtida skadestånder i en situation då ingen reservvattentäkt finns att tillgå, att säkerställa ett eventuellt behov av vatten till industri och jordbruk i framtiden, att minska stigmat kring det förorenade området och stärka områdets rekreations- och markvärden, m.m. Som den sammanfattande resultattabellen nedan visar är flera kostnads- och nyttoposter gemensamma för scenario 1 och 2.

Tabell 1: Sammanfattning av resultat per nytto- och kostnadspost (första året)

	Typ	Scenario 1	Scenario 2	MNKR S1	MNKR S2
Nyttor	Kostnadsbesparingar på sikt när kommunen blir mindre beroende av dricksvattenförsörjning från Norsborgs vattenverk.	Ja	Ja	3,5	3,5
	Nytta till följd av minskad risk vid ett ev. parasit/virus-utbrott i Mälaren	Ja	Ja	18,7	18,7
	Positiva miljöeffekter till följd av minskad spridning av PFAS till grundvatten och ytvatten.	Till viss del*	Ja		10–18
	Positiva hälsoeffekter till följd av minskad exponering av PFAS-föroreningar.	Till viss del	Ja		
	Ökade rekreativvärden.	Till viss del	Ja		Se miljöeffekter ovan
	Minskat "stigma" kring det förorenade området och vattentäkten och dess påverkan på huspriser	Nej	Ja		34
	Ökat markvärde på det förorenade området – möjliggöra för utökad bebyggelse	Nej	Ja		10–25
	Minskat behov av kommunala informationsinsatser, provtagningar och konsultutredningar	Till viss del	Ja	5	10
Kostnader	Investeringskostnader för att ta vattenverket i bruk (omvänd osmos 8 ng/l)	Ja	Ja	30,4	30,4
	Driftskostnader för att ta vattenverket i bruk (omvänd osmos 8 ng/l)	Ja	Ja	15,9	15,9
	Negativa miljö- och hälsoeffekter av att ta vattenverket i drift (t.ex. buller, luftutsläpp, avfall)	Ja	Ja		
	Åtgärds kostnader för efterbehandling med hjälp av barriärteknik/inneslutning/övertäckning	Ja	Nej	2,5–4,5	
	Negativa miljö- och hälsoeffekter av efterbehandling med hjälp av barriärteknik/inneslutning/övertäckning (t.ex. buller, luftutsläpp, avfall)	Ja	Nej	Marginell	
	Åtgärds kostnader för efterbehandling med hjälp av urgrävning, transport och förbränning	Nej	Ja		160
	Negativa miljö- och hälsoeffekter av efterbehandling med hjälp av urgrävning och förbränning (t.ex. buller, luftutsläpp, avfall)	Nej	Ja		

Notering: *Övertäckningen syftar till att minska spridning av PFAS, men spridningen minskar ej lika mycket som i scenario 2. Vi förstår det framförallt som att spridningen kan minska till närliggande ytvatten genom t.ex. visst skydd vid kraftig nederbörd. Läckaget nedåt mot grundvattenåsen förblir oförändrat. Därför har vi satt "Till viss del". I tabellen inkluderas ej eventuell nytta förknippad med att inte behöva etablera ett nytt vattenverk. Kostnaden för att etablera ett nytt vattenverk är uppskattad till mellan 0,5 till 3 mdkr vilket således som minst skulle fördubbla nivåerna på nyttorna.

5.1 Samhällsekonomiska nyttor av scenario 1 och 2

Detta avsnitt presenterar de nyttor som varit möjliga att identifiera inom ramen för uppdraget. Ett flertal av nyttorna är gemensamma för scenario 1 och scenario 2 medan andra nyttor endast kan förväntas uppstå till följd av scenario 2.

De nyttor som förväntas uppstå till följd av scenario 1 respektive scenario 2 finns presenterade i Tabell 2: Nyttor vid scenario 1 och scenario 2 jämfört med referensalternativet Tabell 2.

Nyttouppskattningen är beräknad som en jämförelse mot referensalternativet att ingen åtgärd genomförs. I beräkningarna tar vi hänsyn till de nyttor som uppkommer på sikt till 2040. Detta görs för de löpande nyttorna *hälsorisker till följd av risk för kontaminerat dricksvatten, nytta till följd av förväntad utveckling i VA-taxa från SVOA samt betalningsvilja för fullgott rekreativfiske*. I totalsumman summerar vi nyttorna som uppstår till följd av *låga scenariot*, vilket alltså är det mest konservativa beräkningsalternativet. Vid summering av nyttorna som uppstår fram till 2040 för scenario 1 och scenario 2 i jämförelse med referensalternativet, uppskattar vi nyttan för scenario 1 till ca. 429 mnkr och nyttan för scenario 2 till ca. 537 mnkr.

Tabell 2: Nyttor vid scenario 1 och scenario 2 jämfört med referensalternativet

	Nyttor scenario 1	Nyttor scenario 2
Markvärde, varav:		
<i>Lågt scenario</i>	0	10 000 000
<i>Högt scenario</i>	0	25 000 000
Markvärdespåverkan på närbelägna bostäder	0	34 000 000
Hälsorisker, kontaminerat dricksvatten	282 000 000	282 000 000
Nytta till följd av förväntad utveckling i VA-taxa	88 000 000	88 000 000
Betalningsvilja för fiske, varav:		
<i>Lågt scenario</i>	57 000 000	113 000 000
<i>Högt scenario</i>	134 000 000	268 000 000
Kommunala insatser	5 000 000	10 000 000
Total	429 000 000	537 000 000

Notering: I beräkningarna av markvärde och betalningsvilja för fiskemöjligheter har vi utgått ifrån lågt scenario (konservativa beräkningar). Nyttoberäkningarna för hälsorisker vid kontaminerat dricksvatten, betalningsvilja för fiskemöjligheter och påverkan på VA-taxa är det aggregerade värdet fram till 2040 (20 år). I beräkningen använder vi en diskonteringsränta på 3,5 procent.

5.1.1 Kostnadsbesparing vid minskat beroende av dricksvatten från Norsborgs vattenverk

Denna nytta förväntas uppstå både i scenario 1 och scenario 2

Ett minskat beroende av dricksvatten från Norsborgs vattenverk kommer med tanke på dagens låga nivå på VA-taxan inte medföra några större kostnadsbesparingar för Botkyrka kommun. I ett framtidsscenario som innebär ökade risker kopplade till såväl dricksvattenförsörjningen som avloppshanteringen kan det dock förväntas att VA-taxan kommer att stiga. På längre sikt kan kommunens kostnader för inköp av dricksvatten alltså minska om Tullinge vattenverk tas i bruk igen. SVOA fastställde under 2018 att bruksavgifterna för 2019 behövde höjas med 2 procent till 4,08 kr/m³, vilket enligt bolagets egna bedömning utgör en kraftig avgiftsökning. Även under 2020 och 2021 väntas stora höjningar. Dessa höjningar är i linje med bolagets strävan efter fullständig kostnadstäckningsgrad.⁶ I vattenförsörjningsplanen för Stockholms län (Region Stockholm, 2018) beskrivs att stora investeringar behöver göras av Stockholmsregionens tre

⁶ SVOA (2018) "Taxa för vatten och avlopp 2019", 2018-05-14

stora vattenproducenter för att klara kapaciteten i framtiden. Att investeringsbehoven för Stockholmsregionens dricksvattenförsörjning i framtiden är stora påpekas även av Svenskt vatten (2017), som vidare påpekar att VA-taxan kan behöva fördubblas de kommande 20 åren. Som exempel nämns att Stockholm planerar att lägga ned Bromma reningsverk och istället bygga ut och om Henriksdals reningsverk till en kostnad av ca 6 miljarder kronor. Om SVOA:s prishöjningar är på 2 procent årligen även i framtiden, skulle det ta cirka 35 år för priset att fördubblas. Antagandet om en kontinuerlig årlig prishöjning på 2 procent kan således tolkas som en underskattning.

Tabell 3: Räkneexempel 1: Kostnadsbesparing VA-avgifter vid återöppnande av Tullinge vattenverk

	Berörda invånare	Genomsnittlig förbrukning per år	Referensscenario: Uppskattat pris m3	Scenario 1 & 2: Uppskattat pris m3	Uppskattad besparing (inkl. diskontering)
2020	40 000	305,5	4,16	4,12	498 576
2021	40 000	305,5	4,24	4,16	976 685
2022	40 000	305,5	4,33	4,20	1 434 970
2023	40 000	305,5	4,42	4,25	1 874 053
2024	40 000	305,5	4,50	4,29	2 294 541
2025	40 000	305,5	4,59	4,33	2 697 022
2026	40 000	305,5	4,69	4,37	3 082 068
2027	40 000	305,5	4,78	4,42	3 450 234
2028	40 000	305,5	4,88	4,46	3 802 061
2029	40 000	305,5	4,97	4,51	4 138 072
2030	40 000	305,5	5,07	4,55	4 458 776
2031	40 000	305,5	5,17	4,60	4 764 669
2032	40 000	305,5	5,28	4,64	5 056 230
2033	40 000	305,5	5,38	4,69	5 333 926
2034	40 000	305,5	5,49	4,74	5 598 210
2035	40 000	305,5	5,60	4,78	5 849 523
2036	40 000	305,5	5,71	4,83	6 088 291
2037	40 000	305,5	5,83	4,88	6 314 930
2038	40 000	305,5	5,94	4,93	6 529 842
2039	40 000	305,5	6,06	4,98	6 733 419
2040	40 000	305,5	6,18	5,03	6 926 040
Totalt					87 902 140

Källa: Antalet berörda invånare avser de som potentiellt kan få sitt dricksvatten från Tullinge vattenverk (Botkyrka kommuns vattenförsörjningsplan 2017). Genomsnitt förbrukning (kubikmeter) av vatten utgår ifrån riksnittet och är inhämtat från SCB. VA-taxan för 2019 om 4,08 kr per m3 är hämtad från SVOA. Vi använder en diskonteringsränta på 3,5 procent.

Vid ett antagande att SVOA:s VA-taxa stiger med 2 procent per år till år 2040 och att kostnaden för Tullinge vattenverk stiger med 1 procent till år 2040 skulle detta innebära en samlad kostnadsbesparing motsvarande ca 88 mnkr.

5.1.2 Eventuella kostnader för anläggning av ett nytt vattenverk

I nom ramen för rapporten bedöms inte om en anläggning av nytt vattenverk blir nödvändig på medellång- till lång sikt.

Ramboll kan inom ramen för denna rapport inte bedöma huruvida det blir nödvändigt att anlägga ett nytt vattenverk i Botkyrka kommun till följd av PFOS-föreningen i grundvattentäkten. För

närvarande existerar den infrastruktur som gör det möjligt för kommunens invånare att tillgodose vattenförsörjning genom Norsborgs vattenverk (Mälaren), och därtill är det möjligt att rena vattnet från Tullingeåsen med tillämpning av omvänd osmos. På längre sikt finns dock risken om begränsad möjlighet till vattenförsörjning från Mälaren för Botkyrkaborna, samt en risk att eskalerande PFAS-nivåer i Tullingeåsen försvarar reningen av vattnet till brukliga dricksvattennivåer. I rapporten "Regional vattenförsörjningsplan för Stockholms län" beskrivs också att Tullingesjön och Tullingeåsen är vattenresurser med hög regional prioritet. I rapporten beskrivs också att stockholmsregionen är en region där det är uppenbart att ökad kapacitet behövs för att möta det ökande vattenbehovet i länet. Vid detta eventuella inträffande följer att det av nödvändighet behöver anläggas ett nytt vattenverk i Botkyrka kommun. I till exempel Kristianstad och Uppsala har det beräknats vilka kostnadsbesparingar som varit möjliga att göra genom att förse kommunmedborgarna med dricksvatten från egen grundvattentäkt. Kostnaden för att ersätta grundvattentäkten Uppsalaåsen med ytvatten från Mälaren uppskattats till minst 3 miljarder kr (Uppsala kommun, 2015). Förklaringen till det stora beloppet är att omfattande investeringskostnader för vattenverk med ledningar är nödvändiga. På liknande sätt har grundvattenrådet Kristianstad (Göransson, 2008) räknat fram att ersättningskostnaden för grundvattentäkten på Kristianstadsslätten är 50–510 mnkr. Dessa kostnadsiffror är fingervisande för vilka typer av investeringskostnader som är nödvändiga vid anläggning av nya vattenverk och ny infrastruktur för vattendistribution. Inom ramen för rapporten görs dock inte bedömningen kring den eventuella förhöjda risken att behöva anlägga ett nytt vattenverk i Botkyrka kommun till följd av föroreningen som har uppstått. Därför beräknas inte heller den eventuella kostnadsbesparingen som kan uppstå.

5.1.3 Kostnadsbesparing vid minskat beroende av vatten från Norsborgs vattenverk till jordbruk, industri och Karolinska sjukhuset i Huddinge *Denna nytta förväntas uppstå både i scenario 1 och scenario 2*

Ett minskat beroende av vatten till jordbruk och industri från Norsborgs vattenverk skulle i dagsläget inte medföra någon kostnadsbesparing för Botkyrka kommun eftersom dessa användningsområden är så marginella. Denna typ av användningsområden kan komma att bli aktuella i framtiden och då skulle det innebära en kostnadsbesparing att kunna ta vatten från Tullinge vattenverk istället för Mälaren, se även resonemanget ovan. Göransson, (2008) har beräknat vad det är värt för jordbruk och industri att kunna använda vatten från grundvattentillgången i Kristianstad till bevattning med mera. Optionsvärdet och industrins användarvärde värderas genom att uppskatta vad kostnaden skulle ha varit om vattnet fick tas från annat håll, baserat på kommunalt kubikmeterpris. Optionsvärdet skattas till 90–120 mnkr och värdet för industrin till 7 mnkr. Det är möjligt att Karolinska sjukhuset i Huddinge, genom att åter få tillgång till Tullinge vattenverk som reservvatten, därigenom kan undvika kostnader. Detta är då en nytta jämfört med referensalternativet. Denna nytta har dock inte varit möjlig att monetarisera inom uppdraget.

5.1.4 Minskad risk vid ett eventuellt parasit/virus-utbrott i Mälaren *Denna nytta förväntas uppstå både i scenario 1 och scenario 2*

Klimatförändringar med översvämningar, skyfall och stigande havsnivåer ökar risken för översvämning av VA-system och att dricksvatten förorenas av parasiter/virus. I detta avsnitt analyseras ett scenario med parasit/virus-utbrott till följd av klimatförändringar men det är viktigt att komma ihåg att det även finns andra typer av risker i Mälaren och att samhällskostnaderna till följd av exempelvis ett oljeutsläpp skulle också kunna bli omfattande. Det finns många beräkningar gjorda kopplat till virus- och parasitutbrott från olika delar av Sverige och denna typ av händelse är även ett illustrativt och realistiskt exempel för Mälaren. Om Tullinge vattenverk tas

i bruk igen kommer det minskade beroendet av dricksvatten från Mälaren göra att det i händelse av ett parasit/virus/bakterie-utbrott i Mälaren kommer vara möjligt att undvika stora skadestnader i form av produktionsförluster, sjukfrånvaro, sjukvårdskostnader, oro, obehag osv. Mälaren är en sårbar ytvattentäkt med många olika hot och risker och olika nyttjanden (Botkyrka kommuns vattenförsörjningsplan, 2017). Det råder stor risk för översvämningar. I detta avsnitt diskuteras ett antal svenska episoder med förorenat dricksvatten och vilka samhällsekonomiska kostnader de medförde. Exempelen illustrerar vilka kostnader som skulle kunna undvikas i Botkyrka kommun om det finns andra alternativ till Norsborgs vattenverk.

Mellan 1998 och 2011 skedde 59 utbrott i Sveriges vattentäkter, motsvarande 4,2 utbrott per år. Totalt omkring 52 000 personer uppskattas ha exponerats mot dessa enligt Guzma-Herrador et al (2015⁷). Denna siffra är troligen en väsentlig underskattning av de faktiskt antal drabbade, vilket Söderqvist et al (2016) menar är vanligt. De flesta utbrotten orsakas av dricksvatten där grundvatten använts som råvatten. Störst antal personer har däremot smittats av dricksvatten från ytvattenverk. I drygt hälften av utbrotten angavs orsaken till utbrottet vara en förorening av råvattnet. Nedan presenteras några fall av vattenburna utbrott med betydande samhällspåverkan.

Utbrott av *Cryptosporidium* i Skellefteå och Östersund, 2010–2011

Vintern 2010/2011 inträffade ett omfattande vattenburet sjukdomsutbrott i Östersunds kommun, orsakat av parasiten *Cryptosporidium hominis*.⁸ Kort därefter, i april 2011, skedde ett ytterligare utbrott av parasiten. Denna gång i Skellefteå. Utbrotten i Östersund och Skellefteå är de första stora dricksvattenburna utbrotten med *Cryptosporidium* i Sverige. Vattenburna utbrott med parasiten har tidigare skett i ett antal europeiska länder samt i USA och Kanada (Lindberg et al, 2016). *Cryptosporidium* är ett urdjur som orsakar diarrésjukdom hos både människor och djur. Parasiten har lång överlevnad i miljön och är även tåliga mot klor i de doser som används vid dricksvattenberedning. I en analys av råvatten från större vattenverk mellan 2003 och 2008, visade 11,5 procent av proverna (totalt 200 prover) positiva utslag för *Cryptosporidium*. Dessa parasiter hittades vid minst ett tillfälle i samtliga undersökta råvatten.

I webbenkäter som genomfördes efter att utbrotten inträffat, uppgav 4 600 invånare i Skellefteå och 12 700 invånare i Östersund att de insjuknat. Denna siffra antas dock vara underskattad (Lindberg et al, 2016). I Skellefteå uppskattade Folkhälsomyndigheten att 20 000 personer smittats av parasiten.⁹ I Östersund uppskattas att utbrottet orsakade ca 27 000 sjukdomsfall. Detta motsvarar 45 % av de invånare som exponerats mot dricksvattnet. De samlade samhällskostnaderna för utbrottet har uppskattats till 220 mnkr.

Virusutbrott i Lilla Edet 2008

Hösten 2008 inträffade ett virusutbrott i Lilla Edet, som får sitt dricksvatten från Göta Älv. Orsaken till utbrottet tros vara kopplad till förorening av ytvattnet efter kraftiga regn. Det påvisades kolifager i dricksvattnet vilken kunde ses som en indikation på bristande barriärer mot virus. Minst 2 400 invånare uppges ha insjuknat.¹⁰

⁷ Guzma-Herrador, et al (2015) "Waterborne outbreaks in the Nordic Countries, 1998 to 2012". *Eurosurveillance*, Volume 20, Issue 24, 18/Jun/2015.

⁸ Lindberg, Anna. Lusua, Jens. Nevhage, Björn (2011) "Cryptosporidium i Östersund vintern 2011/2011: Konsekvenser av ett stort vattenburet sjukdomsutbrott". FOI/Livsmedelsverket, December 2011.

⁹ Folkhälsomyndigheten 2016: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar/vattenburen-smitta/exempel-pa-dricksvattenburna-utbrott-i-sverige/>

¹⁰ Folkhälsomyndigheten 2016

¹⁰ Ibid.

Campylobacter i Söderhamn 2002–2003

Vintern 2002–2003 inträffade två utbrott av magsjukdom i Söderhamn. Utbrotten kunde genom enkätstudier kopplas till det kommunala dricksvattnet som producerades av grundvatten. Ett av utbrotten kunde kopplas till Campylobacter eftersom detta agens (organism som orsakar smitta) påvisades hos sjuka personer.

I Livsmedelsverkets (2016) rapport **”Risken att bli magsjuk av dricksvatten – en svensk kohortstudie”**¹¹ uppskattas att 2,4 procent årligen drabbas av magsjuka genom dricksvattnet. Detta motsvarar 175 000 fall per år i Sverige eller att en person blir sjuk av dricksvatten i genomsnitt en gång vart 40:e år. I Livsmedelsverkets rapport påvisas ingen statistiskt signifikant skillnad beträffande utbrottsrisken för dricksvatten uttaget grundvatten jämfört med ytvatten. Särskilt stor risk för vattenburna utbrott uppges ske efter perioder med kraftigt regn. Vid många utbrott visar uppföljningar att antalet drabbade är större än det antal som först anmäls och registreras (Toljander et al 2016). I cirka 70 procent av utbrotten förblir agens (virus- eller bakterietyp) okänd.

Samhällskostnaden för dricksvattenburna är beroende på flera olika parametrar, t.ex. produktionsbortfall, obehag och sjukdomskostnader, men också påverkan på samhällsfunktioner. I en studie över betalningsviljan i Skellefteå kommun för att minska riskerna för mag- och tarmsjukdomar till följd av förorenat dricksvatten¹², påvisas att tillfrågade invånare i kommunen är villiga att betala 39 – 67 kronor per månad utöver nuvarande VA-avgifter för att med säkerhet slippa bli sjuka av dricksvattnet. I *Dricksvattenutredningens preliminära förslag till åtgärder för trygg och säker dricksvattenförsörjning* av Söderqvist et al (2016)¹³ föreslås att en realistisk skattning för skadekostnaden till 20 000 kr per insjuknad. Denna siffra inkluderar inte kostnader för eventuella leveransavbrott till följd av vattenburna utbrott och är troligtvis en underskattning.

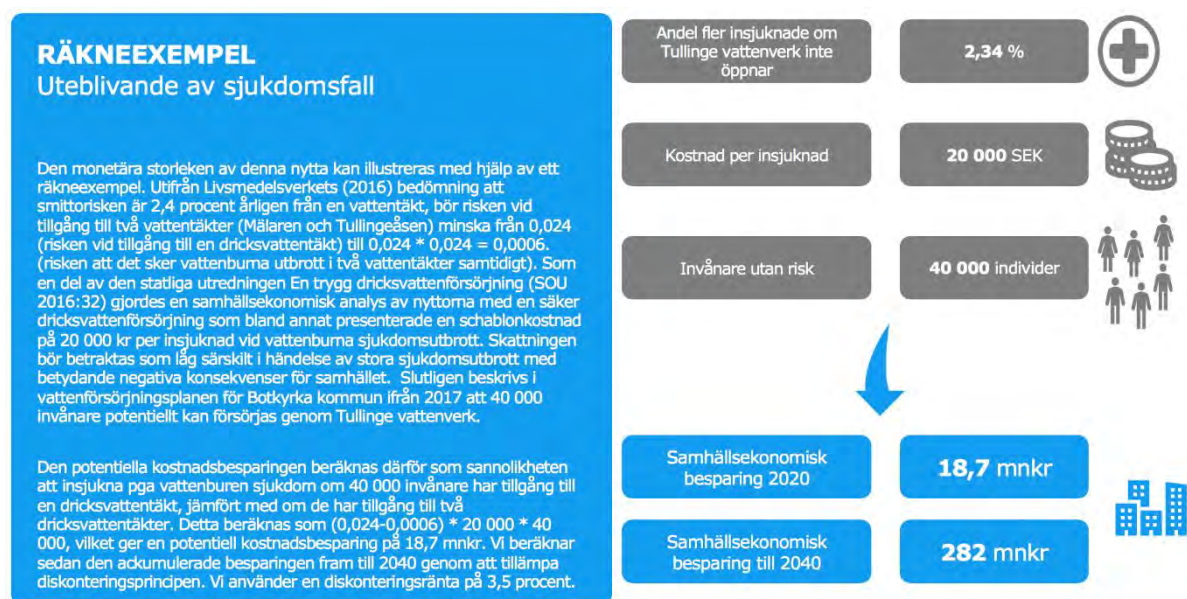
I räkneexemplet nedan visar vi vilka potentiella kostnadsbesparingar som kan uppstå om Tullinge vattenverk åter öppnar. Beräkningen görs utifrån hypotesen att det råder minskad risk att exponeras av vattenburna sjukdomar om invånarna har tillgång till dricksvatten från mer än en vattentäkt.

¹¹ Toljander, Joonas et al (2016) ”Risken att bli sjuk av dricksvatten – en svensk kohortstudie”, Livsmedelsverket, Rapport 15–2016.

¹² Johansson, Linda. Almgren, Linnea (2018) ”Betalningsvilja för att minska riskerna för mag- och tarmsjukdomar av förorenat dricksvatten i Skellefteå kommun”

¹³ Söderqvist et al (2016) ”Dricksvattenutredningens preliminära förslag till åtgärder för trygg och säker dricksvattenförsörjning”: Vilka är de samhällsekonomiska nyttorna och vad behövs för att dessa ska bli verklighet?”. Rapport 2016:13, Chalmers.

Figur 2: Räkneexempel 2: Kostnadsbesparingar vid öppnande av Tullinge vattenverk till följd av minskad risk för vattenburna utbrott



Källa: Schablonkostnad vid insjuknande från Söderqvist et al (2016), smittorisken via dricksvatten Livsmedelsverket (2016), antal invånare som potentiellt kan försörjas från Tullinge vattenverk från Botkyrka kommuns vattenförsörjningsplan (2017).

5.1.5 Positiva miljöeffekter vid minskat läckage av PFAS

Denna nytta förväntas uppstå till viss del i scenario 1 och i högre grad i scenario 2

PFAS-föreningen sprids via grundvattnet till Tullingesjön och sedan vidare till Albysjön och Mälaren. Tullingesjön är en relativt djup sjö med ett största uppmätt djup på 30 meter. Genom Flottsbrokanalen är Tullingesjön – via Albysjön – förbunden med Mälaren. I sjön lever insjöfiskar såsom gädda, abborre, gös, mört, braxen, sarv, löja. Det händer även att havsöring, ål och lake påträffas. Tullingesjön är ett populärt och välbesökt rekreationsområde vilket bland annat visar sig i aktiviteter såsom båt- och kanotliv, samt bad och fiske. Att minska spridningen av PFAS vid källan kommer innebära positiva miljöeffekter i form av minskad risk för ökade PFAS-halter i vattnet och i fisken Tullingesjön, Albysjön och Mälaren.

I NIRAS (2018) framgår att Tullingesjön enbart har provtagits vid ett tillfälle, år 2011. Summahalten av PFAS i vattnet var då 34,5 ng/l. De framtida PFAS-halterna i grundvattenåsen påverkas av vilken typ av åtgärd vid markföroreningsplatsen som genomförs. Vid övertäckning och öppning av vattenverket (scenario 1) kommer spridningen av PFAS från markföroreningen till grundvattnet att pågå under längre tid än under scenario 2, men spridningen av PFAS till Tullingesjön att begränsas som ett resultat av att pumparna vid vattenverket sätts igång. Då markföroreningen, alltså källan till grundvattenföroreningen, består vid detta scenario förhindras inte att PFAS fortsättningsvis ackumuleras i grundvattenåsen över en längre tid. Läckaget från markföroreningen ner i grundvattenåsen kommer därför att fortgå under en längre tid. Vid urgrävning av markföroreningen samt öppning av vattenverket (scenario 2) kan den fortsatta spridningen av PFAS till grundvattenåsen begränsas, då själva föroreningskällan avlägsnas. Detta resulterar i en lägre grad av framtida PFAS-ansamling i grundvattnet jämfört med både referensalternativet och scenario 1. Inget av åtgärdsalternativen innebär att PFAS-halterna i grundvattnet minskar från rådande nivå, men i båda scenario finns en begränsning i hur mycket PFAS som sprids genom åsen mot Tullingesjön i nordlig riktning. Till skillnad från åtgärdsscenario

1 har åtgärdsscenario 2 en inverkan på hur höga de framtida nivåerna av PFAS blir i grundvattenåsen. Med detta följer att spridningen av PFAS till närliggande sjöar och vattendrag, som Tullingesjön, Albysjön och Mälaren möjligen kan påverkas. Detta beroende på att markföroreningen avlägsnas.

Botkyrkabornas värdering av att slippa högre PFAS-halter i sjöar, vattendrag och fisk – halter som skulle göra hobbyfiskande oattraktivt och fisken oätbar, har inte studerats tidigare men det kan nämnas att en amerikansk studie (sammanfattad i NCM, 2019) skattade såväl förlorade fastighetsvärden till följd av PFAS och betalningsviljan för att återställa PFOS-förorenade ytvatten. Studien täckte in skador på grundvatten, ytvatten och reningskostnader. I grundvattenanalysen jämfördes huspriser i områden där grundvattnet var förorenat och användes till dricksvatten med icke-förorenade områden, se resultat av denna fastighetsvärdesanalys i avsnitt 5.1.7 nedan. I ytvattenstudien skattades betalningsviljan för att undvika fiske i PFOS-förorenade vatten till 19–45 USD (180–425 kr) per resa beroende på olika arters popularitet. Den totala förlusten för fritidsfiskare för perioden 2008–2040 skattades till 121 miljoner USD.

På SCB:s hemsida går att räkna fram att det totala antalet fiskedagar i svenska insjöar år 2017 var 8 355 000. Vi antar nu att Botkyrkaborna – utifrån sin befolkningens mängd - står för 1/100 del av dessa fiskedagar (83 550 besök) och att deras genomsnittliga betalningsvilja för att slippa PFAS i fisken är samma som i den amerikanska studien (180–425 kr/besök). Vidare antas att av det totala antalet fiskedagar som Botkyrkaborna gör i inlandsvatten sker 50 procent i Tullingesjön och Albysjön. Räknet på detta sätt skulle betalningsviljan för att undvika PFAS i fisken i Tullingesjön och Albysjön grovt uppskattas till 8–18 mnkr per år. Den samlade betalningsviljan fram till 2040 beräknas till 113–267 mnkr. Denna siffra tillämpas i scenario 2, som bedöms vara det scenario i vilket framtida PFAS-halter i störst mån begränsas. I beräkningen av den ackumulerade betalningsviljan använder vi en diskonteringsränta på 3,5 procent. Det måste betonas att detta räkneexempel bygger på antaganden som är osäkra. För scenario 1 använder vi en betalningsvilja på 57 – 134 mnkr. Detta motsvarar hälften av betalningsviljan i scenario 2. Att betalningsviljan är lägre i scenario 1 baseras huvudsakligen på att framtida PFAS-halter i grundvattenåsen och närliggande vattendrag inte begränsas i samma utsträckning som i scenario 2. Vidare bör en urgrävning ha en starkare *psykologisk* effekt bland människor än vad en övertäckning skapar, då den förorenade jordmassan de facto avlägsnas. En urgrävning av föroreningen kan potentiellt dämpa eventuell oro för att exponeras mot miljö- och hälsofarliga kemikalier, vilket bör tas i beaktande.

Det kan här även konstateras att i Bysjön och Getaren i Botkyrka har kraftigt förhöjda halter av PFAS i abborre påvisats. Dessa två sjöar bedöms ha påverkats genom sina geografiska positioner som avrinningsområden från det före detta flottiljområdet. Eftersom att föroreningen i Bysjön och Getaren har skett via dagvatten, och inte grundvattnet, ligger denna miljö- och samhällspåverkan utanför syftet med denna studie.

5.1.6 Positiva hälsoeffekter till följd av minskad exponering av PFAS

Denna nytta förväntas uppstå till viss del i scenario 1 och i högre grad i scenario 2

Människor exponeras för högfloreterande ämnen via luft, mat, vatten samt användning av produkter innehållande dessa ämnen. Högfloreterande ämnen har ett högt upptag genom mag-tarmkanalen, d.v.s. när de intas genom föda och dricksvatten, samt via inandning. PFAS lagras i kroppen men orsakar inga akuta hälsoproblem. Exponering under lång tid, till exempel till följd

kontinuerlig exponering mot kontaminerat dricksvatten, misstänks dock öka risken för påverkan på sköldkörteln, blodfetter och immunförsvaret (Naturvårdsverket, 2016).

Det finns idag inga rättsligt bindande gränsvärden för PFAS i dricksvatten, men enligt Livsmedelsverkets föreskrifter får dricksvatten inte innehålla ämnen i sådana halter att de kan utgöra en risk för människors hälsa (Livsmedelsverket, 2018). Åtgärdsgränsen för PFAS-ämnen i dricksvatten är idag satt till 90 ng/l. PFOS är det enda högfluorerade ämne som idag är förbjudet. Det är känt att ämnet ackumuleras i blodet, levern och njurarna. Enligt det amerikanska miljödepartementet EPA (2016) har PFOS en halveringstid mellan 4,1 och 8,67 år i människor. I en departementsrapport uppges att det har påvisats kopplingar mellan PFOS-exponering och försämrad reproduktiv hälsa bland kvinnor. Vidare finns effekter kopplade till minskad födelsevikt, förhöjda kolesterolvärden samt ökad risk för olika cancertyper så som prostatacancer och tarmcancer. Sammantaget bedöms hälsoeffekterna av PFOS-exponering som allvarliga.

Vid scenario 1 förväntas en viss begräsning i människors potentiella exponering mot PFOS kunna uppstå, jämfört med referensalternativet. Detta till följd av att övertäckningen skyddar mot direktkontakt med förorenad mark vid platsen där markföroreningen ligger, samt att aktiva pumpar vid vattenverket begränsar spridningen av PFAS i nordlig riktning genom grundvattenåsen. Vidare förväntas övertäckningen minska läckaget av PFOS via dagvattnet, mot ytvattenrecipienterna Getaren och Bysjön i söder. En övertäckning av det förorenade markområdet förhindrar dock inte fortsatt läckage av PFOS till grundvattnet i Tullingeåsen. För att tillflödet av PFAS från det förorenade markområdet till grundvattentäkten ska strypas, och därmed begränsa halterna av PFAS i grundvattentäkten såväl som i andra närliggande vattendrag, krävs alltså att markföroreningen schaktas bort. Men då PFAS redan finns som plym i grundvattnet till följd av det läckage från markföroreningen som redan har inträffat, skulle även reningsåtgärder i grundvattentäkten krävas för att kraftigt få ner PFAS-halten i Tullingeåsen.

5.1.7 Ökade rekreativsvärden

Denna nytta förväntas till viss del uppstå i scenario 1 och i högre grad i scenario 2

Ökade rekreativsvärden förväntas uppstå kring de vattendrag som ligger i anslutning till grundvattenåsen (se diskussionen i avsnitt 5.1.5 ovan) men även på platsen för det förorenade området. Rikstens Friluftstad, där det förorenade området ligger, marknadsförs idag med betoning på närheten till natur och friluftsliv. Stadsdelen är omgiven av ett område utpekat som riksintresse för friluftslivet. I väster ligger Lida naturreservat med Lida friluftsgård som är mycket välbesökt och i öster Flemingsbergsskogens naturreservat. Strax till väster om det förorenade området ligger det som kallas för Rikstensfältet, ett öppet landskap där natur, park och aktivitet förenas. I parkplanen för Rikstens Friluftstad (2017) framställs fältet som en stor öppen yta vars rymd även i framtiden bör skyddas. I parkplanen för Riksten diskuteras vikten att ta tillvara på siktlinjer för det som är Rikstensfältet, då en del av fältet ska kunna användas som evenemangsyta som kan användas för både idrottsliga och kulturella evenemang. Två av de tre siktlinjerna som bedöms som viktiga i parkplanen går över området vid den föreslagna övertäckningen. En övertäckning med viss höjdskillnad från den intilliggande marken skulle således begränsa dessa siktlinjer. Strax väster om det förorenade området, vid dagvattendammarna, finns i parkplanen även ett föreslaget gångstråk.

5.1.8 Minskat stigma kring det förorenade området och vattentäkten

Denna nytta förväntas inte uppstå i scenario 1 men däremot i scenario 2

Det är känt att en form av stigma kan uppstå kopplat till förorenade områden som gör att människor undviker denna typ av platser under en lång tid, även efter att de har efterbehandlats. Det kan för en exploatör av ett tidigare förorenat område vara klokt att ta hänsyn till att det kan finnas osäkerheter och risker med att hyra ut lokaler om det finns ett stigma kopplat till ett område. Dessutom måste exploatören också ta med i beräkningarna att det kan finnas osäkerheter och risker med att hyra ut lokaler om det finns ett stigma kopplat till ett område som tidigare var förorenat (Naturvårdsverket, 2008).

Det åtgärdsalternativ som föreslås i scenario 2 innebär att PFAS kommer att försvinna från marken efter genomförd efterbehandling och att risken för framtida spridning därmed kommer att elimineras/kraftigt minska. Det faktum att föroreningen tas bort kan göra att människors oro för att exponeras för PFAS kraftigt minskar efter slutförandet av åtgärden och att stigmat också försvagas. Detta kan då potentiellt möjliggöra fler användningsområden av platsen än idag.

I området vid och omkring föroreningen finns flera detaljplaner för bostadsbyggande och i Rikstens Friluftsstad finns även nybyggda bostäder. De boende i området har kontinuerligt informerats om föroreningen och bör alltså ha rimligt god kännedom att den existerar. En studie från USA (se även avsnitt 5.1.4 ovan) visar att i områden där grundvattentäkter blivit förorenade med PFAS har huspriserna minskat med 7,3 procent för fastigheter i de mest förorenade områdena och 4,3 procent i mindre förorenade områden (NCM, 2019). Det är inte orimligt att samma typ av påverkan på fastighetspriser kan finnas även i Sverige. Detta diskuteras vidare nedan.

5.1.9 Ökat markvärde på det förorenade området

Denna nytta förväntas inte uppstå i scenario 1 men däremot i scenario 2

Analysen av markvärdet på och i anslutning till det förorenade området är i hög grad baserad på intervjun med PEAB och vilka bedömningar de gör om påverkan på markvärdena. Bedömningen är att endast scenario 2 kommer att ge ett ökat markvärde för det förorenade området.

I juli 2004 förvärvade PEAB den gamla flygflottillen F18 i Tullinge av det statligt ägda fastighetsbolaget Vasallen. Köpeskillingen uppgick vid tillfället till 80 mnkr för ett område som omfattar 370 HA. PEAB meddelade vid köptillfället en förväntad direktavkastning på 9 procent för exploateringen av området.¹⁴ Samtidigt vid köptillfället meddelades att de inom de närmaste 10–15 åren planerade för att bygga 2 500 bostäder i området, fördelat över 13 etapper. Efter ett beslut av Samhällsbyggnadsnämnden i Botkyrka kommun ändrades dock exploateringsgraden i Rikstens Friluftsstad från 2 500 till 3 500 bostäder. Antalet detaljplaner ändrades i samband med beslutet från 13 till 9 stycken. De tre första etapperna har fram till idag slutförts. Detta har resulterat i bygget av 800 bostäder samt studentbostäder, matbutik, äldreboende, förskola om skola. Stadsdelen förväntas att stå klar 2032 med ca 3 500 bostäder och ca 1000 arbetsplatser.

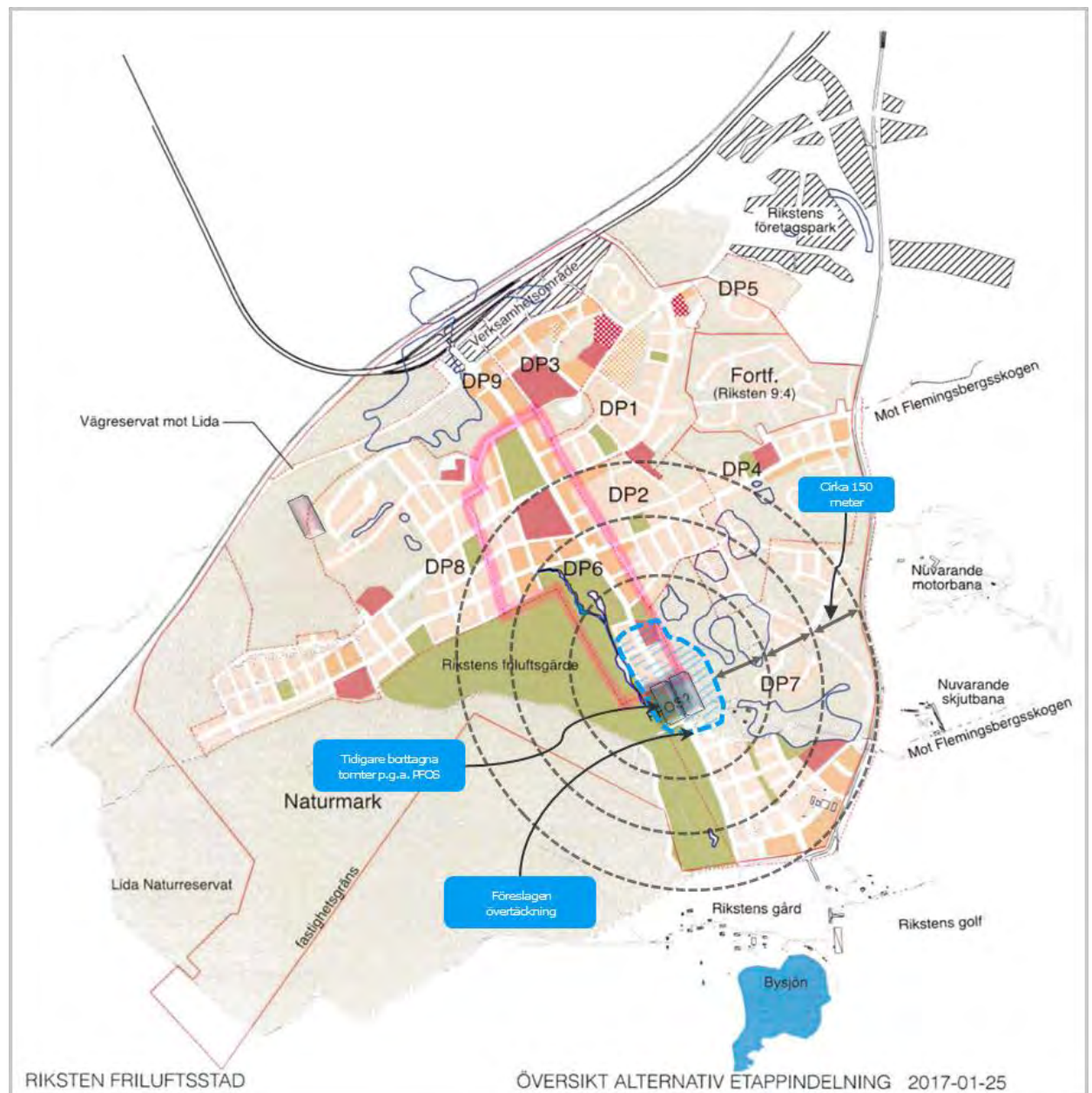
Markföroreningen är belägen på det som idag är den preliminära utformningen av detaljplan 6 för Rikstens Friluftsstad.¹⁵ Delar av den preliminära detaljplan 7 påverkas också direkt av föroreningen. I den senast presenterade utformningen av detaljplan 6 inryms 23 tomter på vilka 748 bostäder med varierande boendeformer kan byggas. Färdigställandet av detaljplanen bildar

¹⁴ PEAB (2004) Pressmeddelande: "PEAB förvärvar F18 i Tullinge" <https://news.cision.com/se/peab/r/peab-forvarvar-f18-i-tullinge.c109170>

¹⁵ Ramavtal Rikstens Friluftsstad, Botkyrka kommun 2017-06-02

en tät bebyggelse i de centrala delarna av stadsdelen samt möjlighet till kommersiella lokaler, förskola, skola, friluftsanläggningar samt parker. Detaljplanen inrymmer även tre dagvattendammar i planens sydvästra delar. I ramavtalet från 2017 mellan Rikstens Friluftsstad AB (dotterbolag till PEAB) och Botkyrka kommun framkommer att två tomter har tagits bort från detaljplan 6 till följd av markföroreningen orsakad av PFOS. Var dessa två tomter tidigare var belägna illustreras i Figur 3. Utbredningen av det förorenade markområdet har i samtliga tidigare planläggningar underskattats. I Figur 3 illustreras omfattningen av övertäckningen utifrån senaste förslaget. Utöver de två tomter som funnits med i tidigare planskisser för detaljplan 6, men som för det senaste planförslaget alltså plockats bort, påverkas ytterligare tre tomter direkt av övertäckningen. Två av dessa finns i detaljplan 6, och en i detaljplan 7.

Figur 3: Detaljplan, Riksten friluftsstad, 2017-01-25 med illustration av Ramboll



Utifrån det senaste planförslaget för detaljplan 6 och det senaste förslaget beträffande övertäckningens omfattning gör vi beräkningar för hur markvärdet kan påverkas vid olika scenarion. I ett scenario låter vi två tomter påverkas av den tilltänkta övertäckningen (lågt scenario). I ett annat låter vi fem tomter påverkas av övertäckningen, vilket vi bedömer som mer troligt. Dessa två scenarion jämförs sedan med fallet då schaktning och igentäckning av det förorenade området sker. I detta fall utgår vi ifrån att området där markföreningen ligger kan bebyggas. Våra beräkningar finns sammanställda i Tabell 4 och Tabell 5.

Tabell 4: Ingångsvärden för markvärdesberäkning

Ingångsvärde	Referensscenario och scenario 1		Scenario 2
	Hög påverkan (5 tomter)	Låg påverkan (2 tomter)	Ingen påverkan
Byggekostnad, kr / m ²	25 915	25 915	25 915
Förväntad direktavkastning (%)	9%	9%	9%
Antal byggbara tomter	20	23	25
Antal bostäder per tomt	33	33	33
Genomsnittlig bostadsstorlek (m ²)	55	55	55

Källa: För ingångsvärden som används i markvärdesberäkningen använder vi PEAB:s egenrapporterade förväntade direktavkastning för exploateringen av Rikstens Friluftsstad (PEAB, 2004), genomsnittliga byggekostnader för 2017 från SCB (SCB, 2018), köpeskillingen från 2004 (SvD, 2004) samt uppskattningar beträffande antalet bostäder som kan upplåtas per tomt utifrån antal bostäder som avser byggas på detaljplan 6 dividerat med antal tomter på samma detaljplan.

Vid hög påverkan (fem tomter) uppskattar vi att det förlorade markvärdet kan uppgå till cirka 21 mnkr. Detta i jämförelse med om marken istället kan bebyggas (scenario 2). Vid låg påverkan (två tomter) uppskattar vi det förlorade markvärdet till mer än cirka 8 mnkr.¹⁶ I dessa beräkningar har vi inte tagit hänsyn till förlorade intäkter som uppkommit till följd av att exploateringen av området försenats på grund av markföreningen som upptäcktes 2011.

I beräkningen presenterad i Tabell 5 tar vi också hänsyn till förlorade intäkter som uppkommit till följd av förseningar i exploateringen av den del av Rikstens Friluftsstad som påverkats av föreningen. Utifrån ett antagande att exploateringen försenats med fem år, tar vi hänsyn till den uteblivna inkomsten som annars hade förväntats inträffa under dessa fem år. För detta använder vi PEAB:s egenrapporterade förväntade direktavkastning på 9 procent.¹⁷ Genom att ta hänsyn till detta uppskattar vi att det förlorade markvärdet istället uppgår till cirka 10 mnkr vid scenariot om låg påverkan (två tomter) och cirka 25 mnkr vid scenariot om hög påverkan (fem tomter). Dessa siffror är framtagna genom att jämföra det uppskattade markvärdet om det inte råder några restriktioner för att exploatering (104 mnkr), med markvärdet vid låg påverkan (94 mnkr) respektive markvärdet vid hög påverkan (79 mnkr).

¹⁶ Siffrorna för uppskattning av förlorat markvärde utgår ifrån markvärdet vid scenario 2. Mellanskillnaden mellan detta markvärde (87 miljoner kronor) och markvärdet som uppskattas vid låg respektive hög påverkan representerar alltså det uppskattade förlorade markvärdet.

¹⁷ Beräkningen görs enligt följande princip. *Samlat värde av markvärde och uteblivna intäkter från exploatering under fem år = Markvärde + $\sum_{t=1}^5 [(1.09^t * \text{Markvärde}) - \text{Markvärde}]$*

Tabell 5: Beräkning av markvärde vid olika scenarion

	Referensscenario och scenario 1		Scenario 2
	Hög påverkan (5 tomter)	Låg påverkan (2 tomter)	Ingen påverkan
Total byggkostnad (mnkr), varav:	944	1 083	1 176
Inköpskostnad detaljplan 6	17	17	17
Byggkostnad	927	1 066	1 159
Intäkter från försäljning (mnkr)	1 011	1 162	1 263
Uppskattat markvärde (mnkr)	66	79	87
Justerat för fem års försening av exploateringen (mnkr)	79	94	104

Notering: Markvärdet beräknas som skillnaden mellan utgifter (byggkostnad och inköpskostnad av mark) minus förväntade intäkter.

5.1.9.1 Marknadsvärde för den närliggande marken

Det är möjligt att PFAS-föreningen också påverkar närliggande fastigheters marknadsvärde. Det är fallet om människor upplever att det är något negativt att ha föreningen i närheten av sitt boende. Ramboll har inom ramen för denna studie inte haft möjlighet att kartlägga människors vetskap om föreningen och dess inställning till att bo i närheten av den. Det är möjligt att föreningen upplevs som något negativt även om det inte finns några direkta hälsoeffekter av att bo i närheten av den. Det är därför svårt att uppskatta skillnaden mellan scenario 1 och 2 när det kommer till närboendes upplevelse av platsen. Det är möjligt att en övertäckning skulle bidra till ökat stigma och ökad upplevelse av naturförstörelse. Effekten på bostadspriser av att bo bredvid något som upplevs som negativt har analyserats i tidigare studier. Något negativt kan t.ex. vara en motor- eller järnväg, industri, reningsverk o.s.v. vilket illustreras med några exempel i tabell nedan. Ett av exemplen baseras på studier där närhet till soptippar analyserats. I det fallet var närhet till soptippen förknippat med risk för föroreningar i grundvattnet. Det finns också studier som fokuserar på den upplevda risken. Den upplevda risken har bl.a. analyserats av McClelland, Schulze och Hurd (1990) där det fastslogs att upplevd risk kopplat till en soptipp i ens boendeområde hade en signifikant effekt på bostadspriserna för den gruppen.

Tabell 6: Exempel på negativa effekter på huspriser från hedoniska prissättningsmodeller

Skattad effekt	Källa	Länk
Ökning av avstånd till närmsta motor- eller järnväg med 1km: 600 SEK/kvm	Spacescape och Evidens (2016)	https://www.framtiden.se/wp-content/uploads/2017/02/Vardeskapan-de-stadsutveckling-Rapport-161206_mail1.pdf
10%-18% värdeminskning inom 1km från luktemissionen. 2%-5% prisminskning 1-2,5 km från luktemissionen.	Thörnblad., J (2010), Examensarbete, Lunds universitet	http://www.lantm.lth.se/fileadmin/fastighetsvetenskap/utbildning/Examensarbete/10_5207_Jacob_Thoer_nblad.pdf
Genomsnittlig effekt (värdeminskning) på bostadspriser av att vara inom 1,6 km (1 mile) från soptipp (från vilka de boende visste att giftiga ämnen kan ha nått grundvattnet): Kohlhase (Texas): 16,2% Smolen (Ohio): 14,2% Reichert (Ohio): 7,6% Miller (Ohio): 12%	A., Reichert The Appraisal Journal, October 1997	https://www.rosemonteis.us/files/references/reichert-1997.pdf

I nedanstående räkneexempel använder vi oss av schablonvärden från beräkning ovan där värde av mark som inte kan exploateras användes. Marknadsvärdet till en tomt skattas till ca 50 mnkr. Detta värde används för vidare beräkning nedan.

Tabell 7: Ingångsvärden för beräkning av marknadsvärde per tomt, Riksten

Del	Värde
Antal bostäder per tomt	33
Genomsnitt storlek per bostad	55
Genomsnitt pris/kvm	28 247
Genomsnitt pris per bostad	1 553 604
Genomsnitt värde/tomt	50 525 912

Nedan har vi tagit fram Räkneexempel 3 i vilket vi antar att bostädernas marknadspris påverkas negativt av den inhängande föreningen. Vi har antagit att påverkan är större på de tomter som ligger närmst (3 procent minskning för bostäder inom 150 meter) och lägre för de som ligger längre ifrån den inhängande föreningen. Då vi inte funnit värden från tidigare studier där undersökningsobjektet liknar det i denna studie (samt mycket osäkerhet kring exakt vad det är) ska de värden som presenteras nedan enbart ses som en exempelberäkning. Baserat på våra antaganden minskar marknadsvärdet av bostäder runt föreningen med närmare 34 mnkr som kan undvikas om markföreningen schaktas bort.¹⁸

Tabell 8: Räkneexempel 3: Uppskattad värdeminskning på bostäder indirekt påverkade av markföreningen vid övertäckning och/eller inhägnad

Distans från PFOS-område	Cirka antal tomter	Värdeminskning	SEK
>150m	4	3%	6 063 109
150m - 300m	15	2%	15 157 774
300m-450m	25	1%	12 631 478

5.1.10 Minskat behov av kommunala informationsinsatser, provtagningar och konsultutredningar

Denna nytta förväntas uppstå till viss del i scenario 1 och i högre grad i scenario 2

Scenario 1 och scenario 2 skulle jämfört med referensalternativet – i olika hög grad - betyda ett minskat behov av kommunala insatser med koppling till PFAS-föreningen. Enligt uppgift från kommunen har invånarna i Rikstens Friluftsstad blivit regelbundet informerade om föreningen. Dessutom kan det förväntas att behovet av provtagningar och konsultutredningar kommer att minska och innebära ytterligare kostnadsminskningar. Kommunens kostnader för dessa insatser har inte varit möjligt att bedöma inom ramen för uppdraget men utgör en nytta om den kan undvikas i framtiden. För att få en uppskattning kring kostnadsnivån för dessa typer av insatser beskrivs i Söderqvist m.fl. (2016) hur Kallinge i Ronneby år 2016 erhöll 10 mnkr av Försvarsmakten för att täcka följande typer av kostnader till följd av PFAS-förorenat dricksvatten:

- Arbetstid som kommunalanställda har lagt på föroreningsfrågan
- Provtagning av dricksvattnet
- Konsultkostnader

¹⁸ Denna räknas som summan av den uppskattade värdeminskningen för alla bostäder inom en radie om 450 meter från det förorenade området, dvs 6 963 109 + 15 157 774 + 12 631 478 = 33 852 361 kr.

I siffran inräknades dessutom kostnader för ersättning av kol i vattenverkets kolfilter. Uppskattningen för Kallinge ger en fingervisning om vilken storleksordning som dessa kostnader kan röra sig om även för Botkyrka kommun, och vilken besparing som kan göras om dessa återkommande kostnader kan undvikas. Ett antagande görs att Botkyrka skulle kunna spara 10 mnkr i scenario 2 och 5 mnkr i scenario 1 genom att undvika kostnadsposterna ovan.

5.2 Samhällsekonomiska kostnader av scenario 1 och 2

Detta avsnitt presenterar de kostnader som identifierats inom ramen för uppdraget. Investerings- och driftskostnader för att ta vattenverket i bruk kan antas vara desamma för scenario 1 och scenario 2. Kostnaderna för de olika efterbehandlingsalternativ som scenarierna innebär skiljer sig dock kraftigt åt.

5.2.1 Investerings- och driftskostnader för att ta vattenverket i bruk

De initiala investeringskostnaderna förväntas vara desamma för bägge scenarierna eftersom att föroreningen av grundvattentäkten inte kommer att förändras på kort sikt. I ett längre tidsperspektiv kan driftskostnader skilja för olika scenarier i takt med att PFOS-halterna i grundvattensystemet börjar sjunka. För referensalternativet bör grundvattentäkten utsättas för ökad förorening till följd av att tillförseln av PFAS från källan kan förväntas öka.

Tyréns (2019)¹⁹ har analyserat och uppskattat investerings- och driftskostnader för två typer av reningstekniker: GAK (granulärt aktivt kol) och membranfiltrering/omvänd osmos. Investerings- och driftskostnader för GAK givet ett riktvärde för PFAS på 90 respektive 45 ng/l samt membranfiltrering/omvänd osmos givet ett riktvärde på 8 ng/l, presenteras i tabell 9 och tabell 10 nedan (baserat på Tyréns, 2019).

Tabell 9: Investeringskostnad (kr), GAK (90 ng/l och 45 ng/l) samt omvänd osmos (8 ng/l)

Investeringskostnad	1-4 bassänger (GAK, 90 ng/l)	1-6 bassänger (GAK, 45 ng/l)	Omvänd osmos (8 ng/l)	Felmarginal
Total anläggningskostnad	15 780 000 - 24 780 000			± 17%
Total anläggningskostnad		7 931 000 - 30 270 000		± 17%
Total anläggningskostnad			30 415 000	± 20%

Tabell 10: Driftskostnad (kr), GAK (90 ng/l och 45 ng/l) samt omvänd osmos (8 ng/l)

Driftskostnad	För M ³ dricksvatten/h	Felmarginal
GAK (90 ng/l)	1,00	± 15%
GAK (45 ng/l)	2,4	± 15%
Omvänd osmos (8 ng/l)	1,3	± 15%

Ramboll har i samråd med Botkyrka kommun valt att i denna beräkning utgå från värden för omvänd osmos. Kostnaden fram till och med år 2040 uppgår till 239 mnkr och avser, som beskrivet ovan, både scenario 1 och scenario 2 (Tabell 11).

¹⁹ Studien har inte färdigställd och har således inte presenterats. Vi har utgått från siffror tillhandahållna av Tyréns 03/06/2019

Tabell 11: Uppskattad investeringskostnad år 2020 och ackumulerad driftskostnad till år 2040, omvänd osmos (8 ng/l)

	Berörda invånare	Genomsnittlig förbrukning per år	Pris / m ³	Kostnad
Kostnad 2020	40 000	305,5	1,30 kr	15 886 000
Totalkostnad 2040 (inkl. diskontering)				239 092 729

5.2.2 Negativa miljö- och hälsoeffekter för att ta vattenverket i bruk

När vattenverket åter tas i bruk kan detta medföra en viss ökning av buller, luftutsläpp och avfall vid platsen för verket, bl.a. till följd av ökade transporter till och från platsen. Denna typ av negativa konsekvenser för miljö och hälsa kan värderas ekonomiskt, till exempel med hjälp av Trafikverkets ASEK-värden som brukar användas för samhällsekonomiska kalkyler på trafikområdet (Trafikverket, 2018). Det finns ett antal fastigheter inom ca 200 meter från vattenverket men de negativa konsekvenserna av buller, luftutsläpp och avfall bedöms vara försumbara och värderas därför inte. Den näraliggande Huddingevägen (väg 226) är sannolikt betydligt mer störande när det kommer till buller och luftutsläpp.

5.2.3 Åtgärdskostnader för efterbehandlingsalternativ barriärteknik/inneslutning/övertäckning

NIRAS (2018) uppskattar kostnaden för övertäckning med tätskikt till 2,5 – 4,5 mnkr. För att maximera effekten av efterbehandlingen skulle övertäckningen behöva inkludera hela området kring den före detta huvudbrand- och napalmövningsplatsen, totalt cirka 15 000 kvadratmeter. Utöver kostnaden för övertäckning skulle kostnader för projektering av ytavrinning och omhändertagande och avledning av vatten tillkomma samt ett kontrollprogram för att undersöka åtgärdens effekt. I juni 2019 presenterade Försvarsmakten (2019) nya kostnadsberäkningar för övertäckning som åtgärd. **I rapporten finns skrivs att " Mycket grovt kan dock entreprenadkostnaden komma att uppskattas till kostnadsintervallet 15-20 Mkr." (sid. 17)** Därtill nämns i rapporten att kostnader för projektering och utförandekontroll tillkommer, vilka vanligtvis brukar uppgår till ca. 10-15 procent av entreprenadkostnaden. Ramboll har inom ramen för detta projekt inte kunnat granska de nyinkomna kostnadsberäkningarna från Försvarsmakten.

5.2.4 Negativa miljö- och hälsoeffekter av efterbehandlingsalternativ barriärteknik/inneslutning/övertäckning

Denna efterbehandlingsåtgärd skulle innebära relativt små negativa effekter på miljö och hälsa i termer av buller, utsläpp av koldioxid, kväveoxider och partiklar eftersom att åtgärden sker på plats och inte kommer innebära omfattande transporter av förorenade massor. Med tanke på det begränsade behovet av lastbilstransporter till och från det förorenade området bedöms även risken för olyckor vara mycket liten.

Åtgärdsalternativet innebär att PFAS fortfarande kommer att finnas kvar i marken efter genomförd efterbehandling och att en kontinuerlig spridning av PFAS ner i Tullingeåsen alltså kommer att fortgå även efter åtgärden. Det faktum att föroeningen inte tas bort kan innebära att människors oro för att exponeras för PFAS inte försvinner efter att åtgärden har genomförts. Tvärtom kan ett staket – eller annan form av inhägnad – göra det uppenbart för människor att det finns en föroening på området, vilket är något som kan spå på deras oro. En inhägnad kulle kan även uppfattas som en förfulning av miljön för närboende.

5.2.5 Åtgärdskostnader för efterbehandlingsalternativ urgrävning och förbränning

NIRAS (2018) uppskattar att kostnaden är 160 mnkr för att med hjälp av högtemperaturförbränning efterbehandla den övre omättade zonen (0–5 m) i det förorenade

området. Beräkningen baseras på enhetspriset för mottagande och förbränning vid den enda anläggning som finns i Sverige idag - Fortum Waste Solutions AB (f.d. EcoKem och f.d. SAKAB) i Kumla, ca 200 km väster om Tullinge. Detta enhetspris är i storleksordningen 4 000 kr/ton jord (6 500 kr/m³). Även för detta åtgärdsinitiativ har Försvarsmakten (2019) presenterat nya kostnadsberäkningar. För urgrävning i kombination med deponi uppges en total kostnad på 250 mnkr och för urgrävning i kombination med högtemperaturförbränning uppges en total kostnad på 750 mnkr. I båda dessa beräkningar bedöms kostnaden för uppgrävning, transport och återläggning av rena massor uppgå till 1 000 kr/ton. För alternativet högtemperaturförbränning tillkommer kostnader på ytterligare 5 000 kr/ton och för alternativet deponi, kostnader på ytterligare 1 000 kr/ton. Ramboll har inom ramen för detta projekt inte haft möjlighet att granska de nyinkomna kostnadsberäkningarna från Försvarsmakten.

5.2.6 Negativa miljö- och hälsoeffekter av efterbehandlingsalternativ urgrävning och förbränning

Denna efterbehandlingsåtgärd skulle jämfört med scenario 1 innebära större negativa effekter på miljön i termer av buller, utsläpp av koldioxid, kväveoxider och partiklar eftersom att åtgärden kommer att innebära omfattande transporter av mycket förorenade massor. Med tanke på det förväntat stora behovet av lastbilstransporter till och från det förorenade området bedöms det även finnas en viss risk ökad risk för olyckor jämfört med referensalternativet. Det har inom ramarna för uppdraget inte varit möjligt att bedöma omfattningen av framtida lastbilstransporter och vilka effekter detta skulle ge men det kan åtminstone konstateras att de negativa effekterna av detta efterbehandlingsalternativ skulle vara större än om en övertäckning istället görs i enlighet med scenario 1.

6. SLUTSATSER OCH DISKUSSION

Syftet med denna studie har varit att analysera de samhällsekonomiska konsekvenserna (kostnader och nyttor) av att grundvattentäkten i Tullinge tas i bruk igen och det förorenade området på före detta F18 flygflottilj i Tullinge efterbehandlas. Den långsiktiga nyttan med att åter kunna använda vattentäkten hänger samman med vilken typ av efterbehandling som sker och efterbehandlingen i sig själv leder också till viktiga samhällsnyttor.

Den mest övergripande samhällsnyttan och skälet till att öppna vattentäkten igen är en säkrare och mer redundant dricksvattenförsörjning för kommunen och regionen. Det faktum att Botkyrka idag saknar en reservvattentäkt inom kommunens geografiska gräns utgör en risk. Om något händer den ordinarie vattentäkten, exempelvis ett utbrott av virus, parasiter eller bakterier, är det av stor betydelse att snabbt kunna utnyttja en annan dricksvattenkälla. Tullinge vattentäkt har i Stockholms regionala vattenförsörjningsplan pekats ut som en resurs med hög prioritet. På lång sikt kan en ny vattenanläggning behöva anläggas om Tullinge vattenverk inta tas i drift igen vilket skulle leda till kostnader uppskattat till mellan 0,5 till 3 miljarder. Ramboll har inom ramen för denna studie inte kunnat bedöma huruvida detta blir en nödvändighet på lång sikt och har således inte inkluderat denna i kostnadssammanställningarna. Dock bedöms scenariot vara en möjlig konsekvens av att Tullinge vattenverk förblir stängt.

Kostnaderna för att öppna vattenverket i Tullinge och efterbehandla det förorenade området är höga men måste vägas mot den betydande samhällsnyttan av att kunna undvika framtida skadestånder i en situation då ingen reservvattentäkt finns att tillgå, att minska stigmat kring det förorenade området, stärka rekreations- och markvärden, minska de hälsorelaterade riskerna som kan förknippas med PFAS, m.m. En grundvattentäkt ger upphov till en rad samhällsnyttor som tillsammans ger en bild av vattentäktens totala värde. Däremot har vattentäkten inget direkt marknadspris – en **”prislapp”** – som skulle göra det enkelt att värdera den ekonomiskt. För att ge en så god bild som möjligt av vattentäktens värde är det därför nödvändigt att kvalitativt identifiera vilka alla dessa delnyttor är, och sedan så långt det är möjligt värdera dem i kronor. Som konstaterats finns i denna studie – precis som i de flesta samhällsekonomiska studier av detta slag – nytto- och kostnadsposter som inte är möjliga att uttrycka monetärt, bl.a. på grund av databrist, att ekologiska samband är alltför komplexa m.m.

I denna studie beräknas nyttorna överstiga kostnaderna både i scenario 1 och scenario 2. Man ska komma ihåg att värdena i tabellen nedan baseras på skattningar som har osäkerhet förknippat med sig i olika utsträckning.

Monetariserade kostnader och nyttor som uppstår fram till år 2040 för scenario 1 och 2 jämfört med referensalternativet, mnkr.

	Scenario 1	Scenario 2
Totala nyttor	429	537
Totala kostnader	272–274	429
Nettonytta	160–162	108

Notering: I tabellen inkluderas ej eventuell nytta förknippad med att inte behöva etablera ett nytt vattenverk. Kostnaden för att etablera ett nytt vattenverk är uppskattad till mellan 0,5 till 3 mdkr vilket således som minst skulle fördubbla nivåerna på nyttorna.

Osäkerheterna hänger samman med antaganden avseende exempelvis betalningsviljan för fiske, husprisens påverkan, sannolikheten för att ett virus eller parasitutbrott ska ske, m.m. Genomgående beskrivs i rapporten osäkerheterna i de antagande som görs. Det finns exempelvis stora osäkerheter kopplat till husprisens påverkan kopplat till de olika alternativen. Dels så är det svårt att bedöma skillnaden mellan referensalternativet och scenario 2, dels är det svårt att

bedöma scenario 1 i förhållande till scenario 2 och referensalternativet. Vi beskriver i rapporten att det i stor utsträckning handlar om hur de boende upplever den förorenade platsen och att bo i närheten av den. Det är en sak att de boende inte *faktiskt* drabbas rent fysiskt men det är en annan sak vad de boende upplever. Vi refererar i rapporten till studier där effekter av att bo nära soptippar analyseras där värdet av bostäder påverkas olika beroende på människors individuella riskaversion. Även fast en åtgärd är säker kan den av individer upplevas som osäker och påverka området och således huspriser negativt. Det är svårt att skatta skillnaden mellan referensscenario och scenario 1 också då en inhägnad kan bidra till stigma och upplevas som något ännu mer negativt än dagens situation. Huruvida detta är fallet kan inte bedömas inom ramen för denna studie.

En studie som slutligen bör nämnas är Beard m.fl. (2011), i vilken värdet av Tullinge vattentäkt analyseras utifrån klimatscenarier. Studien genomfördes innan PFAS-föroreningen blev känd och kommer fram till att det huvudsakliga värdet av vattentäkten utgörs av användarvärden, d.v.s. värdet av att kunna nyttja grundvattentäkten för dricksvattenförsörjning, men också till bevattning och industri i kommunen. I studien konstateras att det finns miljömässiga nyttor och rekreationsvärden som kan förknippas med en grundvattentäkt och att grundvattentäkten har ett värde som reservvattentäkt. Det totala värdet av Tullinge grundvattentäkt definieras enligt detta resonemang som summan av alla identifierade värden i enlighet med Naturvårdsverket (2002). Sterte (2010) har genomfört de monetära skattningar som studien refererar till och hon beräknar nuvärdet av grundvattentäkten i Tullinge till 1,8 miljarder kr, baserat på 300 år med en över tid fallande diskonteringsränta. Beloppet är dessvärre mycket svårt att verifiera, inte minst på grund av det osedvanligt långa tidsperspektivet som används. En slutsats som kan dras från studien är att värdet av en grundvattentäkt är mycket stort och mycket tätt hänger samman med en trygg och säker dricksvattenförsörjning för människor.

7. REFERENSER

Baard m.fl., 2011. Scenarios and Sustainability: a Swedish Case Study of Adaptation Tools for Local Decision-Makers. Working Paper No 124, September 2011. Published by the National Institute of Economic Research (Nier).

Botkyrka kommun, Ramavtal Rikstens Friluftsstad 2017-06-02

Environmental Protection Agency (EPA), 2016. Health effects support document for perfluorooctane sulfonate (PFOS). United States Environmental Protection Agency, Office of Water, May 2016

Folkhälsomyndigheten (2016) "Exempel på dricksvattenburna utbrott i Sverige", hämtat från: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar/vattenburen-smitta/exempel-pa-dricksvattenburna-utbrott-i-sverige/>

Guzma-Herrador, et al, 2015. "Waterborne outbreaks in the Nordic Countries, 1998 to 2012. Eurosurveillance, Volume 20, Issue 24, 18/Jun/2015.

Göransson, A., 2008. Kan grundvatten värderas? Grundvattenrådet för Kristianstadslätten. http://grundvattenradet.se/rapporter/Kan%20Grundvatten%20värderas_Rapport.pdf

Johansson, L. Almgren, L, 2018. Betalningsvilja för att minska riskerna för mag- och tarmsjukdomar av förorenat dricksvatten i Skellefteå kommun. Luleå Tekniska Universitet. Karolinska Institutet, 2019. Perfluorerade och polyfluorerade ämnen. <https://ki.se/imm/perfluorerade-och-polyfluorerade-amnen>

Kemikalieinspektionen. Gränsvärden och riktvärden för PFAS. Hämtad från: <https://www.kemi.se/files/a3b0627c292f4b819db2f46e13be5783/gransvarden-och-riktvarden-for-pfas.pdf>

Kemikalieinspektionen, 2019. Högfluorerade ämnen – PFAS. <https://www.kemi.se/kemiska-amnen-och-material/hogfluorerade-amnen-pfas>

Lindberg, A. Lusua, J. Nevhage, B, 2011. Cryptosporidium i Östersund vintern 2011/2011: Konsekvenser av ett stort vattenburet sjukdomsutbrott. FOI/Livsmedelsverket, December 2011.

Livsmedelsverket, 2018. Riskhantering - PFAS i dricksvatten och fisk. Hämtad från: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/oonskade-amnen/miljogifter/pfas-poly-och-perfluorerade-alkylsubstanser/riskhantering-pfaa-i-dricksvatten>

Naturvårdsverket, 2002. Värdering av grundvattenresurser: Metoder och tillvägagångssätt. Rapport 5142.

Naturvårdsverket, 2008. Kostnads-nyttoanalys som verktyg för prioritering av efterbehandlingsinsatser. Metodutveckling och exempel på tillämpning. Rapport 5836.

Naturvårdsverket, 2016. Högfluorerade ämnen (PFAS) och bekämpningsmedel: En sammantagen bild av förekomsten i miljön. Redovisning av ett regeringsuppdrag. Rapport 6709.

Naturvårdsverket, 2019. Vägledning om att riskbedöma och åtgärda PFAS-föroreningar

inom förorenade områden. Rapport 6871.

NIRAS, 2018. Åtgärdsförberedande utredning avseende PFAS-förorening på f.d. huvudbrand- och napalmövnings- platsen vid f.d. F 18 i Tullinge.

Nordic Council of Ministers (NCM), 2019. The cost of inaction. A socioeconomic analysis of environmental and health impacts linked to exposure to PFAS. TemaNord 2019:516.

PEAB, 2004. **Pressmeddelande: "PEAB förvärvar F18 i Tullinge"**
<https://news.cision.com/se/peab/r/peab-forvarvar-f18-i-tullinge.c109170>

Region Stockholm m.fl., 2018. Regional vattenförsörjningsplan för Stockholms län.

SCB, 2018. Genomsnittlig byggnadskostnad per kvm bostadsarea för gruppbyggda småhus. År 1949–2017. Riket. Hämtat från: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/boende-byggande-och-bebyggelse/byggnadskostnader/priser-for-nyproducerade-bostader/pong/tabell-och-diagram/genomsnittlig-byggnadskostnad-per-kvm-bostadsarea-for-gruppbyggda-smahus.-ar-19492017.-riket/>

SCB, 2019. Antal dagar i tusental som fritidsfiske bedrivits, totalt efter område och år
http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_JO_JO1104/F1/table/tableViewLayout1/?rxid=ae68f8b3-756f-4033-ab98-34ad512bde43

SLL 2017. Tekniska försörjningssystem för vatten och avlopp.

Sterte, Å, 2010. Cost benefit analysis of protecting Tullinge water catchment. Swedish University of Agricultural Sciences, 2010-11-25. Mimeo.

SvD, 2004. Peab köper flygflottilj. Hämtat från: <https://www.svd.se/peab-koper-flygflottilj>

Svenskt vatten, 2017. Investeringsbehov och framtida kostnader för kommunalt vatten och avlopp. Rapport, augusti 2017

SVOA, 2018. Projekt 1488 Bergavägen/Glömstavägen-Grantorp TS, DN600, - Inriktningsbeslut.
<https://insynsverige.se/documentHandler.ashx?did=1950949>

SVOA, 2018. Taxa för vatten och avlopp 2019, 2018-05-14

Söderqvist, T. m.fl. 2016. Dricksvattenutredningens preliminära förslag till åtgärder för trygg och säker dricksvattenförsörjning: Vilka är de samhällsekonomiska nyttorna och vad behövs för att dessa ska bli verklighet? Rapport 2016:13, Chalmers.

Toljander, Jonas mfl, 2016. Risken att bli sjuk av dricksvatten – en svensk kohortstudie. Livsmedelsverket rapport 15- 2016.

Trafikverket, 2018. Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6: 1. Kapitel 6 Investeringskostnad samt drifts- och underhållskostnader.

Tyréns, 2019. Utredning av PFAS reningsprocess. Koncept.

WSP, 2012. PFOS Tullinge Riksten - Addendum till Nulägesrapport 2012.

Sändlista

Ert tjänsteställe, handläggare

Ert datum

Er beteckning

Vårt tjänsteställe, handläggare

Vårt föregående datum

Vår föregående beteckning

FIHM, Joakim Persson-Hjelm, 08-562 816 59
exp-fihm@mil.se

PFAS-föreningen vid f.d. F 18 Tullinge – granskning och utvärdering av åtgärdsalternativ
(2 bilagor)

**Svar före
2019-09-27**

Remiss

Försvarsinspektören för hälsa och miljö (FIHM) mottog den 28 juni 2019 *PFAS-föreningen vid f.d. F 18 Tullinge – granskning och utvärdering av åtgärdsalternativ* från Försvarsmakten.

Enligt förvaltningslagen ska en myndighet se till att ett ärende blir utrett i den omfattning som dess beskaffenhet kräver. Inom ramen för utredningsansvaret kan myndigheten begära yttrande från en annan myndighet eller från någon enskild (remiss).

FIHM översänder underlaget (bilaga 1 och 2) för yttrande.

FIHM önskar remissvar senast den 27 september 2019. Vänligen märk svaret med GL2011-916.

I det fall inga synpunkter inkommit inom angivet datum kan FIHM ändå komma att fatta beslut i ärendet.

Joakim Persson-Hjelm
miljö- och hälsoskyddsinspektör

(JPH)

Postadress	Besöksadress	Telefon	Telefax	E-post, Internet
Försvarsinspektören för hälsa och miljö 107 85 Stockholm	Tegeluddsvägen 100	08-788 75 00	08-5628 16 86	exp-fihm@mil.se www.forsvarsmakten.se/hkv

Sändlista

Botkyrka kommun
Länsstyrelsen i Stockholms län
Rikstens Friluftstad AB

Rapport

Datum
2019-06-26

Beteckning
FM2016-9188:22 Sida 1 (3)

Sändlista

FÖRSVARSMAKTEN

Ink. 2019-06-28

Nr.

Utg.

Ert tjänsteställe, handläggare
FIHM, Tillsyn

Ert datum

Er beteckning

Vårt tjänsteställe, handläggare
MPE, Niclas Johansson, 076-899 09 18,
niclas.k.johansson@mil.se

Vårt föregående datum

Vår föregående beteckning

PFAS-föroreningen vid f.d. F 18 Tullinge – granskning och utvärdering av åtgärdsalternativ

(1 bilaga)

Bakgrund

På flera platser i Sverige där brandsläckningsskum har hanterats, har per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS) påvisats i jord och vatten. Även vid Försvarsmaktens verksamhetsplatser har hantering av brandsläckningsskum resulterat i förorening av mark och vatten. Detta gäller även området på f.d. F 18 Tullinge där Försvarsmakten historiskt haft en brand- och napalmövningsplats.

Vid en undersökning år 2015 gjordes ett första försök att avgränsa utbredningen av PFAS i yttlig jord. Föroreningen avgränsades öster och söder om den f.d. brand- och napalmövningsplatsen (se FM2016-9188:8, daterad 2017-11-24.) I en efterföljande undersökning provtogs yttlig jord för att ytterligare avgränsa PFAS-föroreningens horisontella utbredning (se FM2016-9188:19, daterad 2019-02-27). Den efterföljande provtagningen genomfördes under maj månad och november månad 2018.

I en åtgärdsförberedande rapport rekommenderade Försvarsmaktens ramavtalskonsult, NIRAS, att övertäckning var en lämplig åtgärd för att minska urlakning av PFAS från jord till grundvattnet vid det aktuella området (se FM2016-9188:11, 2018-03-19). Flera av de övriga teoretiska åtgärdsalternativen som har utretts bedöms inte vara tillämpbara i detta fall. Anledning till detta är antingen att flera av metoderna fortfarande är i en utvecklingsfas eller att NIRAS och Försvarsmakten anses att metoderna inte är lämpliga eller rimliga i förhållande till uppnådd miljönytta vid aktuell plats.

(NJO)

Postadress
Högkvarteret
107 85 Stockholm

Besöksadress
Lidingövägen 24

Telefon
08-788 75 00

Telefax
08-788 77 78

E-post, Internet
exp-hkv@mil.se
www.forsvarsmakten.se/hkv

Försvarsmakten har nu låtit annan ramavtalskonsult (Helldén Environmental Engineering AB) genomföra en granskning och utvärdering av det åtgärdsförslag baserat på övertäckning som NIRAS redovisat rörande PFAS-föroreningen vid den f.d. brand- och napalmövningsplatsen. I uppdraget har det också ingått att beskriva och utvärdera de åtgärdstekniker som generellt föreligger för PFAS-föroreningar i jord och grundvatten samt åtgärdsteknikernas tillämpbarhet för den aktuella förorening vid f.d. F 18 i Tullinge i jämförelse med genomförandekostnad.

I föreliggande skrivelse redovisas resultaten från aktuell granskning och utvärdering.

Resultat

I rapporten presenteras en jämförelse mellan de olika åtgärder som bedöms vara tekniskt och miljömässigt genomförbara. Huvudalternativet är enligt Helldén Environmental Engineering AB att genomföra en övertäckning av den PFAS-förorenade jorden. Övertäckningen bedöms som lämplig avseende miljönytta och är kostnadsmässigt den mest fördelaktiga åtgärden som ingått i jämförelsen mellan de metoder som kan anses vara genomförbara på aktuell plats. I föreliggande utredning har totalkostnaden för övertäckningen av den aktuella föroreningen bedömts hamna på ca. 20 Mkr. Detta är en betydligt lägre kostnad i jämförelse med urgrävning i kombination med deponering (totalkostnad ca. 250 Mkr) eller urgrävning i kombination med högtemperaturförbränning (totalkostnad ca. 750 Mkr). Det bör i detta sammanhang nämnas att en urgrävning skulle medför omfattande massreduktion av föroreningen. Dock medför åtgärden en ökad risk för forcerad utlakning och ökad PFAS-spridning till grundvattenzonen. Dessutom råder tveksamheter om tillräcklig mottagningskapacitet finns vid tillgängliga deponi-/behandlingsanläggningar. Till detta kommer en rimlighetsavvägning.

Övertäckning utgör en s.k. barriärteknisk åtgärdslösning. Det förorenade markområdet täcks på ytan av ett tätt material med hög långtidsbeständighet. Det täta materialet motverkar att nederbörd infiltrerar via det förorenade området. Därmed reduceras utlakningen av föroreningar från jord till grundvatten. Barriärtekniska lösningar kan generellt betraktas som en beprövad och etablerad efterbehandlingsteknik. Metodiken överensstämmer i stor utsträckning med de barriärtekniska lösningar som sedan slutet av 1990-talet kommit att tillämpas vid sluttäckning av avfallsdeponier.

I föreliggande skrivelse beskrivs hur övertäckningen bör konstrueras. Om de råd och riktlinjer som finns för en sådan konstruktion beaktas bedöms övertäckningskonstruktionen vara beständig i ett långtidsperspektiv, d.v.s. väsentligt överskridande 100 år.

En reduktion av utlakningen av PFAS från den f.d. brand- och napalmövningsplatsen skulle innebära att föroreningstransporten till



brunnsområdet vid Tullinge vattenverk minskar. Om man utgår från att PFAS-bidraget till brunnsområdet uteslutande utgörs av PFAS från omättad zon vid den f.d. brand- och napalmövningsplatsen skulle PFAS-halterna inom brunnsområdet med tiden kunna reduceras med storleksordningen 90% efter att aktuell åtgärd genomförts. Detsamma gäller för föroreningsspridningen till ytvattenrecipienten Tullingesjön och Mälaren.

Den föreslagna åtgärden innebär att området som övertäcks fredas från bostadsbebyggelse. Vissa markanvändningsrestriktioner kommer krävas för det aktuella området. Dessa bör omfatta samtliga arbeten som innebära någon form av markingrepp, så som grävning, borrning och ledningsdragning med mera. I praktiken innebär markanvändningsrestriktionerna att mark- och anläggningsarbeten inte är lämpliga att genomföra inom eller i nära anslutning till övertäckningsområdet.

Försvarsmaktens fortsatta arbete

Försvarsmakten har för avsikt att under hösten 2019 låta genomföra en rimlighets- och skälighetsbedömning för det tänkta aktuella åtgärdsförslaget. Om den aktuella in situ-åtgärden bedöms som rimlig och skälig måste övertäckningen föregås av en anmälan om avhjälpandeåtgärd enligt 28 § förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd till Försvarsinspektören för hälsa och miljö (FIHM). Godkännande krävs också av aktuell fastighetsägare.

Wikman, Jonas

Resursproduktionschef

Handlingen är fastställd i Försvarsmaktens elektroniska dokument- och ärendehanteringssystem.

Sändlista

FIHM

För kännedom

HKV LEDS JUR Civ

HKV PROD RPE INFRA

FLYGSTABEN

FORTV

(via e-post: fortv@fortifikationsverket.se)

Botkyrka kommun

(via e-post: miljo@botkyrka.se och tef@botkyrka.se)

Rikstens Friluftsstad AB

(via e-post: lars.avermalm@peab.se)

Helldén Environmental

Engineering AB

(via e-post: johan@hellden-environmental.se)

PFAS-föreningen vid f.d. F 18 Tullinge

Granskning och utvärdering av åtgärdsalternativ

Försvarens Miljöprövningsenhet

2019-05-20

INNEHÅLL

1	Inledning	2
2	Huvudalternativet i korthet	2
3	Granskning av huvudalternativet	2
3.1	Generellt om barriärtekniska åtgärdslösningar	2
3.2	Behandlingsprincip	3
3.3	Tätskikt	4
3.4	Dränskikt	6
3.5	Skyddsskikt	8
3.6	Avskärmande dike eller vertikal barriär	8
3.7	Bedömda miljeffekter	9
3.8	Övertäckningens beständighet	10
3.9	Markanvändningsrestriktioner och skyddszon	10
3.10	Övertäckningens utformning och gestaltning	11
3.11	Kostnader och tidsåtgång	15
3.12	Miljö- och funktionskontroll	17
4	Övriga åtgärdsalternativ	18
4.1	Generellt om efterbehandlingsteknik för PFAS	18
4.2	Åtgärder som förutsätter urgrävning	21
4.2.1	Allmänt om schaktsanering	21
4.2.2	Jordtvätt	22
4.2.3	Förbränning	22
4.2.4	Kemisk oxidation	23
4.2.5	Deponering	24
4.3	Åtgärder som utförs in situ	24
4.3.1	Pumpning och behandling av grundvatten	24
4.3.2	Solidifiering och stabilisering	25
4.4	Sammanfattande slutsatser	26
5	Förslag till projekteringsdirektiv och åtgärds mål	27
6	Referenser	31

1 INLEDNING

Försvarsmaktens Miljöprovningseenhet har uppdragit Helldén Environmental Engineering AB att genomföra en granskning och en utvärdering av det åtgärdsförslag baserat på övertäckning som NIRAS redovisat rörande PFAS-föroreningen vid den f.d. brand- och napalmövningsplatsen vid f.d. F 18 Tullinge flygflottilj i Botkyrka kommun (NIRAS, 2018). I uppdraget ingår även att översiktligt utvärdera de övriga åtgärdsalternativ som föreligger för det aktuella objektet. Utgångspunkten har varit de åtgärdsalternativ som redovisas i NIRAS åtgärdsförberedande utredning (NIRAS, 2018), men också andra i Sverige och internationellt förekommande efterbehandlingsmetoder berörs i föreliggande PM.

2 HUVUDALTERNATIVET I KORTHET

Huvudalternativet enligt NIRAS åtgärdsförberedande utredning innebär att den PFAS-förorenade jorden vid den f.d. brand- och napalmövningsplatsen vid f.d. F 18 Tullinge övertäcks med ett horisontellt tätskikt. Syftet är att minimera infiltrationen av nederbörd och därmed också reducera utlakningen och spridningen av PFAS till grundvattenzonen nedströms brandövningsområdet. Åtgärden bedöms, enligt NIRAS åtgärdsutredning, kunna reducera mängden utlakad PFAS till brunnsområdet vid Tullinge vattenverk med cirka 90% (NIRAS, 2018).

3 GRANSKNING AV HUVUDALTERNATIVET

3.1 Generellt om barriärtekniska åtgärdslösningar

Barriärtekniska lösningar kan generellt betraktas som beprövad och etablerad efterbehandlingsteknik. Metodiken med att övertäcka och innesluta jord- och grundvattenföroreningar beskrivs närmare på Svenska Geotekniska Föreningens Åtgärdsportal (www.atgardsportalen.se).

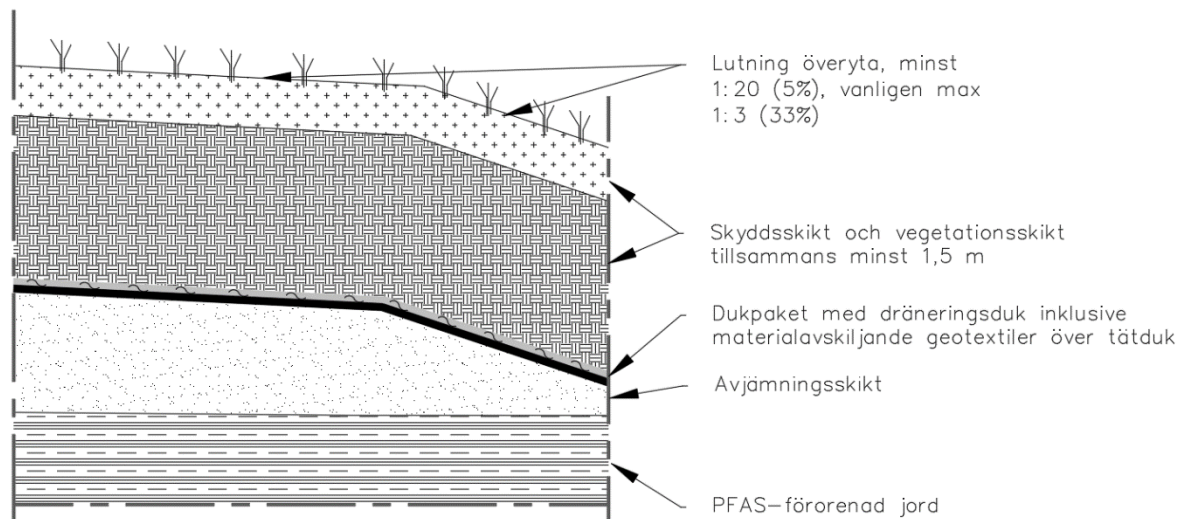
Metodiken överensstämmer i stor utsträckning med de barriärtekniska lösningar som sedan slutet av 1990-talet kommit att tillämpas vid sluttäckning av avfallsdeponier och som närmare beskrivs i deponeringsförordningen (SFS 2001:512) och i Naturvårdsverkets handbok nr 2004:2 för deponering av avfall (Naturvårdsverket, 2004).

Med horisontell barriär avses ett tätskikt, vilket anläggs med syfte att minimera infiltrationen av nederbörd via det förorenade området. Horisontella barriärer kan tillverkas av flera olika materialtyper. Syntetiska tätskikt är vanligen tillverkade av polyeten (PE), polyvinylklorid (PVC), flexibel polypropen (FPP) eller etenpropengummi (EPDM). Bland polyetendukar är s.k. High Density Polyethylene (förkortas HDPE) vanligast förekommande. Tätskikten levereras i rullar eller sjok vilka sammanfogas på platsen med hjälp av smältsvetsning, vulkning eller limning. Syntetiska geomembran är i allmänhet tunna (1-5 mm) och behöver täckas med skyddsgeotextil innan dräneringslager och skyddstäckning med jordmaterial påförs. Vassa stenar och avfallsfragment kan punktera ett geomembran av etenpropengummi eller polymermaterial om inte en skyddsgeotextil föreligger.

Syntetiska tätskikt av geomembran uppvisar i allmänhet hög resistens mot kemisk och fysikalisk påverkan, men långtidsbeständigheten hos syntetiska tätskiktmaterial är omdiskuterad.

Ett alternativ till syntetiska geomembran är lergeomembran som t.ex. bentonitmatta. En bentonitmatta består av bentonitlera i pulverform omgiven av materialseparerande geotextil. Bentonitmattor har en något högre tjocklek än syntetiska geomembran (5-10 mm), men uppvisar samtidigt en något högre hydraulisk konduktivitet, vilket innebär att vattengenomsläppligheten blir större. Medan tätdukar av gummi- och polymermaterial uppnår en hydraulisk konduktivitet understigande 1×10^{-13} m/s, uppgår den hydrauliska konduktiviteten hos kommersiellt tillgängliga lergeomembran/bentonitmattor till storleksordningen 5×10^{-11} m/s. I kombination med t.ex. inlagrat HDPE-laminat kan emellertid väsentligt lägre hydraulisk konduktivitet uppnås även med en bentonitmatta, vilket innebär att vattengenomsläppligheten blir storleksordningsmässigt lika låg hos en bentonitmatta (med inlagrat HDPE-laminat) som hos en tätduk/liner enbart bestående av polymermaterial eller etenpropengummi.

För att minimera påverkan av en hydrostatisk tryckuppbyggnad ovanpå tätskiktet behöver ett dränerande lager anläggas ovanpå tätskiktet. Vidare måste både tät- och dränskiktet skyddas mot frostvittring, rotpenetration och erosion i det långa tidsperspektivet vilket innebär att ett skyddsskikt av blandade schaktmassor måste påföras. För att skyddet mot frostvittring och rotpenetration ska vara effektivt i ett långtidsperspektiv bör mäktigheten hos skyddsskiktet (inklusive eventuellt vegetationsetableringsskikt) inte underskrida 1,5 m (Naturvårdsverket, 2004).



Figur 1. Den tekniska utformningen av övertäckningen är densamma som vid sluttäckningen av en avfallsdeponi. För att tillskapa erforderlig lutning för bortdränering/avledning av den nederbörd som perkolerar via vegetations- och skyddsskiktet måste övertäckningen anläggas med en lutning av minst 1:20 (= 5%). Det är avjämningskiktet, bestående av tillförda jord- och schaktmassor, som modelleras för att erforderlig lutning hos tät- och dränskiktet ska tillskapas. Skydds- och vegetationsskiktet är nödvändigt för att långsiktigt skydda underliggande tät- och dränskiktet mot frostvittring, erosion och rotpenetration. (ref: Naturvårdsverket, 2004)

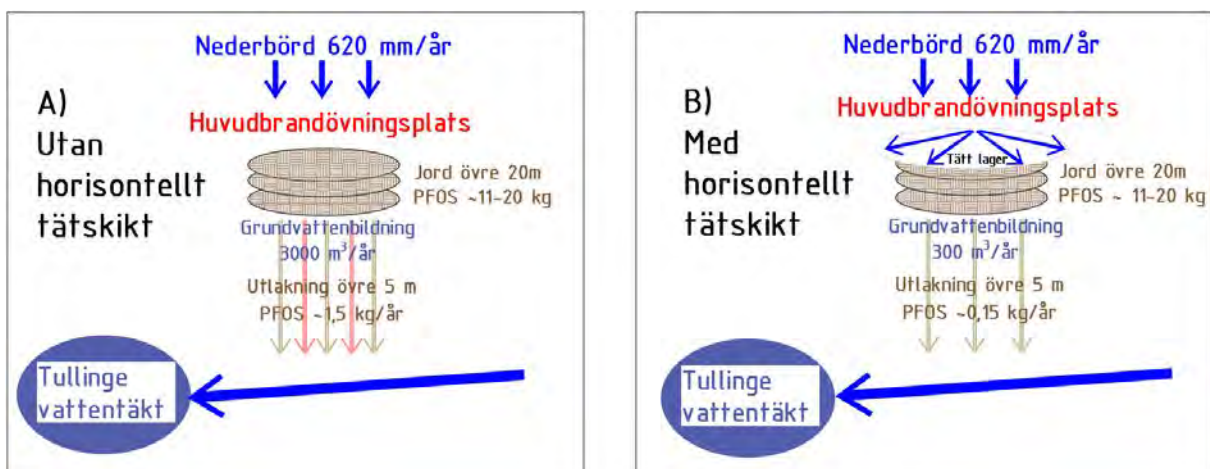
3.2 Behandlingsprincip

Övertäckning utgör en s.k. barriärteknisk åtgärdslösning. Det förorenade markområdet täcks på ytan

av ett tätt material med hög långtidsbeständighet. Det täta materialet motverkar att nederbörd infiltrerar via det förorenade området. Därmed reduceras utlakningen av föroreningar från jord till grundvatten.

Vid brandövningsområdet i Tullinge uppgår bruttonederbörden enligt SMHIs vattenbalansdata till ca 620 mm/år. Det motsvarar en nettonederbörd av cirka 200 l/m² och år. Infiltrationen via det PFAS-förorenade området (areal = ca 15 000 m²) kommer därmed att uppgå till storleksordningen 3000 kubikmeter per år, se Figur 2 nedan.

PFAS är en föroreningsgrupp bestående av ett flertal olika ämnen varav PFOS utgör det dimensionerande föroreningsämnet, både mängdsmässigt och med avseende på miljö- och hälsorisk. Det är enbart PFOS som finns upptaget i vattendirektivet (HVMFS 2013:19). För övriga PFAS-ämnen saknas i nuläget miljö kvalitetsnormer. Beräkningar av PFOS-spridning baserade på laktester utförda på PFAS-förorenade jordprover från området visar att i storleksordningen 1,5 kilogram PFOS per år utlakas och sprids från de PFAS-förorenade massorna till grundvattenzonen, för att därefter transporteras vidare mot Tullinge vattentäkt nedströms brandövningsområdet. Efter övertäckning, varvid >90% av nettonederbörden avleds bort från brandövningsområdet (Figur 2), kommer i storleksordningen 0,15 kg PFOS per år att utlakas från de PFAS-förorenade massorna vid brandövningsplatsen. Mängden PFOS som tillförs grundvattenzonen kommer således att reduceras med >90% efter att övertäckningen påförts.



Figur 2. Bilden t.v. visar nuvarande utlakning och spridning av PFOS från brandövningsplatsen till Tullinge vattentäkt. Efter påförande av tät övertäckning (bild t.h.) kommer utlakningen och spridningen av PFOS till grundvattenzonen att väsentligt reduceras.

3.3 Tätskikt

De båda i NIRAS åtgärdsutredning nämnda tätskiktmaterialen, EPDM (etenpropengummi) och HDPE (High Density Polyethylene), är väl beprövade och används bl.a. i bottenkonstruktioner och sluttäckningar av deponier. Båda materialen uppvisar dokumenterat låg hydraulisk konduktivitet, d.v.s. liten vattengenomsläpplighet. De sammanfogas med vulkning (EPDM) respektive svetsning (HDPE). Den generella kemikalie- och åldringsbeständigheten bedöms vara hög för HDPE, men något sämre för etenpropengummidukar såsom EPDM. Den förväntade livslängden uppgår emellertid för både HDPE och EPDM till >100 år, d.v.s. så långt som flertalet standardiserade tester avseende

åldringsbeständighet idag sträcker sig (Åtgärdsportalen, 2018).

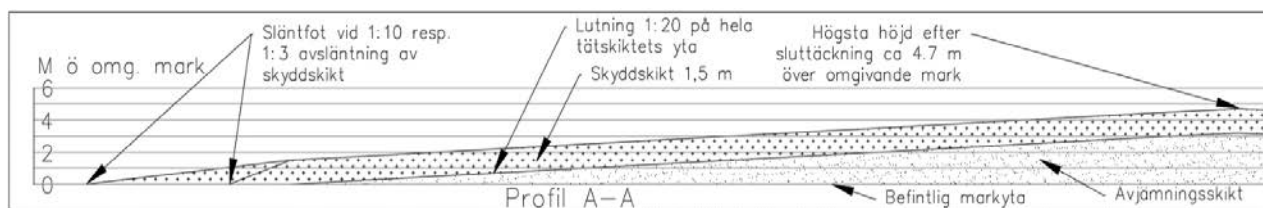
Både EPDM och HDPE är känsliga för uppkomst av hål/revor. Vid en antagen skadefrekvens av 3 st hål/hektar skulle vattengenomsläppligheten för nämnda material öka från storleksordningen 0,05-1 l/m² och år till mellan 30-100 l/m² och år, vilket i praktiken innebär att den perkolationshämmande effekten på sikt skulle kunna upphöra. Som jämförelse kan nämnas att vattengenomsläppligheten/perkolationen via en deponi för farligt avfall enligt gällande lagstiftning inte får överskrida 5 l/m² och år (SFS 2001:512).

En beräkning av vattengenomsläppligheten hos den av Helldén Environmental Engineering AB föreslagna övertäckningen vid brandövningsplatsen i Tullinge redovisas i avsnitt 5, projekteringsdirektiv.

Ett alternativ till att nyttja syntetiska tätdukar såsom NIRAS föreslagit, är att använda en kombinationsduk bestående av naturmaterialet bentonit och HDPE-laminat. Detta har under 2010-talet varit en vanligt förekommande metodik vid sluttäckningar av både kommunala deponier och industriavfallsdeponier. Med en kombinationsduk bestående av bentonit och HDPE-laminat kommer effekten av eventuella skador i tätskiktet att minimeras eftersom bentonitmaterialet har en självläkande förmåga och eftersom det bedöms som osannolikt att skador uppstår i både bentonitmattan och HDPE-laminatet på en och samma plats. Dessutom är bentonit ett naturmaterial som inte åldras eller bryts ned av t.ex. UV-strålning. Kombinationen av de två tätskiktsmaterialen bentonit och HDPE innebär att tätskiktet uppnår en lägre hydraulisk konduktivitet än i det fall enbart bentonit används.

Tätskiktets funktion är att hindra nederbörd från att fortsätta infiltrera ned via de PFAS-förorenade jordmassorna vid brandövningsplatsen. Därmed motverkas/förhindras också utlakningen av PFAS och spridningen av PFAS från omättad zon till grundvattenzonen reduceras. För att tillskapa erforderlig avledning av den nederbörd som ansamlas ovanpå tätskiktet krävs dels ett ovanpåliggande dränskikt (se avsnitt 3.4) och dels att erforderlig lutning tillskapas för både tät- och dränskikt.

Lutningen hos ett tätskikt bör utifrån Naturvårdsverkets vägledning uppgå till minst 5% eller 1:20 för att en effektiv avledning av den nederbörd som perkolerar via skyddsskiktet ska upprätthållas (Naturvårdsverket, 2004). Beträffande övertäckningen i Tullinge har NIRAS inte angivit någon lutning, men det bedöms rimligt att lutningen bör ligga kring 1:20 för att upprätthålla en tillfredsställande dränering. Ju skarpare lutning desto större blir övertäckningens maximala mäktighet. Vid en lutning av 1:20 kan den maximala höjden begränsas till strax under 5 meter för att därefter slutta svagt mot övertäckningens periferi. Lutningen åstadkoms genom att avjämningskiktet, som ligger under tätskiktet, modelleras och packas tills erforderlig lutning erhållits, se Figur 3. Avjämningskiktet kommer därför att behöva anläggas med relativt stor mäktighet (cirka 3 meter) i centrum av övertäckningen, medan mäktigheten hos avjämningskiktet i övertäckningens perifera del blir nära 0 meter, se figur 1 och 3.



Figur 3. Lutningen hos drän- och tätskiktet åstadkoms genom anläggande av ett så kallat avjämningskikt bestående av tillförda jord- och schaktmassor. Vid en lutning av 1:20 (=5%), vilket utifrån Naturvårdsverkets rekommendationer utgör den minsta acceptabla lutningen hos ett tät- och dränskikt (Naturvårdsverket, 2004) kommer övertäckningen över brandövningsplatsen att erhålla en högsta mäktighet av cirka 4,7 meter.

Projekterad lutning hos tät- och dränskiktet beror bl.a. av materialval, markförhållanden, behovet av landskapsanpassning och övertäckningens utförande/konstruktion. Ett helt horisontellt tätskikt, såsom NIRAS föreslår, leder till att ett hydrauliskt tryck/gradient byggs upp ovanpå tätskiktet vilket i sin tur leder till ökad vattengenomsläpplighet och minskad barriäreffekt, se även Figur 4 nedan.

Tätduken bör dras minst 10 m utanför det PFAS-förorenade området. Detta för att motverka kapillär insugning av markvatten/ytligt grundvatten till följd av uppkomst av undertryck under tätskiktet. Erfarenheter från ett flertal sluttäckningskonstruktioner på deponianläggningar indikerar dock att undertrycket i porsystemet under en övertäckningskonstruktion är relativt lågt. Ett säkerhetsavstånd av 10 m för att motverka kapillär insugning kan således anses väl tilltaget.

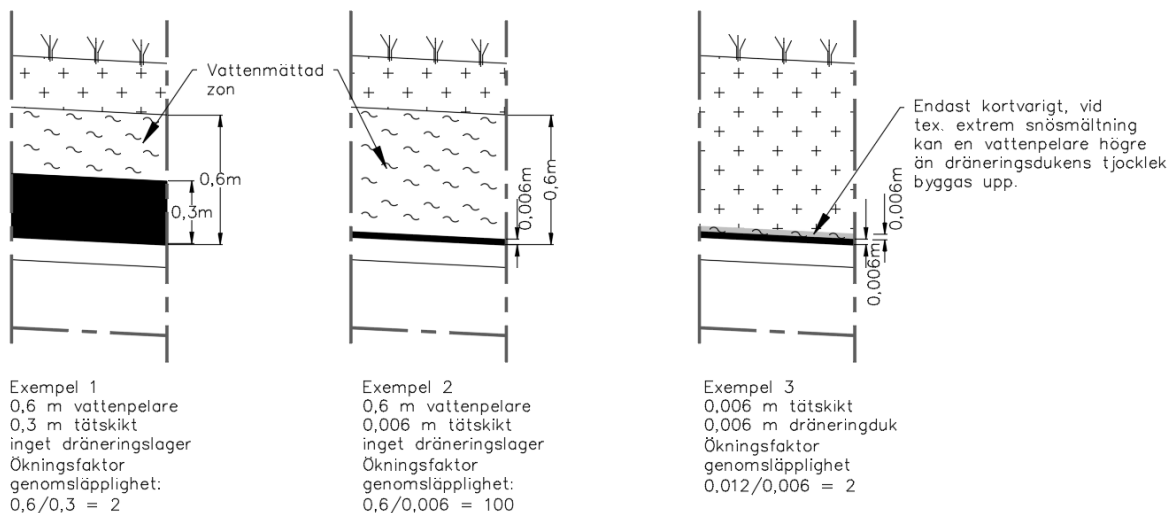
3.4 Dränskikt

Dränskikt erfordras för att minimera den hydrauliska gradienten och tryckupbyggnaden över tätskiktet. Figur 4 nedan illustrerar betydelsen av att anlägga ett vattenavledande dränskikt ovanpå tätskiktet. Utan dränskikt kan vattengenomsläppligheten via ett tunt tätskikt (0,001-0,01 m) av t.ex. bentonitmatta öka med en faktor 50-1000 gånger i förhållanden till tätskiktets hydrauliska konduktivitet (Johan Helldén, 2011).

Genom anläggande av dränskikt kan den hydrauliska belastningen på tätskiktet reduceras väsentligt. Flertalet kommersiellt tillgängliga bentonitmattor uppvisar en tjocklek kring 0,6 cm. Även efter påförande av ett dräneringslager går det inte att utesluta att en vattenpelare av 10-15 cm tillfälligt kan uppkomma ovanför tätskiktet, t.ex. i samband med snösmältning eller långvarig nederbörd, se även avsnitt 5. Utan dränskikt skulle emellertid en betydligt mäktigare vattenpelare kunna uppstå. Vid en vattenpelare av 60 cm ($h = 60$) skulle det hydrauliska trycket mot tätskiktet med en mäktighet av 0,6 cm ($D = 0,6$ cm) uppgå till en faktor 100 ($h/D = 60/0,6 = 100$), vilket skulle öka tätskiktets vattengenomsläpplighet med motsvarande faktor, d.v.s. vattengenomsläppligheten skulle vara en faktor 100 gånger högre än vad tätskiktets hydrauliska konduktivitet indikerar. Detta skulle öka perkolationen via tätskiktet i motsvarande grad.

Dränsiktet kan utgöras av naturmaterial som t.ex. välsorterad kross- eller grusfraktion 6-60 mm, eller av ett syntetiskt dränsikt bestående av porös polymer. Ett dränsikt av grus ges vanligtvis en mäktighet av 0,10-0,25 m, medan ett syntetiskt dränsikt av polymermaterial inte uppvisar större mäktighet än det underliggande tätsiktet, d.v.s. storleksordningen 0,5-1 mm. Beträffande brandövningsplatsen i Tullinge bedöms ett syntetiskt dränsikt vara mer fördelaktigt än ett dränsikt av naturmaterial. Dels är vattenavledningen via ett syntetiskt dränsikt 10-10 000 ggr effektivare än vattenavledningen via ett dränsikt av naturgrus, dels innebär nyttjandet av ett syntetiskt dränsikt mindre uppbyggnad av övertäckningen i höjddled i jämförelse med om ett dräneringslager av naturgrus anläggs.

Erfarenhetsmässigt fungerar vattenavledningen via syntetiska dränsikt mer effektivt än vattenavledningen via dränsikt bestående av naturmaterial. Bland annat kan igensättning av dräneringssiktet effektivt motverkas i syntetiska dränsikt genom att dränsiktet separeras från det underliggande tätsiktet med hjälp av en tätduk av polymermaterial (s.k. platonmatta). Tätduken motverkar materialvandring mellan tätsikt av naturmaterial (t.ex. bentonitlera) och ovanliggande dränsikt. Materialvandring till ett dränsikt av naturgrusfraktion kan på motsvarande vis motverkas genom att dränsiktet innesluts i materialeparerande geotextil.



Figur 4. Figuren illustrerar vattentryckets inverkan mot ett tunt tätsikt bestående av t.ex. en tunn bentonitmatta (0,006 m) respektive ett 0,3 m mäktigt jordtätsikt. Givet att den hydrauliska konduktiviteten hos de båda tätsiktet är densamma kommer genomsläppligheten via det tunna tätsiktet utan dräneringslager (figuren i mitten) att vara väsentligt mycket större (i detta fallet 50 ggr högre) än genomsläppligheten via det 0,3 meter mäktiga jordtätsiktet (figuren till vänster). Med hjälp av ett vattenavledande dränsikt ovanpå det tunna tätsiktet (figuren till höger) kommer effekten av tryckuppbyggnaden mot det tunna tätsiktet att minimeras. Genomsläppligheten hos det tunna tätsiktet blir densamma som hos det mäktiga jordtätsiktet i figuren längst till vänster.

3.5 Skyddsskikt

NIRAS nämner inte behovet av skyddsskikt ovanpå tät- och dränskiktet. Skyddsskiktets funktion är att skydda det underliggande tät- och dränskiktet mot erosion, frostvittring och rotpenetration. För att motverka tjälskador hos tätskiktet bedöms 1,2 m utgöra tillräcklig mäktighet för ett skyddsskikt i Stockholmsområdet. För att även utgöra ett fullgott skydd mot rotpenetration har Naturvårdsverket m.fl. bedömt att 1,5 m jordmäktighet ovanpå tätskiktet är tillräcklig (Naturvårdsverket, 2004). Det innebär att skyddsskiktet bör ges en mäktighet av minst 1,2 m i de fall skyddsskiktet kompletteras med ett 0,3 meter mäktigt vegetationsetableringslager för grässådd, vilket är brukligt i samband med sluttäckningar. Dock bör etablering av busk- och trädvegetation motverkas både ovanpå och i anslutning till övertäckningen.

3.6 Avskärmande dike eller vertikal barriär

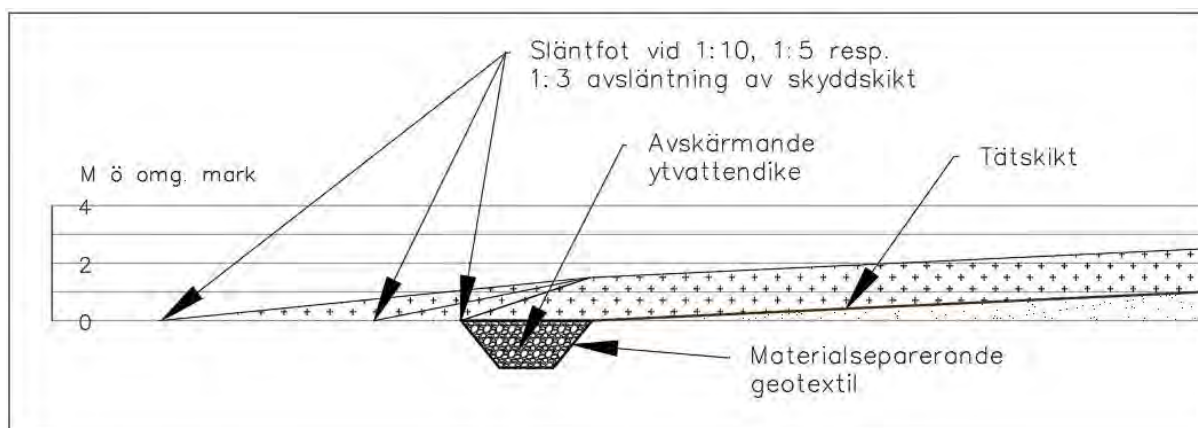
NIRAS har föreslagit anläggande av vertikal barriär kring hela eller delar av övertäckningen för att motverka horisontell inträngning av ytvatten från omgivande berg- och moränområden. Vertikal barriär är emellertid en kostsam och delvis oprövad teknisk lösning för att minska inläckaget av ytvatten eller ytligt grundvatten till en deponi- eller övertäckningskonstruktion.

Eftersom sluttäckningen leder till minskad infiltration av markvatten inom det PFAS-förorenade markområdet kommer på sikt en hydraulisk gradient att byggas upp mot det övertäckta PFAS-förorenade området från omgivande markområde. En vertikal barriär riskerar erfarenhetsmässigt att bidra till en ökad tryckupbyggnad genom den dämningseffekt som uppkommer på utsidan av barriären. Risk finns således att ett hydrauliskt tryck byggs upp mot barriärens utsida då sluttäckningen anlagts och att den därmed bidrar till ökat inläckage av ytligt grundvatten till det PFAS-förorenade området. Även om barriären i sig är tät kan vatten fortfarande strömma över barriären eller under densamma.

Förstahandsalternativet för att avleda inträngande ytvatten vid t.ex. en deponianläggning är via ett avskärmande dike, antingen öppet eller i form av ett täckdike (Naturvårdsverket, 2004 och Åtgärdsportalen, 2018). Detta är en beprövad teknik som sedan flera decennier tillbaka tillämpas vid deponianläggningar för att långsiktigt motverka inträngningen av eventuellt tillrinnande markvatten/ytligt grundvatten. Metodiken bedöms vara väl beprövad och kostnadseffektiv och finns även föreskriven i svensk deponilagstiftning, §23, deponeringsförordningen (SFS 2001:512).

Anläggs det avskärmande diket i form av ett täckdike under skyddsskiktets yttre slänt, se Figur 5 nedan, sparas utrymme runt omkring övertäckningen och behovet av omgivande skyddszon minimeras. Täckdiket utgörs av dränerande material (grus- och/eller stenfraktion) insvept i materialseparerande och vattengenomsläpplig geotextilduk. Alternativt kan kokoslindade dräneringsrör eller motsvarande användas i dikeskonstruktionen.

Genom uppföljande grundvattennivåmätningar, alternativt utifrån befintligt dataunderlag, torde det vara möjligt att optimera dikesdjup och ytvattenavledning från området. Därigenom kan ett fullgott underlag för projektering av det avskärmande diket erhållas. Till vilken recipient som tillrinnande ytvatten ska avledas avgörs i samråd med Botkyrka kommun. Markavvattning utgör tillståndspliktig verksamhet enligt miljöbalken.



Figur 5. Principfigur utformning av avskärmande dike med lokalisering under övertäckningens yttre slänt. Diket utformas som ett täckdike med dränerande material (grus- och/eller stenfraktion) insvept i materialseparerande och vattengenomsläpplig geotextilduk. Alternativt kan kokoslindade dräneringsrör användas.

3.7 Bedömda miljöeffekter

Den beräknade lakvattenbildningen efter påförande av övertäckningen redovisas i avsnitt 5, projekteringsdirektiv, nedan. Beräkningsmässigt skulle perkolationen via tätskiktet komma att uppgå till cirka 1 l/m^2 och år efter påförande av en övertäckningskonstruktion bestående av tätskikt (bentonitmatta med inlagrat HDPE-laminat), dränskikt av geosyntet och skyddsskikt. Det ska jämföras med att perkolationen av nederbörd via de förorenade massorna utifrån SMHIs vattenbalans för Stockholmsområdet beräkningsmässigt uppgår till storleksordningen 200 l/m^2 och år (NIRAS, 2018).

Eftersom utlakning och transport av PFAS från omättad zon till mättad zon vid den f.d. brandövningsplatsen och napalmbanan utgör den dominerande utsläppskällan för PFAS till brunnområdet vid Tullinge vattenverk, kommer över tid en väsentlig reduktion i föroreningstransporten till brunnområdet vid vattenverket märkas. Enligt grundvattenprovtagningar utförda 2012-2014 ligger PFAS-halterna i Brunn 1-4 vid vattenverket på mellan 400-500 ng PFAS-11/l (NIRAS, 2018).

Utgående från att PFAS-bidraget till brunnområdet uteslutande utgörs av PFAS från omättad zon vid den f.d. brandövningsplatsen/napalmövningsbanan skulle PFAS-halterna inom brunnområdet, som NIRAS förutsäger, med tiden kunna reduceras med storleksordningen 90%. Med beaktande av att det beräkningsmässigt tar 2-4 år för en vattenlöslig förorening att transporteras från det f.d. brandövningsområdet till brunnområdet kan det dröja minst motsvarande tidsperiod innan någon effekt av övertäckningen konstateras på PFAS-halterna i brunnområdet vid vattenverket (NIRAS, 2018).

3.8 Övertäckningens beständighet

Långtidsbeständigheten hos en övertäckning påverkas främst av delskiktens utformning och materialsammansättning. Fysiska/mekaniska skador i övertäckningskonstruktionen, t.ex. revor/hål i tätskiktet, som uppstår under entreprenadarbetet brukar i allmänhet upptäckas redan under garantitiden som i normalfallet uppgår till två år efter entreprenadperiodens slut och kan därför relativt snabbt åtgärdas. Effekter av t.ex. frostvittring brukar dock inte visa sig förrän flera år, ibland decennier, efter entreprenadens utförande. Ett skyddsskikt av 1,5 meters mäktighet bedöms ge fullgod skyddseffekt mot frostvittring, erosion och rotpenetration (Naturvårdsverket, 2004).

Erfarenheter av tätskikt som t.ex. bentonitmattor och geosynteter (HDPE m.fl.) finns sedan mitten av 1980-talet. De material som ingår i kommersiella tätdukar är testade av den nordamerikanska standardiseringsorganisationen ASTM och flera fall också av det amerikanska Naturvårdsverket, USEPA. Testmetoderna som ASTM tillämpar är internationellt vedertagna och omfattar bl.a. tätdukarnas beständighet med avseende på skjuv- och draghållfasthet, punkteringsmotstånd, vattengenomsläpplighet, gasgenomsläpplighet och kemikalie- och UV-resistens (Åtgärdsportalen, 2018).

Slutsatserna av de test- och provningsarbeten som utförts sedan 1980-talet är att tätdukar av HDPE, EPDM och/eller bentonit är beständiga i ett långtidsperspektiv. Eftersom den typ av standardiserade stresstester som ASTM och liknande standardiseringsorgan använder sig av inte sträcker sig längre än cirka 100 år går det inte med säkerhet att säga att sluttäcknings- eller övertäckningskonstruktioner är beständiga i ett "tusenårsperspektiv". Stresstesterna är emellertid väsentligt mer aggressiva än de miljöförhållanden som t.ex. tätdukar av HDPE, EPDM eller bentonit normalt sett utsätts för i sluttäckningar och andra övertäckningskonstruktioner (Åtgärdsportalen, 2018). Det finns därför fog för bedömningen att beständigheten hos övertäckningskonstruktionen vid brandövningsplatsen i Tullinge väsentligt skulle kunna överskrida 100 år.

Eftersom långtidsbeständigheten hos en övertäckningskonstruktion är beroende av såväl de ingående delskiktens materialegenskaper som konstruktionens utförande är det väsentligt att Naturvårdsverkets och Svenska Geotekniska Föreningens vägledning/rekommendationer avseende konstruktion och utläggning av slut- och övertäckningskonstruktioner noggrant efterlevs (Naturvårdsverket, 2004 och Svenska Geotekniska Föreningen, 1999). Projektering och entreprenadupphandling måste således i samtliga delmoment utföras med beaktande av dessa råd och riktlinjer. Beaktas dessa bedöms övertäckningskonstruktionen vara beständig i ett långtidsperspektiv, d.v.s. väsentligt överskridande 100 år.

3.9 Markanvändningsrestriktioner och skyddszon

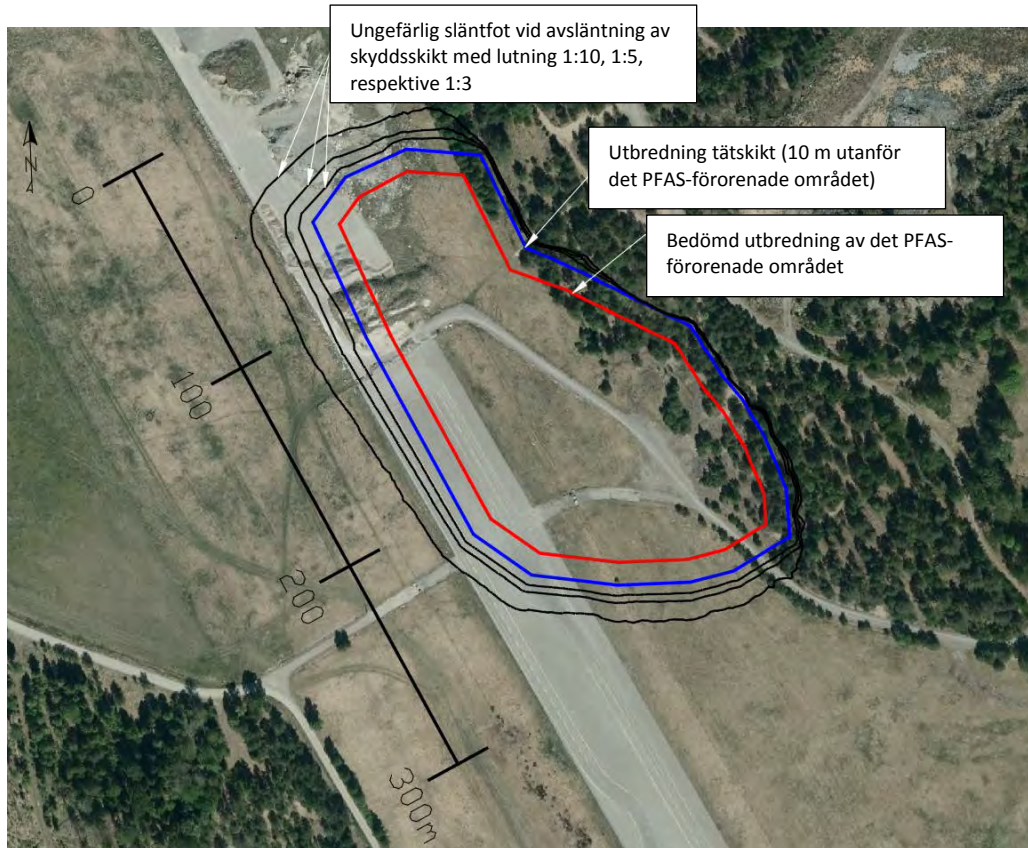
Restriktionerna i den framtida markanvändningen bör omfatta samtliga arbeten som innebär någon form av markingrepp: grävning, borring, ledningsdragning m.m. Inte heller utfyllnad bör utföras inom eller i omedelbar anslutning till övertäckningsområdet. I praktiken innebär markanvändningsrestriktionerna att mark- och anläggningsarbeten (anläggande av vägar, parkeringsytor, byggnader m.m.) inte är lämpliga att utföra inom eller i nära anslutning till övertäckningsområdet. Däremot skulle övertäckningsområdet kunna inkluderas i någon form av parkmiljö, vandringsstråk,

friluftsområde eller motsvarande. Om möjligt skrivs markanvändningsrestriktionerna in i detaljplan eller andra områdesbestämmelser. Lämpligen upprättas också någon form av skötseldirektiv för övertäckningsområdet (återkommande slyrensning, årlig besiktning av eventuella skador i skyddsskiktet m.m.).

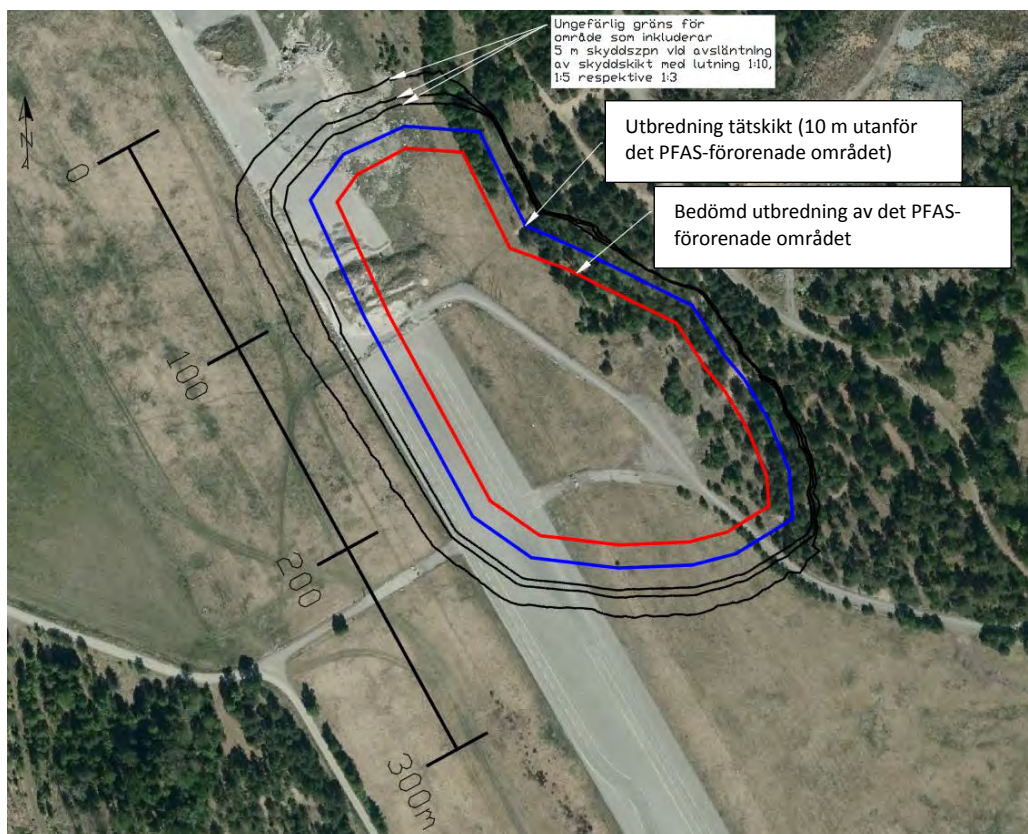
Markanvändningsrestriktionerna bör som en miniminivå omfatta det övertäckta området och en definierad skyddszon runt ikring detsamma. NIRAS har föreslagit en skyddszon ("fredad zon") som utbreder sig mellan 25-125 m utanför det övertäckta området (NIRAS, 2018). Helldén Environmental Engineering AB bedömer dock att skyddszonens utbredning runt ikring övertäckningen kan begränsas till 5 meter förutsatt att det avskärmande diket kan anläggas som ett täckdike under skyddsskiktets yttre slänt, se Figur 5 respektive Figur 7. Därmed finns inget behov av att reservera ett utrymme utanför övertäckningen för anläggande av dike. Det bör dock noteras att det vatten som ansamlas i det avskärmande diket måste bortledas från övertäckningen, vilket innebär att ett öppet eller kulverterat dike kommer att behöva anläggas från övertäckningen till för ändamålet lämplig recipient.

3.10 Övertäckningens utformning och gestaltning

Som framgår av Figur 6a och Figur 6b kommer övertäckningens utbredning att vara avhängig av vilken släntlutning som tillämpas för skyddsskiktet. Vid en skarp släntlutning (1:3) minimeras övertäckningens utbredning. Samtidigt blir övertäckningen mer iögonfallande och kommer att utgöra en från omgivningsmiljön starkt avvikande konstruktion.



Figur 6a. Övertäckningens utbredning vid olika lutningsalternativ för skyddsskiktet (1:10, 1:5 eller 1:3).

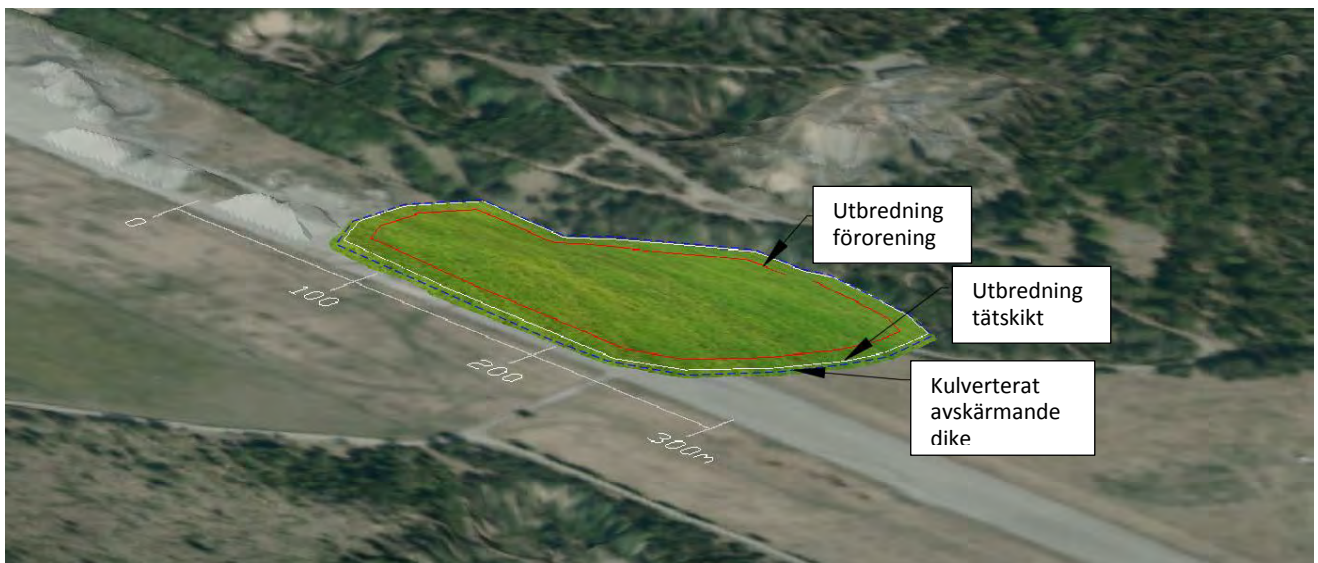


Figur 6b. Övertäckningens utbredning vid olika lutningsalternativ för skyddsskiktet (1:10, 1:5 eller 1:3) inklusive 5 meters skyddszon runt omkring övertäckningen.

Vid en flack släntlutning blir utbredningen större, vilket begränsar utrymmet för angränsande verksamheter samtidigt som övertäckningen bättre "smälter in" i omgivningsmiljön. Generellt bedöms risken för oavsiktliga framtida markingrepp vara större vid en flack släntlutning än vid en skarp släntlutning. Landskapsutformning och hänsyn till omgivande verksamheter får lämpligen avgöra hur övertäckningen slutgiltigt gestaltas.

I Figur 7 och Figur 8 nedan visualiseras övertäckningens utformning vid de tre olika släntlutningsalternativen, 1:3, 1:5 och 1:10. Figur 7 visar övertäckningens utformning betraktad ovanifrån, medan Figur 8 visar släntens utformning i ett markperspektiv vid de tre olika lutningsalternativen.

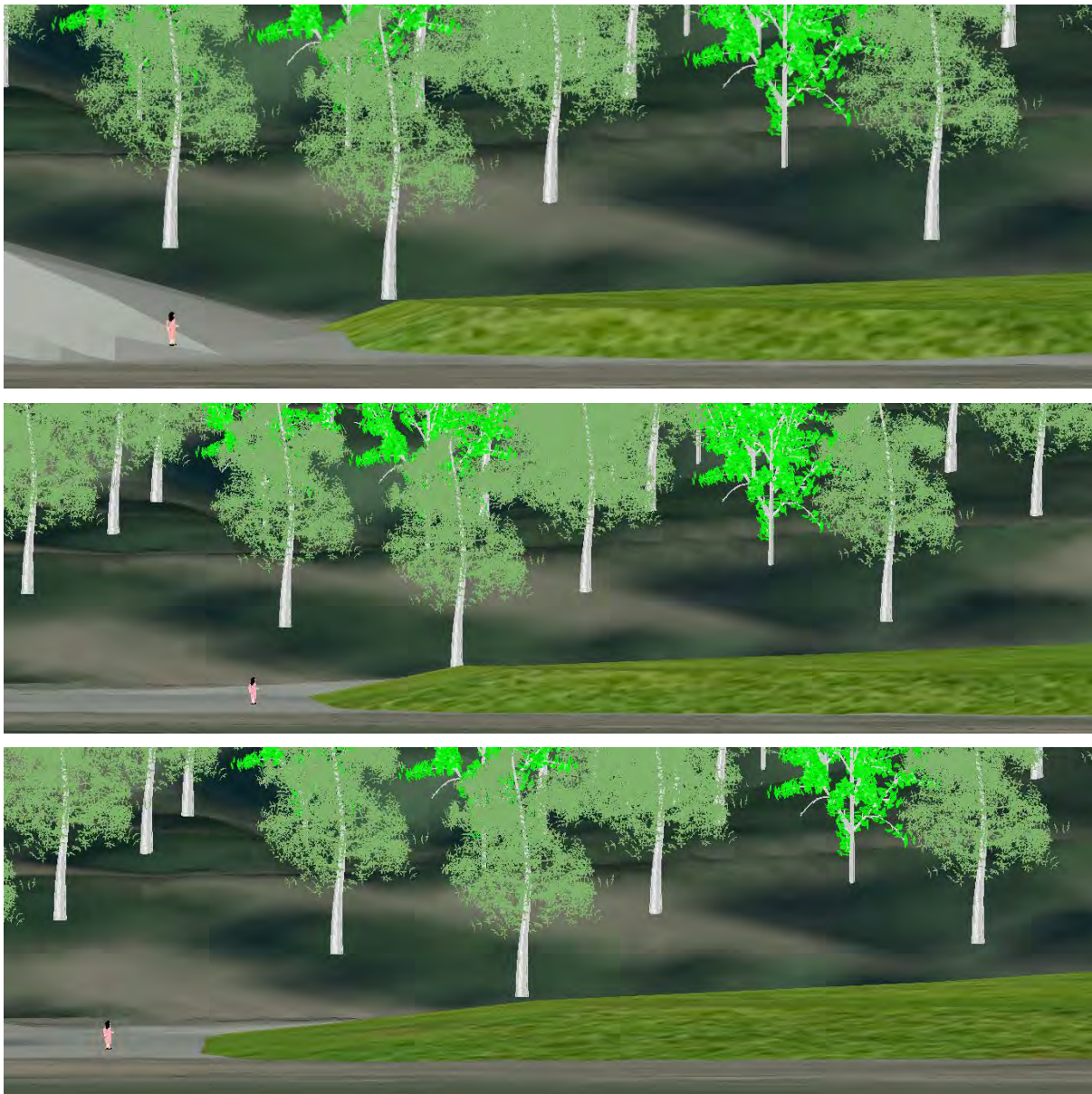
En fråga som diskuterats med Botkyrka kommun är behovet av stängsel/inhägnad kring övertäckningen. Det föreligger knappast några miljö- eller hälsorisker förknippade med att beträda övertäckningen. Skyddsskiktet utgörs av rena schaktmassor och medför ingen risk för exponering av eventuell hälsoskadlig markförorening. Risken att någon oavsiktligt eller i syfte att åsamka skador ska gräva sig ned till tätskiktet genom vegetations- och skyddsskiktet, med en sammanlagd mäktighet av 1,5 meter, bedöms vara minimal. För att därefter göra åverkan på drän- och tätskiktet erfordras dessutom tillgång till specialverktyg. Något behov av att begränsa övertäckningens tillgänglighet med hjälp av inhägnad/stängsel bedöms mot den bakgrunden knappast föreligga.





Figur 7. Övertäckningens utformning och gestaltning betraktad ovanifrån vid de tre olika släntlutningsalternativen 1:3 (överst), 1:5 (mitten) och 1:10 (nederst).

Vid tillämpning av en flack släntlutning, varvid övertäckningen delvis smälter samman med det omgivande landskapet, kan möjligen en instängsling bidra till att övertäckningens utbredning tydliggörs. Vid en skarp släntlutning (1:3) bedöms däremot konstruktionen i sig bli så pass framträdande att någon inhägnad för att ytterligare markera dess utbredning i terrängen knappast fyller någon funktion. Se även Figur 8.



Figur 8. Övertäckningens och dess yttre slänt betraktad från ett markperspektiv vid de tre olika släntlutningsalternativen 1:3 (överst), 1:5 (mitten) och 1:10 (nederst).

3.11 Kostnader och tidsåtgång

Av NIRAS kompletterande undersökningsarbeten vintern 2018/2019 framgår att det PFAS-förorenade området kan avgränsas till en yta av cirka 15 000 kvadratmeter (NIRAS, 2019). Det förorenade områdets utbredning framgår av Figur 6 ovan.

För att motverka kapillär insugning av markvatten/ytligt grundvatten under tätduken bör denna ”dras ut” 10 meter utanför det PFAS-förorenade området. Det övertäckta området är av den anledningen större än det PFAS-förorenade området. Tätduken kommer därför att uppta en areal av cirka 23 200 kvadratmeter.

Helldén Environmental Engineering ABs erfarenhet av projektering och byggledning av ett flertal

sluttäckningskonstruktioner indikerar att den sammanlagda kostnaden för en sluttäckningskonstruktion med liner/tätduk som tätskiktmaterial hamnar inom intervallet 350 – 550 kr/m². Övertäckningen i Tullinge kan emellertid förväntas bli mer kostsam än en konventionell sluttäckning baserad på kommersiella duk- eller linermaterial. Detta eftersom behovet av tillförda avjämningsmassor och markanpassning är större än vid en ordinär deponitäckning. Bland annat behöver en lutning av minst 1:20 tillskapas hos övertäckningen genom anläggande av avjämningslager. Detta för att infiltrerande nederbörd effektivt ska kunna avledas från sluttäckningskonstruktionen. Eftersom den förorenade ytan i nuläget är plan/flack kommer relativt stora volymer avjämningsmaterial att behöva tillföras. I övertäckningens centrala del kommer avjämningslagret att erhålla en mäktighet av cirka tre meter.

Nedan anges kalkylkostnader för de ingående delskikten baserade på faktiska kostnader från ett flertal sluttäckningsarbeten utförda under perioden 2012-2018 i kombination med inhämtning av aktuella kostnadsuppgifter från i Stockholmsområdet verksamma leverantörer av jord- och schaktmassor:

Kalkylkostnader inklusive arbete/anläggning per kvm ”färdig övertäckning”:

Avjämningskikt:	ca 200 kr/kvm
Tät- och dränskikt:	ca 100 kr/kvm
Skyddsskikt:	ca 225 kr/kvm
Vegetationsskikt/sådd:	ca 150 kr/kvm
<u>Övriga arbeten (diken mm):</u>	<u>ca 100 kr/kvm</u>

S:a **ca 775 kr/kvm**

Det PFAS-förorenade områdets utbredning bedöms vara fastställt i och med NIRAS kompletterande provtagningsinsatser under vintern 2018-2019 (NIRAS, 2019). Tät- och dränskiktets areal bedöms därför knappast komma att behöva justeras nämnvärt i samband med kommande projektering. Styrande för kostnaden blir istället behovet av skyddsskiktssmassor, vilket i sin tur styrs av vilken släntlutning som väljs hos skyddsskiktet. Materialbehovet kan som framgår av tabell 1 nedan reduceras med cirka 5000 m³ genom att övertäckningen avslutas med en brant slänt (1:3) istället för en flack slänt (1:10).

Tabell 1. Beräkning av materialåtgång i övertäckningen vid olika släntlutning hos skyddsskiktet.

Delskikt	Materialåtgång
Tätskikt/dränskikt (m ²)	23 200*
Avjämningskikt (m ³)	36 000
Skyddsskikt inkl. växtetableringsskikt med avsläntning 1:3 (m ³)	37 000
Skyddsskikt inkl. växtetableringsskikt med avsläntning 1:5 (m ³)	40 000
Skyddsskikt inkl. växtetableringsskikt med avsläntning 1:10 (m ³)	43 000

*Det PFAS-förorenade området upptar en sammanlagd areal av 15 000 m². För att motverka kapillär insugning av markvatten/ytligt grundvatten bör dock tätduken dras ut 10 meter utanför det PFAS-förorenade området vilket innebär att övertäckningsarealen uppgår till cirka 23 200 m².

För att upprätta en kostnadskalkyl erfordras att en förprojektering av övertäckningen genomförs.

Mycket grovt kan dock entreprenadkostnaden komma att uppskattas till kostnadsintervallet 15-20 Mkr. Kostnaden för projektering och utförandekontroll tillkommer och brukar vanligtvis uppgå till mellan 10-15 % av entreprenadkostnaden.

Utifrån erfarenheter av ett flertal sluttäckningsarbeten av deponianläggningar utförda under perioden 2012-2018 bedöms övertäckningsarbetet, inklusive etablering och avetablering, komma att omfatta en tidsperiod av minst sex (6) månader.

3.12 Miljö- och funktionskontroll

Utöver ovanstående moment tillkommer uppföljande miljö- och funktionskontroll vilken innefattar regelbunden provtagning och analys av grundvatten, dels i strategiska provtagningspunkter nedströms brandövningsområdet, dels i vattenverkets brunnar.

I första hand bör befintliga grundvattenrör nyttjas men beroende av de befintliga rörens status och lokalisering kan det inte uteslutas att något eller några kompletterande grundvattenrör kan behöva installeras. Det är viktigt att miljö- och funktionskontrollen utformas så att föroreningsituationen i grundvattenzonen innan övertäckningsarbetena påbörjas noggrant klarläggs, både uppströms och nedströms det f.d. brandövningsområdet. Valet av analysparametrar bör anpassas utifrån gällande myndighetskrav och med hänsyn till syftet med miljö- och funktionskontrollen, d.v.s. att påvisa en mätbar minskning av PFAS-transporten via grundvattenzonen från brandövningsområdet till brunnsområdet vid Tullinge vattenverk.

För uppföljning av övertäckningens funktion kan det vara lämpligt att installera ett antal så kallade lysimetrar (uppsamlingskärl) för kontinuerlig mätning av infiltrerad mängd nederbörd via tätskiktet. Lysimetrarna installeras i samband med att avjämningskiktet anläggs och förses med förlängningsrör/inspektionsbrunnar upp till övertäckningens överyta. Till varje lysimeter ansluts en noggrant tillklippt tätduk av HDPE- eller LLDPE-plast med given areal (vanligen 10 kvadratmeter) och med avrinning mot lysimeterens öppning. Genom förlängningsrören/inspektionsbrunnarna kan vattennivån i lysimetrarna kontinuerligt avläsas och mängden infiltrerad nederbörd via övertäckningens tätskikt därigenom mätas.

Ett lämpligt åtgärds mål för övertäckningen bedöms vara en lakvattenbildning/infiltrationsmängd av $<1 \text{ l/m}^2$ och år, vilket kan jämföras med att mängden grundvattenbildande nederbörd i nuläget uppgår till cirka 200 l/m^2 och år.

4 ÖVRIGA ÅTGÄRDSALTERNATIV

4.1 Generellt om efterbehandlingsteknik för PFAS

PFAS betraktas allmänt som högpersistenta ämnen, med hög resistens mot både kemisk och biologisk transformering/nedbrytning. Biotisk nedbrytning av högmolekylära PFAS som PFOS, PFOA och PFHxS, vilka utgör dominerande PFAS-komponenter i flertalet äldre typer av brandsläckningsskum, har överhuvudtaget inte kunnat påvisas. Inte heller kemiska oxidations- och reduktionsmetoder bedöms under naturliga miljöbetingelser vara tillämpbara för högfluorerade ämnen i jord eller grundvatten. I internationell efterbehandlingslitteratur rapporterade behandlingsförsök i laboratorieskala har kemisk oxidation av PFOS med Fentons reagens visat sig resultera i en reduktionsgrad/nedbrytningsgrad överstigande 97,5%.

Men studierna visar också att oxidationsprocesserna fungerar väsentligt sämre vid de miljöförhållanden avseende t.ex. pH-värde, redoxpotential och organisk halt som normalt föreligger i mark- och grundvattensystemet. Uppgifter finns om att kommersiellt framtagna och särskilt anpassade oxidationsmedel besitter en högre potential för destruktion av både PFOA och PFOS under fältmässiga förhållanden än konventionella oxidationsmedel, men sammantaget måste ändå slutsatsen dras att högfluorerade ämnen uppvisar hög resistens mot kemisk oxidation vid naturliga miljöförhållanden och att kemisk oxidation ännu inte kan anses vara tillämpbar på PFAS-föreningar, varken i jord eller grundvatten (Berglind, R, Helldén, J, Sjöström, J, m.fl , 2014).

Även flertalet s.k. extraktionsmetoder uppvisar låg behandlingspotential för PFAS. PFAS termisk resistens innebär att PFAS-föreningar sannolikt är begränsat behandlingsbara med extraktionsmetoder baserade på s.k. markuppvärmning eller termisk desorption in situ (ISTD). Högmolekylära PFAS uppvisar mättnadstryck väsentligt underskridande 0,5 mmHg (vid 20 °C), vilket innebär att ämnena inte heller är möjliga att extrahera med hjälp av konventionella extraktionsmetoder baserade på vakuumentextraktion eller luftinjektering/stripping. Beträffande efterbehandlingsmetoder baserade på extraktion med vatten (soil washing/jordtvättning) eller organiska lösningsmedel (solvent extraction/lösningsmedelsextraktion) föreligger det divergerande resultat i internationell efterbehandlingslitteratur. Jordtvättning kan möjligen vara tillämpbar då PFAS-föreningen huvudsakligen föreligger adsorberad till en ler- och siltfraktion i en grovkornig matris av sand- och grusfraktion. Oberoende dokumentation som verifierar jordtvättmetodens tillämpbarhet i full skala för PFAS-förorenade jordar saknas emellertid.

Extraktion i form av uppgrävning och bortforsling av PFAS-förorenad jord (schaktsaneringsalternativet) kan vara möjlig att tillämpa då föreningen i huvudsak föreligger ytligt i jordprofilen. Metoden förutsätter emellertid att behandlings- eller deponeringsmöjligheter för de uppgrävda PFAS-förorenade massorna föreligger. Kapaciteten för att ta emot och behandla eller deponera förorenade jordmassor är mycket begränsade i Sverige (Helldén Environmental Engineering, 2018).

Schaktsaneringsalternativet i kombination med jordtvätt, förbränning, kemisk oxidation och deponering utvärderas närmare med avseende på metodernas tillämpbarhet för PFAS-föreningen vid f.d. F18 Tullinge, i avsnitt 4.2 nedan.

För PFAS-föreningar i jord och grundvatten kan också s.k. spridningsbegränsande åtgärdstekniker övervägas. Horisontella barriärer (övertäckning) utgör en möjlig efterbehandlingsmetod i de fall PFAS-föreningen föreligger relativt koncentrerad inom ett mindre område och i huvudsak är lokaliserad till den omättade zonen ovanför grundvattenyttnivån. Vertikala barriärer kan vara tillämpbara för att avleda grundvatten kring en PFAS-förening lokaliserad under grundvattenyttnivån. Solidifiering/ stabilisering innebär ett liknande tillvägagångssätt men med den skillnaden att hela den förorenade jordvolymen ingjuts eller stabiliseras genom tillförsel av bentonit, cement- eller kalkbaserade additiv. Med såväl vertikal barriär som solidifiering bedöms det vara svårt att åstadkomma en tät anslutning mot berggrundsytan under eventuella vattenförande morän- eller grus/sandlager där merparten av PFAS-transporten sker. Dessutom uppstår vid barriärtekniska lösningar baserade på solidifiering och vertikala barriärer ett behov av att långsiktigt avleda och omhänderta det grundvatten som bildas innanför invallningen/inneslutningen (Åtgärdsportalen, 2018).

Grundvattenpumpning och behandling kan vara en möjlig åtgärdslösning i de fall PFAS-plymen är sammanhängande och av relativt begränsad utbredning i djupled. Metoden har dock bara effekt på de PFAS som föreligger i vattenlöslig fas, medan PFAS som i huvudsak föreligger bundna till jordpartiklar inte nämnvärt påverkas. Metoden förutsätter också att PFAS-plymen är i detalj kartlagd vilket sällan är fallet. Den grundvattenavsänkning som uppkommer i samband med pumpning och behandling riskerar dessutom att till följd av ändrade magasinsförhållanden leda till ökad PFAS-spridning, både temporärt och i det långa tidsperspektivet. Sammantaget bedöms behandlingsmöjligheterna med grundvattenpumpning och behandling vara begränsade och miljövinsterna osäkra.

Ovan nämnda spridningsbegränsande efterbehandlingsmetoder utvärderas närmare med avseende på metodernas tillämpbarhet för PFAS-föreningen vid f.d. F 18 Tullinge, i avsnitt 4.2 nedan.

Ytterligare en åtgärdsteknik som ofta nämns i samband med PFAS-föreningar är så kallade reaktiva barriärer baserade på LAC (Liquified Activated Carbon). LAC är en förhållandevis ny och innovativ efterbehandlingsteknologi som ännu inte utprovats i full skala för PFAS-förorenat grundvatten. Metoden är baserad på en kombination av fastläggning/adsorption och biologisk nedbrytning. Men vid tillämpning av LAC på PFAS-förorenat grundvatten utgör den i praktiken en extraktionsmetod som för överskådlig framtid permanentar föreningens förekomst i grundvattenakviferen. Detta mot bakgrund av PFAS-ämnenas dokumenterat höga persistens mot såväl kemiska som biologiska nedbrytningsprocesser. Med tiden kommer därför LAC-barriären att bli mättad med PFAS och en desorption och ett utflöde av PFAS till grundvatten nedströms LAC-barriären kan i samband därmed inte uteslutas. LAC är också baserad på att föroreningsplymen är relativt väl avgränsad och i huvudsak föreligger i den övre delen av grundvattenmagasinet där LAC relativt enkelt och under kontrollerade former kan injekteras. PFAS-polymer uppvisar till följd av PFAS-ämnenas relativt höga vattenlöslighet, ofta inom intervallet 500-10 000 mg/l, en förhållandevis stor utbredning i djupled. Internationellt har företaget Regenesys rapporterat goda resultat främst avseende fastläggning för långkedjiga PFAS som PFOS och PFOA vid tillämpning av den egna produkten PlumeStop, vilken är baserad på LAC (Regenesys, 2017). Men vid en närmare genomgång av de underlag som presenterats - och som i huvudsak föreligger i form av pressmeddelanden och marknadsföringsfoldrar - är det

oklart hur pass tillämpbar tekniken är vid olika miljöbetingelser (föroreningsgrad, hydrogeologiska förhållanden m.m.). Det är också oklart vilket dispersionsmedel som används för att hålla kolpartiklarna i lösning vid injektering i en grundvattenakvifer.

I Tabell 2 nedan sammanfattas översiktligt de åtgärdstekniker som generellt föreligger för PFAS-föroreningar i jord och grundvatten. I avsnitt 4.2 nedan utvärderas närmare några av åtgärdsteknikernas tillämpbarhet för den aktuella föroreningsituationen vid f.d. F 18 i Tullinge.

Tabell 2. Översikt-behandlingsmetoder/åtgärdstekniker för PFAS generellt.

Åtgärdsteknik	Behandlingsprincip	Innovativ/Etablerad*	Tillämpbarhet för PFAS
Schaktsanering	Extraktion	Etablerad	Tillämpbar för PFAS i omättad zon, men kan leda till mobilisering och utlakning/spridning av partikelbundna PFAS.
Jordtvättning	Extraktion	Etablerad	Begränsat tillämpbar för PFAS. Förutsätter urgrävning. Behandling on site erfordrar troligen miljötillstånd.
Deponering	Spridningsbegränsande	Etablerad	Begränsad mottagningskapacitet för PFAS vid befintliga deponianläggningar. Förutsätter urgrävning.
Förbränning	Destruktion	Etablerad	Begränsad mottagningskapacitet för PFAS vid befintliga förbränningsanläggningar. Förutsätter schaktsanering.
Biologisk behandling	Destruktion	Etablerad	Ingen dokumenterad tillämpbarhet för PFAS.
Kemisk oxidation	Destruktion	Etablerad	Metoden i huvudsak avsedd för vattenlösta PFAS i grundvattenzonen. Viss behandlingseffekt påvisad på PFAS i grundvatten i begränsad fältskala. Men fler studier krävs för att metoden ska kunna betraktas som etablerad för PFAS.
Barriärtekniska lösningar	Spridningsbegränsande	Etablerad	Horisontell barriär/övertäckning möjlig för PFAS i omättad zon. Vertikal barriär möjlig för PFAS i omättad zon.
Solidifiering/stabilisering	Spridningsbegränsande	Etablerad	Ingen dokumenterad tillämpbarhet för PFAS vid naturliga miljöbetingelser.
LAC	Extraktion/destruktion	Innovativ	Tveksamheter kring tillämpbarhet för PFAS vid naturliga miljöbetingelser. Ingen destruktionsseffekt för PFAS påvisad.

*Avser åtgärdsteknikens generella etableringsgrad, ej specifikt för PFAS.

4.2 Åtgärder som förutsätter urgrävning

4.2.1 Allmänt om schaktsanering

Urgrävning är i regel begränsad till ett djup av högst fem meter under markytens nivå. Med en föroreningsutbredning av cirka 15 000 kvadratmeter skulle volymen PFAS-förorenad jord vid Tullinge f.d. brandövningsplats uppgå till cirka 75 000 kubikmeter, vilket med en antagen skrymdensitet av cirka 1,7 t/m³ motsvarar cirka 125 000 ton.

Ska förorenade massor extraheras från djup överstigande fem meter måste storformatsborrning tillgripas, alternativt urgrävning i kombination med spontning. Vanligen tillämpas schaktsanering/urgrävning uteslutande för att avlägsna källtermer, vilket förutsätter att dessa föreligger relativt koncentrerade inom ett förorenat markområde och inom rimligt grävdjup, d.v.s. 0-5 meter under markytens nivå.

Vid schaktsanering föreligger alltid en risk för forcerad/ökad föroreningsutbredning till följd av att miljöbetingelserna inom det förorenade markområdet väsentligt ändras (Åtgärdsportalen, 2018). Urgrävning kan t.ex. leda till att föroreningen exponeras för nederbörd varvid risken för utlakning och föroreningsutbredningen till närliggande grund- eller ytvatten ökar.

Vid grävning inom ett förorenat markområde kan också en ökad spridning av partikulärt bundna föroreningar förekomma, t.ex. genom att tillfälliga dräneringsvägar öppnas i det sanerade markområdet. Spridningsrisken bedöms vara särskilt stor i ett fall som detta då huvuddelen av föroreningen utgörs av relativt vattenlösliga PFAS som i huvudsak föreligger i omedelbar anslutning till ett grundvattenmagasin (Tullingestråket) med mycket hög sårbarhet/känslighet. Markingrepp i form av schaktsanering eller storformatsborrning inom det f.d. brandövningsområdet riskerar således medföra forcerad utlakning och ökad spridning av PFAS till underliggande grundvattenmagasin. En följd av detta skulle kunna vara för överskådlig framtid kraftigt förhöjda PFAS-halter i grundvattnet nedströms brandövningsområdet.

Urgrävning och bortforsling av större mängder PFAS-förorenade jordar leder dessutom till utsläpp av koldioxid och andra växthusgaser vilket bör beaktas ur ett hållbarhetsperspektiv.

Avslutningsvis bör framhållas att urgrävning inte skulle medföra ett fullständigt avlägsnande av de PFAS-föroreningar som föreligger inom brandövningsområdet. Detta på grund av att möjligheten att genom fältmätning/on-line-mätning säkerställa att PFAS-förorenade jordmassor verkligen avlägsnats från platsen är obefintlig. För en lång rad föroreningsgrupper finns väl fungerande detektionsmetoder framtagna för att i realtid verifiera och kontrollera resultaten av urgrävningens insats. Det gäller t.ex. flertalet metaller som kan analyseras/detekteras med hjälp av röntgenfluorescens eller flyktiga organiska ämnen (VOC) som kan registreras med hjälp av fotojonisation, flamjonisation eller halogenspecifikt detektor.

För högfluorerade ämnen finns dock än så länge ett begränsat antal fältmetoder framtagna, varför det kommer att föreligga osäkerhet beträffande hur pass fullständig urgrävningens åtgärd varit. Laboratorieanalyser kan ge viss vägledning rörande saneringsresultatet, men då dessa enbart

omfattar stickprov eller begränsade samlingsprov kommer föroreningsgraden i relativt stora jordvolymen att förbli okänd. Möjlighet kan också finnas att etablera ett fältlaboratorium, men erfarenhetsmässigt är det svårt att i ett fältlaboratorium upprätthålla samma hygieniska standard vid uppberedning och extraktion som i ett stationärt laboratorium.

Statens geotekniska institut (SGI) har i en nyligen publicerad studie visat att sannolikheten att förorenade massor klassificeras som icke-förorenade uppgår till närmare 50 % vid föroreningshalter nära åtgärds målet. Detta även vid mycket omfattande provtagning, s.k. inkrementell provtagning, varvid ett 30-tal delprover/inkrement tas ut från varje selektiv efterbehandlingsvolym, SEV (Statens geotekniska institut, 2018). En selektiv efterbehandlingsvolym bör enligt studien omfatta en jordvolym av cirka 50 kubikmeter ($10 \times 10 \times 0,5 \text{ m}^3$). Utgående från en bruttovolym (= volym totalt urgrävda massor) vid brandövningsplatsen i Tullinge och en indelning i selektiva efterbehandlingsvolymen à 50 kubikmeter skulle det erfordras i storleksordningen 45 000 provuttag/inkrement och 4500 st laboratorieanalyser för att med någorlunda tillförlitlighet kunna indela jordmassorna efter föroreningsgrad. Då föreligger det fortfarande en relativt hög sannolikhet för felaktig friklassning av jordmassor med föroreningshalter i nivå med eller strax över åtgärds målet.

Totalkostnaden för uppgrävning, transport och återläggning av rena massor uppskattas till storleksordningen 1000 kr/ton eller 1750 kr/m^3 , d.v.s. totalt cirka 125 Mkr. Detta förutsatt att godkänd mottagningsanläggning föreligger inom ett avstånd understigande 10 mil från det förorenade området.

4.2.2 Jordtvätt

Utöver de argument NIRAS framför som skäl för att inte nyttja jordtvätt (främst kostnadsskäl) kan anföras att behandlingseffekten vid jordtvättning av PFAS-förorenad jord är oklar. Svevia har utfört jordtvättning av PFAS-förorenade massor i Kalmar (Svevia, 2017). Behandlingsresultaten indikerar att jordtvättning enbart är lämplig vid behandling av jordar som uppvisar låg andel finfraktion vilket stämmer väl överens med behandlingsresultaten från andra föroreningstyper än PFAS, t.ex. metaller (Åtgärdsportalen, 2018). De PFAS-förorenade massorna vid brandövningsområdet innehåller en relativt hög andel finfraktion i form av bl.a. lera och silt, varför de redan ur det perspektivet bedöms vara mindre lämpade för jordtvättning. Vid jordtvättning uppkommer dessutom ett förorenat processvatten som kontinuerligt behöver omhändertas eller renas på plats. Oavsiktliga utsläpp av processvatten kan leda till sekundär förorening av det djupa grundvattenmagasinet. En jordtvättanläggning är närmast att betrakta som en mindre processindustri (med omfattande spillvattenhantering) och det är tveksamt om etableringen av en dylik anläggning kommer att tillåtas inom skyddsområdet kring en kommunal vattentäkt.

4.2.3 Förbränning

Fortum Waste Solutions AB erbjuder, precis som NIRAS nämner, högtemperaturförbränning av PFAS-förorenade jordar och vätskor. Behandlingskapaciteten uppskattas grovt till ca 15 000 ton förorenade jordmassor per år (Helldén Environmental Engineering AB, 2018). Den beräknade volymen PFAS-förorenad jord från brandövningsområdet i Tullinge av cirka 125 000 ton är således en faktor 8 gånger större än Fortums angivna behandlingskapacitet per år vid anläggningen för högtemperatur-

förbränning. Totalkostnaden för förbränning av 125 000 ton PFAS-förorenad jord kan med en behandlingskostnad av 5000 kr/ton överslagsmässigt uppskattas till 625 Mkr. I tillägg till denna kostnad tillkommer uppgrävning, transport och återläggning av rena massor till en kostnad av storleksordningen 1000 kr/ton eller 1750 kr/m³, vilket motsvarar 125 Mkr för 125 000 ton PFAS-förorenad jord. Totalkostnaden (urgrävning + förbränning) skulle därmed hamna kring 750 Mkr och ta drygt 8 år i anspråk att utföra med beaktande av Fortums nuvarande behandlingskapacitet

4.2.4 Kemisk oxidation

Beträffande kemisk oxidation anför NIRAS i huvudsak kostnadsskäl som argument för att inte gå vidare med metoden ifråga. NIRAS nämner också att åtgärdstekniken befinner sig i en utvecklingsfas beträffande PFAS.

Den grundläggande orsaken till att destruktionsmetoder baserade på kemisk oxidation inte är tillämpbara för merparten av idag kända PFAS-komponenter är den starka bindningen mellan kol och fluor. Kol-fluorbindningen betraktas allmänt som en av de starkaste bindningarna inom den organiska kemin. Orsaken är främst fluoratomens höga elektronegativitet i kombination med dess lilla atomradie. Sammantaget medför den starka kol-fluor-bindningen att fluorerade kolväten generellt uppvisar högre resistens mot både kemisk och biologisk nedbrytning än flertalet andra grupper av halogenerade kolväten (Berglind, R, Helldén, J, Sjöström, J, m.fl , 2014).

Inga idag kända kemiska oxidationsmetoder bedöms vara tillämpbara för högfluorerade ämnen. Även om vissa kemiska oxidationsmetoder, såsom NIRAS nämner, visat sig fungera i laboratorie- och bänkskala för utvalda grupper av PFAS föreligger det i nuläget inga uppgifter om att fullskalebehandling med kemisk oxidation in situ skulle kunna uppnå annat än en mycket begränsad reningseffekt för PFAS i jord eller grundvatten.

Laboratorie- och bänkskaleförsök visar att aktiverat persulfat besitter viss potential för att partiellt oxidera PFOA medan någon oxidationseffekt på övriga PFAS inte kunnat påvisas (Arcadis, 2015).

I internationell efterbehandlingslitteratur rapporterade behandlingsförsök i laboratorieskala har kemisk oxidation av PFOS med Fentons reagens visat sig resultera i en reduktionsgrad/nedbrytningsgrad överstigande 97,5%. Studierna visar emellertid att oxidationsprocesserna fungerar väsentligt sämre vid de miljöförhållanden avseende t.ex. pH-värde, redoxpotential och organisk halt som normalt föreligger i mark- och grundvattensystemet. Uppgifter finns om att kommersiellt framtagna och särskilt anpassade oxidationsmedel besitter en högre potential för destruktions av både PFOA och PFOS under "fältmässiga förhållanden" än konventionella oxidationsmedel. Men sammantaget måste ändå slutsatsen dras att högfluorerade ämnen uppvisar hög resistens mot kemisk oxidation vid naturliga miljöförhållanden och att kemisk oxidation ännu inte kan anses vara tillämpbar på PFAS-föroreningar, varken i jord eller grundvatten (Berglind, R, Helldén, J, Sjöström, J, m.fl , 2014).

4.2.5 Deponering

Deponeringsalternativet finns inte omnämnt i NIRAS åtgärdsförberedande utredning. Deponering är en relativt vanlig metod för omhändertagande av förorenade massor i Sverige. Forsvarsmakten har låtit Helldén Environmental Engineering utföra en kartläggning av mottagnings- och deponeringsmöjligheterna för PFAS-förorenade massor (Helldén Environmental Engineering AB, 2018).

Deponering av PFAS-förorenade jordar kan ske vid deponi eller deponicell för farligt avfall förutsatt att mottagningsanläggningen innehar erforderliga miljötillstånd och givet att PFOS-halten i jorden underskrider 50 mg/kg TS. Den totala halten av organiska ämnen ska underskrida 60 000 mg/kg TS (uppmätt som TOC). Medelkostnaden för deponering vid deponianläggning för farligt avfall uppgår till cirka 1 000 kr/ton. Deponikostnaden för den PFAS-förorenade jorden vid det f.d. brandövningsområdet (cirka 125 000 ton) skulle således uppgå till storleksordningen 125 Mkr. Därutöver tillkommer kostnader för urgrävning, miljösäkringsåtgärder, transport och miljökontroll vilket innebär att den sammanlagda behandlingskostnaden för deponeringsalternativet troligen skulle hamna kring 250 Mkr. Dock visar den genomförda kartläggningen att det endast är ett fåtal avfallsbolag som uppger sig ta emot PFAS-förorenade massor och då i relativt små volymer. Den aktuella volymen vid den f.d. brandövningsplatsen överskrider mottagningskapaciteten för förorenade jordar vid flertalet tillgängliga mottagningsanläggningar för farligt avfall. Flertalet marknadsaktörer, såväl avfallsbolag som saneringsentreprenörer, intar en restriktiv hållning beträffande mottagning och/eller deponering av PFAS-förorenade massor. Som huvudskäl uppges ottydligheter i nu gällande lagstiftning/regelverk samt avsaknad av effektiv lakvattenrening med avseende på PFAS (Helldén Environmental Engineering AB, 2018).

4.3 Åtgärder som utförs in situ

4.3.1 Pumpning och behandling av grundvatten

Extraktion genom pumpning och behandling i kombination med kolfilterrening kan förväntas ha en viss reningseffekt på PFAS-förorenat grundvatten. Men det är i huvudsak vattenlösliga PFAS som kan extraheras och renas med hjälp av grundvattenpumpning. Långa PFAS, som t.ex. PFOS, PFHxS och PFOA - vilka också utgör huvudbeståndsdelar i flertalet skumbaserade släckmedel - tenderar att i relativt stor utsträckning adsorberas till markpartiklar varifrån de långsamt desorberas till grundvattenzonen.

Vi delar NIRAS uppfattning att pumpning och behandling inte utgör en miljömässigt godtagbar och tekniskt effektiv metod för att åtgärda PFAS-föroreningen vid det f.d. brandövningsområdet i Tullinge. Detta mot bakgrund av den massbalans som NIRAS redovisar i sin åtgärdsförberedande utredning och enligt vilken endast "något eller några kilogram" av PFAS-föroreningen föreligger löst i den mättade zonen under brandövningsplatsen. Denna PFAS-mängd bör jämföras med den beräknade mängden PFOS i omättad zon (0-10 m u my) av mellan 7-21 kilogram (NIRAS, 2018).

4.3.2 Solidifiering och stabilisering

Med solidifiering/stabilisering avses vanligen inkapsling av förorenade jordar eller avfall i lågpermeabla material, alternativt tillförsel av additiv (cement, betong, bitumen m.m.) vilka väsentligt reducerar den hydrauliska konduktiviteten inuti och runt det förorenade området. Nordamerikanska erfarenheter indikerar att en reduktion av det förorenade jordmaterialets hydrauliska konduktivitet till $<1 \times 10^{-8}$ m/s kan uppnås vid solidifiering/stabilisering med hjälp av cementadditiv eller bitumenrelaterade materialslag. För att uppnå en långsiktigt hållbar barriäreffekt erfordras emellertid att stabilisatets hydrauliska konduktivitet underskrider 5×10^{-9} m/s (Åtgärdsportalen, 2018). Stabiliseringen måste mot den bakgrunden även inbegripa fastläggning/sorption av PFAS-föroreningen. Det är dock tveksamt om tillsatser av cement- eller kalkbaserade additiv skulle få annat än en marginell effekt på PFAS-molekylernas fastläggningsgrad i jordmatrisen.

Den av NIRAS angivna kostnaden för solidifiering/stabilisering av 80 Mkr bedömer vi vara storleksordningsmässigt korrekt, förutsatt att åtgärden vidtas in situ, d.v.s. utan föregående uppgrävning (NIRAS, 2018). Ställs denna entreprenadkostnad i relation till den beräknade kostnaden för den i avsnitt 3 ovan redovisade övertäckningskonstruktionen (15-20 Mkr), med en hydraulisk konduktivitet av storleksordningen 5×10^{-12} m/s, så är valet mellan de två åtgärdslösningarna relativt enkelt. Även övertäckning/inneslutning med tätskiktmaterial kan för övrigt betraktas som en form av solidifiering, då syftet är detsamma, d.v.s. att minimera perkolationen av nederbörd (alternativt genomströmningen av grundvatten) via det förorenade området.

4.4 Sammanfattande slutsatser

I Tabell 3 nedan jämförs de olika åtgärdsalternativen med avseende på miljönytta och bedömda totalkostnader. Kostnaderna är ungefärliga, men tabellen ger en uppfattning om i vilken storleksordning kostnaden hamnar vid tillämpningen av olika åtgärdsalternativ. Endast de åtgärdsalternativ som bedömts vara tekniskt och miljömässigt genomförbara redovisas i tabellen.

Tabell 3. Sammanfattande jämförelse av kostnad och miljönytta mellan ovan redovisade åtgärdsalternativ. Endast de åtgärdsalternativ som bedömts vara tekniskt och miljömässigt genomförbara redovisas i tabellen.

Åtgärdsalternativ	Miljönytta	Totalkostnad (storleksordning)
Övertäckning	Medför ingen massreduktion. PFAS-föreningen finns kvar i marken. Men utlakning och spridning av PFAS till grundvattenzonen kommer att reduceras kraftigt. Över tid kommer PFAS-halterna i grundvattenzonen nedströms området att avklinga.	20 Mkr
Urgrävning i kombination med deponering	Medför omfattande massreduktion. Endast en mindre del av PFAS-föreningen lämnas kvar. Risk för forcerad utlakning och ökad PFAS-spridning till grundvattenzonen. Tveksamt om tillräcklig mottagningskapacitet finns vid tillgängliga deponianläggningar.	250 Mkr
Urgrävning i kombination med högtemperaturförbränning	Medför omfattande massreduktion. Endast en mindre del av PFAS-föreningen lämnas kvar. Risk för forcerad utlakning och ökad PFAS-spridning till grundvattenzonen. Tveksamt om tillräcklig mottagningskapacitet finns vid tillgängliga behandlingsanläggningar.	750 Mkr
Solidifiering/stabilisering	Medför ingen massreduktion. PFAS-föreningen finns kvar i marken. Men utlakning och spridning av PFAS till grundvattenzonen kommer att reduceras, dock oklart i vilken omfattning.	80 Mkr

5 FÖRSLAG TILL PROJEKTERINGS DIREKTIV OCH ÅTGÄRDSMÅL

Det föreslagna huvudalternativet (övertäckning med horisontell barriär) bedöms sammantaget som det mest lämpliga efterbehandlingsalternativet då miljömässiga, tekniska och ekonomiska förutsättningar sammanvägs. Det är viktigt att övertäckningen konstrueras utifrån de erfarenheter och den tekniska praxis som bl.a. erhållits vid ett stort antal deponikonstruktioner.

Nedan redovisas respektive delskikt i övertäckningskonstruktionen med avseende på materialsammansättning, kritiska faktorer vid projektering och tillvägagångssätt vid utläggning. Kompletterande utredningsinsatser har föreslagits där dylika bedöms vara nödvändiga som underlag för ett fullgott projekteringsarbete.

Avjämningskiktet

Det är viktigt att tillskapa ett jämnt underlag för det tätskikt som avses utläggas. Detta gäller oavsett tätskiktets materialsammansättning. Avjämningskiktet ska också tillskapa den lutning som erfordras för ett effektivt avledande av infiltrerande nederbörd via skyddsskiktet. Avjämningskiktet tillverkas av homogent jordmaterial, företrädesvis friktionsjord. Lutningen bör ligga inom intervallet 1:20-1:3. Vid val av lutning bör utöver dränerande förmåga även landskapsutformning beaktas. I föreliggande PM har vi räknat med att avjämningskiktet (och därmed också tät- och dräneringskiktet) ges en lutning av 1:20. För att minimera risken för framtida sättningrörelser, vilka i sin tur kan ge upphov till skador i tätskiktet, ska avjämningskiktet packas med 10 ton vibrovält i enlighet med gällande föreskrifter i AMA Anläggning 17.

Gasdräneringslager

Ett gasdräneringslager anläggs där metangas eller andra VOC riskerar att ansamlas under tätskiktet och bygga upp ett så pass högt gastryck att tätduken eller andra delar av övertäckningskonstruktionen tar skada. Det är vanligt att gasdräneringslager (alternativt gasventilationsbrunnar) anläggs vid sluttäckning av avfallsdeponier eftersom metangasbildningen inuti äldre deponier kan vara relativt stor. Inom det aktuella området förutsätts att förekomsten av enkla alkaner/cykloalkaner eller andra VOC redan har uteslutits genom porgasmätning. Om så inte skett bör en kompletterande porgas-undersökning utföras för att säkerställa att alkaner/cykloalkaner eller andra VOC ej föreligger inom eller i nära anslutning till övertäckningsområdet. Observera att metan och andra enkla alkaner kan föreligga i relativt höga haltnivåer även naturligt, t.ex. som en följd av nedbrytning av organogena jordlager. Även i dylika fall kan ett gasdräneringslager vara påkallat att anlägga.

Tätskikt

Tätskiktet bör med beaktande av övertäckningens utsatta lokalisering (närhet till bostadsområde, infrastruktur m.m.) i första hand utgöras av naturliga material med självläkande egenskaper som t.ex. bentonitlera. Ett exempel på tätskiktsmaterial som ofta nyttjas vid sluttäckning av deponier för farligt avfall är kombinationstätskikt bestående av bentonitmatta och HDPE-laminat (Bentomat CL 1.0 m.fl.) Dylka kombinationsdukar uppvisar vid standardiserade materialtester (ASTM D 5887 m.fl.) en verifierad hydraulisk konduktivitet underskridande 5×10^{-12} m/s. Det kan t.ex. jämföras med en ordinär bentonitmatta (lergeomembran) som vid motsvarande laborietester visar en hydraulisk konduktivitet av cirka 5×10^{-11} m/s.

Utgående från en hydraulisk konduktivitet hos kombinationsduken av 5×10^{-12} m/s kan perkolationen via infiltration av nederbörd genom tätskiktet beräknas enligt följande ekvation (Naturvårdsverkets handbok 2004:2 och SGF-rapport 1/99):

$$Q_{\text{Perkolation}} = k \times i \times f_p \times A = 2,5 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{s och m}^2 = 0,8 \text{ l/m}^2 \text{ och år}$$

där,

$$k = \text{hydrauliska konduktiviteten} = 5 \times 10^{-12} \text{ m/s}$$

$$i = \text{hydrauliska gradienten} = 20 \text{ (0,1 meters vattenpelare på 0,005 meter bentonitmatta**)}$$

$$f_p = 0,25 \text{ (perkolationstidsfaktorn, d.v.s. andelen av en årscykel då nederbörd infiltrerar)}$$

$$A = 1,0 \text{ m}^2$$

Den ovan beräknade perkolationen förutsätter att inga hål eller revor uppkommer i tätskiktet samt att dräneringsskiktet fungerar tillfredsställande över tid. Effekten av eventuella hål/revor i tätskiktet kan minimeras genom att ett 0,1-0,15 meter mäktigt förstärkt tätskikt av lera packas ovanpå avjämningskiktet, varefter tätduken läggs ut på lerlagret. Effekten av hål/revor kan också minimeras genom att dränskiktet anläggs i form av en s.k. Platonmatta med inbyggt tätskikt i botten, se text nedan angående dräneringsskiktet.

Den ovan beräknade perkolationen efter övertäckning av storleksordningen 1 l/m^2 och år ska jämföras med den av NIRAS angivna perkolationen av cirka 200 l/m^2 och år i dagsläget (utan övertäckning). Det innebär en reduktion av perkolationen via det PFAS-förorenade området överstigande 99 %. Den av NIRAS redovisade reduktionen i perkolation av 90 % är således ett fullt rimligt antagande.

Dräneringsskikt

Ett dräneringsskikt baserat på geosyntet rekommenderas. Orsaken är främst att utläggning av tät- och dränskikt i form av dukar/liners med fördel kan utföras i ett och samma arbetsmoment och att en högre hydraulisk konduktivitet erfarenhetsmässigt uppnås i ett syntetiskt dränskikt i jämförelse med ett dränlager av grus/sand.

Dränskikt av geosyntet bör vara försett med underliggande HDPE-laminat (modell Platonmatta) för att motverka materialvandring från bentonittätskiktet till dräneringsskiktet. Nyttjas dränskikt av grus eller krossmaterial bör i första hand fraktionen 6-60 mm nyttjas. Dräneringslagret ska för att motverka igensättning separeras från det underliggande tätskiktet och det ovanpåliggande skyddsskiktet genom utläggning av materialseparerande geotextil. Geotextil med lastfördelande egenskaper bör användas.

Skyddsskikt

Skyddsskiktet byggs företrädesvis upp av blandade schaktmassor som är dokumenterat fria från eventuella föroreningar. Andelen kohesionsjord i skyddsskiktet bör inte överstiga 30 %. Försiktighet ska iakttagas vid utläggningen av skyddsskiktet så att inga skador i underliggande tät- och dränskikt uppstår. T.ex. ska vassa stenar/gruskorn ej läggas i den undre delen av skyddsskiktet som företrädesvis kan utgöras av ett 10-20 cm mäktigt lager av homogen sand eller sandig morän. Skyddstäckningens första skikt (0,25 m) påföres utifrån med hjälp av grävmaskin eller motsvarande. Belastning med fordon/entreprenadmaskiner får inte ske förrän 0,25 m av skyddsskiktet lagts ut. För att klara kravet på minst 0,25 m lagermäktighet ovanpå utlagd geotextil före belastning med entreprenadfordon behöver utläggningen av skyddsskikt och dräneringsskikt i möjligaste mån samordnas. Packning av skyddsskiktet med tyngre packningsredskap (vibrovält eller motsvarande) ska undvikas eftersom dylik packning kan leda till uppkomst av vattenavledande stråk/lager ovanför dränskiktets nivå.

Åtgärds mål

Åtgärds mål behöver upprättas för den föreslagna efterbehandlingsåtgärden. Det bedöms rimligt att den föreslagna övertäckningskonstruktionen varaktigt bidrar till en väsentligt minskad infiltration av nederbörd via de PFAS-förorenade massorna inom brandövningsområdet. Utifrån SMHIs vattenbalansdata för området kan den nuvarande nettonederbörden (=grundvattenbildande nederbörd) inom brandövningsområdet uppskattas till storleksordningen 200 l/m² och år (NIRAS, 2018). Det bedöms rimligt att övertäckningskonstruktionen med den utformning som redovisas ovan varaktigt kan reducera infiltrationen till storleksordningen 1 l/m² och år. Detta bedöms också vara ett rimligt åtgärds mål för den föreslagna efterbehandlingsåtgärden. Infiltrationen kan mätas med hjälp av nedgrävda uppsamlingskärl, s.k. lysimetrar, som på årsbasis insamlar infiltrerande nederbörd under tätskiktets nivå. För en yta av 1 hektar brukar 2 st lysimetrar anses utgöra erforderlig provtagnings-frekvens. För den aktuella övertäckningen föreslås att minst tre lysimetrar installeras för uppföljning av infiltrerad mängd nederbörd under tätskiktet efter övertäckningens färdigställande.

Miljöjuridiska aspekter

Övertäckningen betraktas som en in situ-åtgärd och måste därför föregås av en anmälan om avhjälpandeåtgärd enligt 28 § förordningen (1998:899) om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd. En anläggning av detta slag är inte bygglovspflichtig enligt plan- och byggförordningen, men däremot kan marklov erfordras. För anläggande av avskärmande och avledande dike erfordras tillstånd enligt 11

kap. 13§ miljöbalken.

Helldén Environmental Engineering ABs erfarenhet av ett flertal övertäcknings- och sluttäckningsarbeten är att en förprojektering bör utföras som tekniskt underlag för framtagande nödvändiga anmälnings- och tillståndshandlingar. En väl utförd förprojektering utgör också ett viktigt underlag vid budgetering och planering av den föreslagna efterbehandlingsåtgärden.

Helldén Environmental Engineering AB, 2019-05-20



Johan Helldén

6 REFERENSER

Arcadis, 2015: Advances in PFC investigation and remediation. 2016 Federal Contaminated Sites National Workshop.

Berglind, R, Helldén, J, Sjöström, J, m.fl (2014): "Perfluorerade ämnen i jord, grundvatten och ytvatten. Riskbild och åtgärdsstrategier." (FOI-rapport FOI-R--3705--SE), vilka också utgör underlag till nedanstående redovisning.

Förordning (SFS 2001:512) om deponering av avfall

Helldén Environmental Engineering AB, 2018: PFAS-förorenade avfall. Inventering av mottagningsmöjligheter. Uppdragsgivare: Forsvarsmaktens Miljöprovningseenhet. FM 2018-15103:2. Datum: 2018-10-11.

Johan Helldén, 2011: Föredrag om sluttäckningsåtgärder för avfallsdeponier vid DEF-Waste avfallskonferens november 2011. Hotell Ekoxen, Linköping.

Naturvårdsverket, 2004: Deponering av avfall. Handbok 2004:2 med allmänna råd till förordningen (2001:512) om deponering av avfall och till 15 kap. 34 § miljöbalken (1998:808)

NIRAS, 2018: Åtgärdsförberedande utredning avseende PFAS-förorening på f.d. huvudbrand- och napalmövningsplatsen vid f.d. F18 Tullinge" (Forsvarsmakten/Miljö-provningseenheten FM2016-9188:11).

NIRAS 2019: Resultat. Avgränsning av PFAS-förorenad jord intill f.d. brandövningsplatsen vid f.d. F18 Tullinge. (Forsvarsmakten/Miljöprovningseenheten). FM 2016-9188:19. Datum: 2019-02-27.

Regenesis, 2017: Regenesis Announces Ground-Breaking PFAS (PFOA & PFOS) Contaminant Remediation Technology Applied Full-Scale. Pressmeddelande 2017-10-26).

SMHI, 1994: Sveriges vattenbalans 1961-1990.

Statens geotekniska institut, 2018: Klassning av förorenade jordmassor in situ - Information och råd. SGI 2018 – remissversion.

Svenska Geotekniska Föreningen, 1999: Tätskikt i mark. Vägledning för beställare, projektörer och entreprenörer. SGF rapport 1:99.

Svevia, 2017: Sanering brandövningsplats, Kv. Kungsljuset 3, Kalmar. 2017-12-21.

Swedavia, 2017: Miljörapport 2016, Stockholm Arlanda Airport. D 2017-01674

Åtgärdsportalen, 2018: www.atgardsportalen.se Huvudförfattare: Johan Helldén och Pär Elander. Redaktör/projektledare: Peter Harms Ringdahl. (Åtgärdsportalen administreras av Svenska Geotekniska Föreningen-SGF. Huvudfinansiärer är Naturvårdsverket, Trafikverket och Statens Geotekniska Institut. Samtliga metodbeskrivningar granskas av en referensgrupp bestående av deltagare från bl.a. Statens Geotekniska Institut, Naturvårdsverket och SGU.



5

Rapportering av pågående investeringsprojekt, lokalför- sörjning och fastighet (TEF/2019:64)

Förslag till beslut

Tekniska nämnden godkänner projektuppföljningen.

Ärendet

Tekniska förvaltningen ska regelbundet lämna en rapport över pågående investeringsprojekt.

Utifrån totala pågående investeringslistan redovisas tio stycken projekt närmare under nämndsammanträdet. Projekt som redovisas närmare avser Al-légården, Björkhaga skola, Björkhaga sporthall, Ekvägen, Falkbergsskolan, Hågelby, förskolan Opalen, Rödstu Hage, resurscenter Alhagsvägen och vård- och omsorgsboende i Vårsta.

Tekniska förvaltningen redogör för ärendet i en tjänsteskrivelse daterad 2019-09-12.



Referens
Frank Renebo

Mottagare
Tekniska nämnden

Rapportering av pågående investeringsprojekt, lokalförsörjning och fastighet (TEF/2019:64)

Förslag till beslut

Tekniska nämnden godkänner projektuppföljningen.

Ärendet

Enligt tidigare i nämnden beslutad process så redovisas de 10 mest aktuella projekten med samma presentation som för Ordförandebereidning/Investeringsberedningen.

Sammanställning av samtliga projekt bifogas ärendet.

Mikael Henning
Teknik- och fastighetsdirektör

Frank Renebo
Fastighetschef

Bilagor
Projektpresentation
Projektsammanställning

**DET HÄR ÄR
BOTKYRKA**



Statusrapport byggprojekt



Allégården

LANGT
IFRAN LAGOM

Projekt mål

Att med hjälp av anpassning och ombyggnation uppfylla arbetsmiljöverkets nya krav.

Uppdrag

Ombyggnation av Allégårdens vård- och omsorgsboende. I samband med detta ska en ökning från 52 till 60 platser ske.
(dnr: 2015:27)

Ekonomi

Investeringsbudget: 285 000 tkr
Utfall: 219 988 tkr
Investeringsprognos: 268 000 tkr

Rivnings-/förgäveskostnad 2019:
27 mkr

Risk/Utmaning

Befintlig byggnad var i sämre skick än beräknat.



Tid

Skede: Produktion
Slutbesiktning beräknad klar: 2019 oktober

Beställare

Vård- och omsorgsförvaltningen

Projektledare

Lars Cha

Bitr. projektledare

Gustavo Moreno

Entreprenör

In3prenör

Björkhaga skola

LANGT
IFRÅN LAGOM

Projekt mål

Att möta behovet av kommunala grundskoleplatser, som enligt befolkningsprognosen kommer att öka konstant fram till 2021.

Risk/Utmaning

Budget för rivning- och förgäveskostnad, finansiering via friutrymme.

Uppdrag

Renovering, upprustning, om- och nybyggnation av Björkhaga skola.
(dnr: 2017:194)



Beställare

Utbildningsförvaltningen

Projektledare

Lars Cha

Ekonomi

Investeringsbudget: 323 600 tkr
Utfall: 26 301 tkr
Investeringsprognos: 323 600 tkr

Rivning-/förgäveskostnad 2020:
10 mkr avseende rivning och 10 mkr
avseende förgäveskostnader.

Tid

Skede: Projektet är pausat i väntan på vidare instruktioner från utbildningsförvaltningen kring elevantal. Behov av antal elever kan tas fram av UF när det står klart huruvida Jensen får bedriva skolverksamhet eller ej. Minst antal elever 600, som mest 891 enligt ursprungsbeställning.

Slutbesiktning beräknad klar: 2023+
Tidplan ses över, ej klar i dagsläget.

Björkhaga sporthall, nyetablering

LÅNGT
IFRÅN LAGOM

Projekt­mål

Att möta behovet av idrottsanläggningar.

Uppdrag

Nybyggnation av sporthall

Ekonomi

Investeringsbudget: 68 700 tkr

Utfall: 16 tkr

Investeringsprognos: 68 700 tkr

Risk/­Utmaning

För att arbetet med sporthallen ska kunna påbörjas måste delar av Björkhaga skola rivas. Därför påverkas tidplanen av hur projektet för skolan fortlöper.



Tid

Skede: Se Björkhaga skola

Slutbesiktning beräknad klar: 2022

Beställare

Kultur- och fritidsförvaltningen

Projektledare

Lars Cha

Ekvägen upprustning

LANGT
IFRÅN LAGOM

Projekt mål

Ett kontorshus med god arbetsmiljö och som möter de behov som verksamheten har.

Risk/Utmaning

Kostnad för sanering kan uppkomma, miljöinventering pågår.

Budget för rivning- och förgäveskostnad, finansiering i friutrymme.

Risk för egen avdelning/planlösning för VA avdelning. Direktiv som gör att öppna landskap inte fungerar. Ingår ej i 7mkr TB.

Uppdrag

Det befintliga kontorshuset ska ersättas med ett nytt.



Beställare

Tekniska förvaltningen

Projektledare

Gustavo Moreno

Ekonomi

Investeringsbudget: 40 000 tkr

Utfall: 1 307 tkr

Investeringsprognos: 47 000 kr

Ansökan om tilläggsbudget, 7 mkr, har tagits upp i mål och budget 2020.

Anledning till den beräknade ökningen av kostnad är att ytan ökas med ca 600 kvm och nya funktioner som städserviceinstallation har tillkommit. I dagsläget finns det 30 arbetsplatser och med den planerade 1800 kvm kommer det att rymmas 50 arbetsplatser. Konferensrum, som för tillfället hyrs i en separat byggnad, kommer även det att inrymmas i den nya byggnaden.

Rivnings-/förgäveskostnad 2019:

1 000 tkr

Tid

Skede: Projektering

Slutbesiktning beräknad klar: 2020

2021 kvartal 1

Falkbergsskolan

LANGT
IFRÅN LAGOM

Projekt mål

En god skol- och arbetsmiljö för elever och anställda på Falkbergsskolan.

Uppdrag

Evakuering och nybyggnation av Falkbergsskolan. Skolan beräknas ha skolplatser för 450 elever. (dnr:2017:90)

Ekonomi

Investeringsbudget: 197 000 tkr
Utfall: 25 675 tkr
Investeringsprognos: 197 000 tkr

Risk/Utmaning

Budget för rivning- och förgäveskostnad, finansiering via friutrymme.



Rivning-/förgäveskostnad 2019: 6 000 tkr

Tillkommande rivningskostnad 2020 om ca 14 000 tkr

Tid

Skede: Upphandling
Verksamheten har flyttat in i paviljongerna.

Tidplan:

24 sep: Tilldelningsbeslut

2021 HT: Inflyttning verksamhet

Beställare

Utbildningsförvaltningen

Projektledare

Suzan Baraya

Bitr. projektledare

Kenneth Aspemo



Hågelby upprustning

LANGT
IFRÅN LAGOM

Projekt mål

Att återställa berörda delar av gården till gott skick.

Uppdrag

Underhåll och upprustning av Hågelby gård.

Ekonomi

Investeringsbudget: 105 000 tkr
Utfall: 4 663 tkr
Investeringsprognos: 105 000 tkr

Risk/Utmaning

Ett komplicerat projekt med kulturvärde som ska beaktas och bevaras.



Beställare

Tekniska förvaltningen

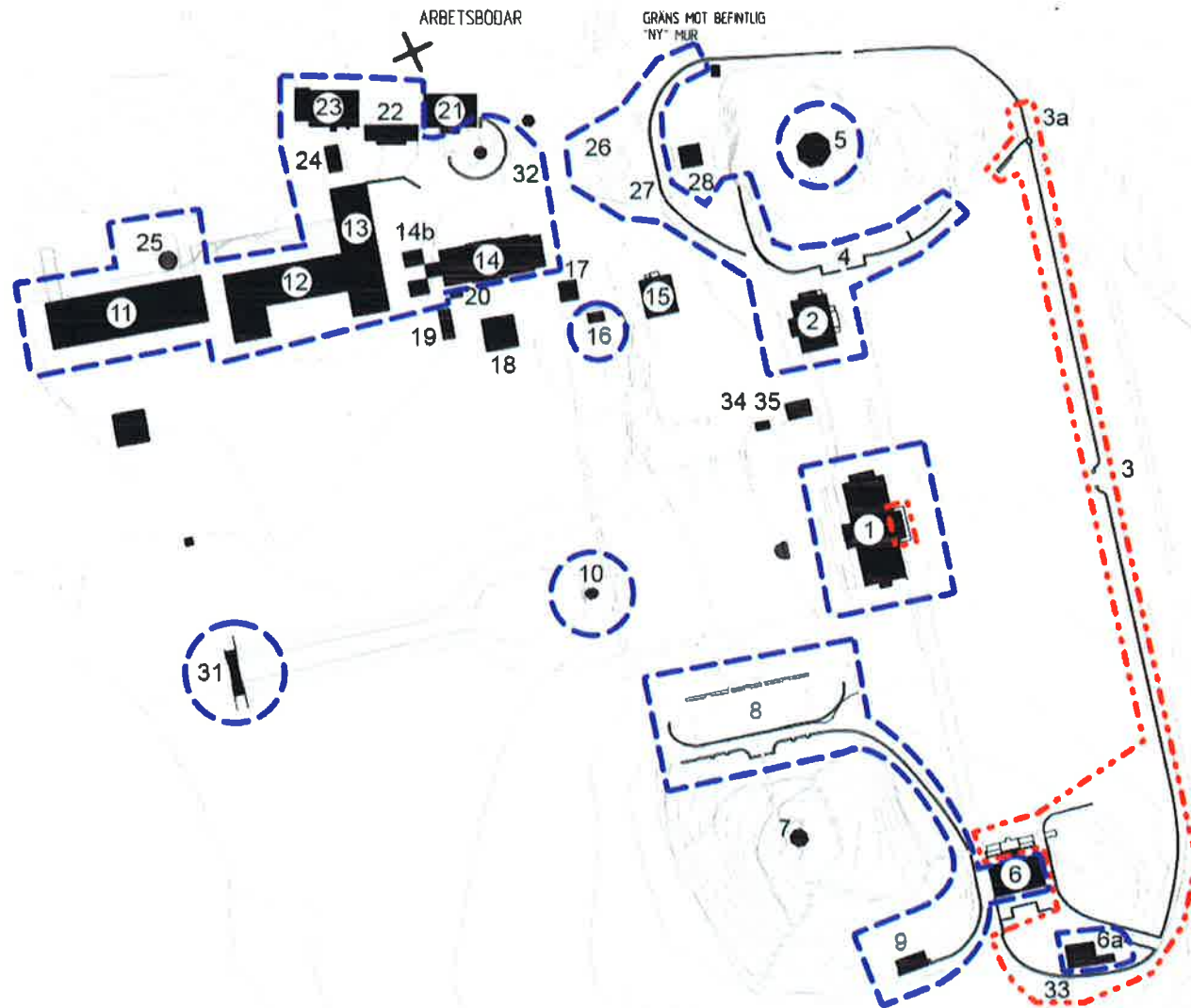
Projektledare

Jakob Grigoriadis

Tid

Skede: Produktion av etapp 1 och projektering av resterande delar pågår.

Slutbesiktning beräknad klar: 2022/2023, på grund av ökad omfattning av projektet.



- - - OMFATTNING ENTREPRENAD, ETAPP 1
- - - OMFATTNING ENTREPRENAD, ETAPP 2



Projekt mål

Att säkra en god arbetsmiljö för både barn och anställda och att med hjälp av kapacitetsökningen från 130 till 180 barn, även trygga framtida förskoleplatser i området.

Uppdrag

Rivning och nybyggnation av förskola.
(dnr: 2015:148)

Ekonomi

Investeringsbudget: 75 000 tkr
Utfall: 37 126 tkr
Investeringsprognos: 75 000 tkr

Risk/Utmaning



Tid

Skede: Produktion
Slutbesiktning beräknad klar: 2019
HT (verksamhetsstart 2020 VT)

Beställare

Utbildningsförvaltningen

Projektledare

Jakob Grigoriadis

Entreprenör

Lehto

Detaljplan: Antagen (Plan 11-32 LK
20170707)

Rödstu Hage

LANGT
IFRÅN LAGOM

Projektmål

Rödstu Hage ska vara en välfungerande idrottsplats för skolor, allmänhet och föreningsliv.

Risk/Utmaning

Vid en kompletterande geoteknisk undersökning konstateras att pålning behövs för servicehuset, därav ökning av budget med 2 mkr.

Den kompletterande undersökningen utfördes då den tidigare inte gjordes just på den plats där byggnaden planeras stå och man ville säkerställa markens egenskaper.

Då tilläggsbudget är under 5% av total budget kommer detta ej att tillägsäskas.

Uppdrag

Upprustning och modernisering av idrottsanläggning, med bland annat en 360 meters friidrottsanläggning med hopp och ansatsbanor.



Beställare

Kultur- och fritidsförvaltningen

Projektledare

Kenneth Jansson

Entreprenör

Byggnad: Byggteknik i Tumba AB.

Mark: Unisport AB

Ekonomi

Investeringsbudget: 43 000 tkr

Utfall: 25 413 tkr

Investeringsprognos: 45 000 tkr

Tilläggsbudget: 2 mkr

Rivning-/förgäveskostnad 2019:
500 tkr

Tid

Skede: Produktion

Byggnad klar slutet 2019

Besiktning början 2020

Markarbeten klara 2020

Projekt mål

Lokaler som möter verksamhetens behov och där risk för skador för både arbetstagare och personal minimeras.

Risk/Utmaning

Hitta lämplig evakueringstomt, förslag Albyskolans tomt.

Uppdrag

Nybyggnation av två separata resurscenter på Näktergalens befintliga tomt.



Beställare

Arbetsmarknad- och vuxenutbildningsförvaltningen

Projektledare

Lars Cha

Ekonomi

Investeringsbudget: 33 000 tkr

Utfall: 1 319 tkr

Investeringsprognos: 33 000 tkr

Tid

Skede: Projektering gällande DP och bygglov

Slutbesiktning beräknad klar: Sluttid ej fastställd

I mål och budget 2020 har projekten Resurscenter Alby Gård och Resurscenter Alhagsvägen 97 (ej startat) slagits ihop till ett projekt. Nytt namn för projektet kommer att bli Resurscenter Alhagsvägen.

Projekt mål

Att möta behovet av gruppboende i och med den demografiska utvecklingen.

Uppdrag

Nybyggnation av vård- och omsorgsboende med 60 platser.
(dnr: 2016:160)

Ekonomi

Investeringsbudget: 148 000 tkr
Utfall: 231 tkr
Investeringsprognos: 148 000 tkr

Risk/Utmaning

Utmaning att samordna med förskolebyggnad på samma tomt.



Tid

Skede: Framtagning av förfrågningsunderlag
Slutbesiktning beräknad klar: 2021 kvartal 4

Beställare

Vård- och omsorgsförvaltningen

Projektledare

Suzan Baraya

Bitr. projektledare

Kenneth Jansson

Detaljplan: Antagen (Plan 71-05 LK 20180824)



Förvaltning	Typ av objekt	Geografiskt område	Projektnamn	Ny/ombyggnad	Budget (tkr)	Skede
VOF	VoO boende	Tumba	Allégården	Ombyggnad	285 000	Produktion
AVUX	Övrigt	Hallunda - Norsborg	Annexet Brunnaskolan	Nybyggnad	50 000	Ej startat
UF	Grundskola	Tumba	Anpassning träningsår	Ombyggnad	46 800	Produktion
UF	Grundskola	Tullinge	Banslättskolans paviljonger	Tillbyggnad	70 000	Bygglov
KOF	Bibliotek	Tullinge	Bibliotek i Tullinge	Nybyggnad	57 000	Ej startat
UF	Grundskola	Tumba	Björkhaga skola	Ombyggnad/nybyggnad	323 600	Pausat
KOF	Sportanläggning	Tumba	Björkhaga sporthall, nyetablering	Nybyggnad	68 700	Pausat
SOC	Soc boende		Boende komplexa vårdbehov	Nybyggnad	26 204	Utredning
UF	Grundskola	Hallunda - Norsborg	Borgskolan	Nybyggnad	279 000	Ej startat
KOF	Sportanläggning	Hallunda - Norsborg	Botkyrka Cricketanläggning	Nybyggnad	6 500	Avtalsskrivning
KOF	Sportanläggning	Tumba	Broängens sporthall, modernisering	Ombyggnad	26 000	Produktion
TEF	Kontor	Tumba	Ekvägen upprustning	Nybyggnad	40 000	Förfrågningsunderlag
UF	Grundskola	Tullinge	Falkbergsskolan	Nybyggnad	197 000	Upphandling
UF	Övrigt	Fittja	Fittja hemkunskapsalar	Ombyggnation	3 000	Projektering
KOF	Fritidsklubb	Hallunda - Norsborg	Fritidsklubben Gulan	Ombyggnad	10 046	Ej startat
UF	Förskola	Alby	Förskola Albyberget	Nybyggnad	72 900	Ej startat
UF	Förskola	Tumba	Förskola Ametisten	Nybyggnad	78 100	Ej startat
UF	Förskola	Hallunda och Norsborg	Förskola Anemonen	Nybyggnad	73 700	Ej startat
UF	Förskola	Hallunda - Norsborg	Förskola Aspen	Nybyggnad	76 700	Ej startat
UF	Förskola	Tumba	Förskola Björkbacken	Nybyggnad	64 800	Ej startat
UF	Förskola	Hallunda - Norsborg	Förskola Hallunda gård	Nybyggnad	68 040	Ej startat
UF	Förskola	Tumba	Förskola Kungstjärnan	Nybyggnad	76 100	Ej startat
UF	Förskola	Fittja	Förskola Myran	Nybyggnad	75 500	Ej startat
UF	Förskola	Alby	Förskola Måsen	Nybyggnad	85 125	Projektering
UF	Förskola	Hallunda - Norsborg	Förskola Prästviken	Nybyggnad	63 800	Ej startat
UF	Förskola	Riksten	Förskola Riksten nr 3-Vega	Nybyggnad	75 678	Ej startat
UF	Förskola	Riksten	Förskola Riksten nr. 4	Nybyggnad	67 700	Ej startat
UF	Förskola	Riksten	Förskola Riksten nr.5	Nybyggnad	71 000	Ej startat
UF	Förskola	Hallunda - Norsborg	Förskola Slagsta strand	Nybyggnad	64 800	Ej startat
UF	Förskola	Vårsta	Förskola Slättmalm	Nybyggnad	86 400	Ej startat
UF	Förskola	Alby	Förskola Staren	Nybyggnad	77 700	Ej startat
UF	Förskola	Alby	Förskola Svalan	Nybyggnad	78 500	Ej startat
UF	Förskola	Fittja	Förskola Tallen	Nybyggnad	77 000	Ej startat
UF	Förskola	Hallunda - Norsborg	Förskola Örtagården	Nybyggnad	75 800	Ej startat
UF	Grundskola	Norsborg / Alby	Grindtorps- och Kvarnhagsskolan	Tillbyggnad	39 400	Ej startat

VOF	Gruppboende LSS	Tumba	Gruppboende Sandstugan	Nybyggnad	26 000	Projektering/produktion
VOF	Gruppboende LSS	Vårsta	Gruppboende Slättmalm	Nybyggnad	28 000	Ej startat
VOF	Gruppboende LSS		Gruppboende LSS B	Nybyggnad	28 000	Ej startat
VOF	Gruppboende LSS		Gruppboende LSS C	Nybyggnad	28 000	Ej startat
VOF	Gruppboende LSS		Gruppboende LSS D	Nybyggnad	28 000	Ej startat
VOF	Gruppboende LSS		Gruppboende LSS E	Nybyggnad	28 000	Ej startat
VOF	Gruppboende LSS		Gruppboende LSS F	Nybyggnad	28 000	Ej startat
VOF	Gruppboende LSS		Gruppboende LSS G	Nybyggnad	28 000	Ej startat
UF	Förskola	Hallunda - Norsborg	Gullvivans förskola	Nybyggnad	75 000	Projektering
UBAB	Övrigt	Tumba	Hågelby upprustning	Ombyggnad	105 000	Projektering/produktion
TEF	Övrigt	Tumba	Investeringar Hågelbyparken AB	Ombyggnad	1 000	Ej startat
TEF	Övrigt		Investeringar Upplev Botkyrka AB	Ombyggnad	1 800	Ej startat
KOF	Sportanläggning	Hallunda - Norsborg	Kultur- fritids- och idrottslokaler i nya Hallundaskolan	Nybyggnad	113 000	Pausat
UF	Förskola	Tumba	Köksombyggnad från 2017 Björkstugan	Ombyggnad	8 000	Upphandling avbruten
UF	Förskola	Tullinge	Köksombyggnad från 2017 Karlavagnen	Ombyggnad	8 000	Upphandling avbruten
UF	Grundskola	Tullinge	Köksombyggnad från 2018 Eklidaskolan	Ombyggnad	9 500	Produktion
SOC	Soc boende	Alby	Lägenheter Näktergalen (Resurscenter)	Nybyggnad	11 000	Ej startat
KOF	Övrigt	Tumba	Mötesplats Hogslaby och 4H	Ombyggnad		Ej startat
KOF	Fritidsklubb	Riksten	Ny fritidsklubb/fritidsgård Riksten	Nybyggnad	14 400	Ej startat
UF	Grundskola	Hallunda - Norsborg	Nya Hallundaskolan	Nybyggnad	236 288	Pausat
KS	Kontor	Tumba	Nytt kommunhus	Nybyggnad	645 000	Inväntar nytt uppdrag
UF	Förskola	Tumba	Opalen	Nybyggnad	75 000	Produktion
UF	Gymnasium	Tumba	Paviljonger skyttbrink	Tillfälliga paviljonger	2 000	Förfrågningsunderlag
UF	Förskolor		Ramavtalsupphandling förskolor		14 200	Projektering
AVUX	Resurscenter	Hallunda - Norsborg	Resurscenter Alby Gård	Ombyggnad	33 000	Projektering DP och bygglov
AVUX	Resurscenter	Alby	Resurscenter Alhagsvägen 97	Nybyggnad	34 000	Ej startat
AVUX	Evakueringslokal	Fittja	Resurscenter evakueringslokal Alby Gård	Tillfälliga paviljonger	11 000	Utredning DP
KOF	Ridanläggning	Tumba	Ridanläggning Skrefsta	Ombyggnad	20 000	Projektering/produktion
TEF	Teater	Hallunda - Norsborg	Riksteatern		10 000	Ej startat
KOF	Sportanläggning	Uttran	Rödstu Hage	Ombyggnad	43 000	Produktion
VOF	VoO boende	Tumba	Silverkronan ersättning	Ombyggnad	25 812	Utredning
UF	Grundskola	Riksten	Skola Riksten nr 2	Nybyggnad	398 500	Ej startat
KS	Skyddsrum	Tumba	Skyddsrum under Björkhagaskolan	Nybyggnad	10 000	Ej startat
KS	Skyddsrum	Tullinge	Skyddsrum under Falkbergskolan	Nybyggnad	31 000	Upphandling
SOC	Soc boende	Vårsta	Socialpsykiatriskt boende Slättmalm	Nybyggnad	81 600	Ej startat
KOF	Sportanläggning	Riksten	Sporthall och idrottsytor Riksten	Nybyggnad	77 000	Ej startat
KOF	Bibliotek	Tumba	Tumba bibliotek	Ombyggnad	12 000	Ej startat
SOC	Övrigt	Tumba	Tumba Torg nybyggnation	Nybyggnad	56 500	Ej startat
SOC	Övrigt	Tumba	Tumba Torg, anpassning lokaler	Ombyggnad	4 500	Ej startat
KOF	Sportanläggning	Hallunda - Norsborg	Upprustning Kärsby sporthall	Ombyggnad	23 400	Projektering

UF	Förskola	Hallunda - Norsborg	Vallmons förskola	Nybyggnad	75 000	Produktion
VOF	VoO boende		Vård- och omsorgsboende	Nybyggnad	148 000	Ej startat
VOF	VoO boende	Vårsta	Vård- och omsorgsboende i Vårsta	Nybyggnad	148 000	Förfrågningsunderlag



6

Uppdrag - Utred behov av staket vid Borgskolan, Hallunda (TEF/2019:85)

Förslag till beslut

Tekniska nämnden har tagit del av informationen.

Ärendet

Tekniska nämnden behandlade på sitt möte den 18 mars 2019, § 23, ett medborgarförslag med önskemål om uppsättning av ett staket vid Borgskolan. Detta med hänvisning till att olaga trafik med mopeder förekom på gång- och cykelvägen norr om Borgskolan.

Tekniska nämnden gav tekniska förvaltningen i uppdrag att under 2019 utreda möjligheterna att sätta upp staket på Borgskolans norra sida.

Förvaltningen har utrett frågan som resulterat i att ett staket har satts upp på Borgskolans norra gräns mot gång- och cykelvägen.

Tekniska förvaltningen redogör för ärendet i tjänsteskrivelse 2019-09-05.



Referens
Annelie Svanold

Mottagare
Tekniska nämnden

Uppdrag – Utred behov av staket vid Borgskolan, Hallunda (TEF/2019:85)

Förslag till beslut

Tekniska nämnden har tagit del av informationen.

Ärendet

Tekniska nämnden behandlade på sitt möte den 18 mars 2019, § 23, ett medborgarförslag med önskemål om uppsättning av ett staket vid Borgskolan. Detta med hänvisning till att olaga trafik med mopeder förekom på gång- och cykelvägen norr om Borgskolan.

Tekniska nämnden gav tekniska förvaltningen i uppdrag att under 2019 utreda möjligheterna att sätta upp staket på Borgskolans norra sida.

Tekniska förvaltningen har utrett frågan som resulterat i att ett staket har satts upp på Borgskolans norra gräns mot gång- och cykelvägen.

Mikael Henning
Teknik- och fastighetsdirektör

Frank Renebo
Fastighetschef



7

**Anmälningsärenden (TEF/2019:212, TEF/2019:211,
TEF/2018:302)**

Förslag till beslut

Tekniska nämnden har tagit del av anmälda handlingar.

Handlingar

Kommunstyrelsens protokollsutdrag 2019-09-02, § 149, kompetensfonden –
Förslag till fördelning 2020. (TEF/2019:211)

Kommunstyrelsens protokollsutdrag 2019-09-02, § 150, riktlinjer för kom-
petensförsörjningsplanering. (TEF/2018:302)

Förslag till detaljplan för Posthagen 1, Fittja, Botkyrka kommun.
(TEF/2019:212)

**§ 149****Kompetensfonden - Förslag till fördelning 2020
(KS/2019:321)****Beslut**

1. Ärendet överlämnas till kommunstyrelsens budgetberedning för fortsatt beredning i arbetet med Mål och budget 2020 med flerårsplan 2021–2023.
2. Kommunstyrelsens budgetberedning föreslås beakta möjligheten att avsätta 10 miljoner kronor årligen för 2020–2023 för kompetensutvecklingsinsatser.
3. Övriga nämnder anmodas att ta hänsyn till att kommunens budgetbeslut är ettåriga, nämnderna bör därför planera sitt kompetensförsörjningsarbete därefter.
4. Kommunstyrelsen godkänner att nämnderna ges möjlighet att vid behov prioritera andra nödvändiga insatser än de föreslagna förutsatt att dessa ligger i linje med dessa insatser.

Reservation

Samtliga ledamöter för (SD) reserverar sig mot beslutet till förmån för eget yrkande.

Sammanfattning

En sammanhållen beredningsprocess för kommunens övergripande kompetensförsörjning antogs av kommunstyrelsen 2017-10-09, § 202. Syftet med att inrätta en sådan sammanhållen beredningsprocess var att effektivisera flera parallella processer och möjliggöra att prioriteringar och beslut sker i ett större sammanhang.

I mål- och budgetprocessen kan särskilda medel avsättas för senare fördelning eller som inteckningar för en längre period, tex finansiering av kompe-

2019-09-02

Dnr KS/2019:321

tensutveckling som sträcker sig över en längre tid än ett år. Beslutet om uppräknig av ram för kompetensutvecklingsinsatser är indikativt och kan vid behov omprioriteras.

Nämnderna har i mål- och budgetarbetet 2019–2022 tagit fram kompetensförsörjningsplaner som lyfter nämndernas utmaningar och behov för kommande fyraårsperiod.

Utskottet Botkyrka som organisation behandlade ärendet 2019-06-17, § 22.

Kommunledningsförvaltningen redogör för ärendet i tjänsteskrivelse 2019-05-03.

Yrkanden

Ebba Östlin (S) yrkar avslag på (SD) ändringsyrkande.
Martin Ingot (SD) lämnar ett ändringsyrkande, bilaga.

Propositionsordning

Kommunstyrelsens ordförande ställer (SD) ändringsyrkande mot avslag och finner att kommunstyrelsen avslår ändringsyrkandet. Därefter ställer ordföranden ordförandeförslaget under proposition och finner att kommunstyrelsen beslutar i enlighet med ordförandeförslaget.

Expedieras till:
Samtliga nämnder
Controller Annette Ödalen, kommunledningsförvaltningen



Kommunstyrelsen

2019-09-02

Ändringsyrkande

Kompetensfonden - Förslag till fördelning 2020

Politik handlar om prioriteringar. Sverigedemokraterna anser att socialförvaltningens HBTQ-certifiering inte är en prioritering som kommunen bör göra i dagsläget. I förslaget står det även att *"nämnderna ges möjlighet att vid behov prioritera andra nödvändiga insatser än de föreslagna förutsatt att dessa ligger i linje med dessa insatser"*. Vidare har inga rapporter om hatbrott mot HBTQ-personer inom varken socialförvaltningen.

Språkutbildning är en mycket viktig del för att kunna få lära sig det svenska språket. Utan kunskaper i svenska språket är det svårt att fullt ut kunna ta del av det svenska samhälls- och kulturlivet, vilket i sin tur leder till segregation och utanförskap. Det är därför extra viktigt att språkutbildning som fyller en mycket viktig samhällsfunktion prioriteras över en HBTQ-certifiering som i detta fall måste ses som symbolpolitik.

Med hänvisning till ovanstående föreslås kommunstyrelsen besluta:

- **Att** ändra budgeterade summan för socialförvaltningens HBTQ-certifiering från 2 500 tkr till 0 kr.
- **Att** fördela summan på 2 500 tkr till förstärkt språkutbildning inom vård- och omsorgsförvaltningen och utbildningsförvaltningen.

För Sverigedemokraterna Botkyrka

Martin Ingot



2019-05-03

Dnr KS/2019:321

Referens
Anna Pegel

Mottagare
Utskottet Botkyrka som organisation
Kommunstyrelsen

Kompetensfonden, förslag till fördelning 2020

Förslag till beslut

Utskottet Botkyrka som organisations förslag till kommunstyrelsen;

1. Ärendet överlämnas till kommunstyrelsens budgetberedning för fortsatt beredning i arbetet med Mål och budget 2020 med flerårsplan 2021–2023.
2. Kommunstyrelsens budgetberedning föreslås beakta möjligheten att avsätta 10 miljoner kronor årligen för 2020–2023 för kompetensutvecklingsinsatser.
3. Övriga nämnder anmodas att ta hänsyn till att kommunens budgetbeslut är ettåriga, nämnderna bör därför planera sitt kompetensförsörjningsarbete därefter.
4. Kommunstyrelsen godkänner att nämnderna ges möjlighet att vid behov prioritera andra nödvändiga insatser än de föreslagna förutsatt att dessa ligger i linje med dessa insatser.

Sammanfattning

En sammanhållen beredningsprocess för kommunens övergripande kompetensförsörjning antogs av kommunstyrelsen 2017-10-09, § 202.

Syftet med att inrätta en sådan sammanhållen beredningsprocess var att effektivisera flera parallella processer och möjliggöra att prioriteringar och beslut sker i ett större sammanhang.

I mål- och budgetprocessen kan särskilda medel avsättas för senare fördelning eller som in-teckningar för en längre period, tex finansiering av kompetensutveckling som sträcker sig över en längre tid än ett år. Beslutet om uppräknig av ram för kompetensutvecklingsinsatser är indikativt och kan vid behov omprioriteras.

Nämnderna har i mål- och budgetarbetet 2019–2022 tagit fram kompetensförsörjningsplaner som lyfter nämndernas utmaningar och behov för kommande fyraårsperiod, se nedan.

2019-05-03

Dnr KS/2019:321

Behov av särskilda lönesatsningar utifrån kompetensförsörjningsplanerna bereds i separat tjänsteskrivelse.

Ärendet

I nämndernas prioriteringar av kompetensutvecklingsmedel har tre förvaltningar redovisat behov utöver ram för en fyraårsperiod, 2019–2022:

Vård- och omsorgsförvaltningen: **13 926 000 kronor.**

Utbildningsförvaltningen: **21 415 000 kronor.**

Socialförvaltningen: **17 750 000 kronor.**

Totalt: 53 091 000 kronor.

Bakgrund

Kommunfullmäktige har sedan 2011 en kompetensfond där det årligen är avsätts medel för kompetensutveckling för särskilda behov. Dessa medel kan omprioriteras i budgetarbetet.

En ny riktlinje för kompetensfonden har tagits fram och ersätter den tidigare riktlinjen från 2011, Dnr KS/ 2011:141. Fondens syfte är att finansiera olika kompetensutvecklingsinsatser i form av kompetenshöjning, fortbildning och andra insatser som stöd för utveckling av olika yrkesgrupper inom kommunen. Fonden ersätter inte nämndernas ansvar för löpande kompetensutveckling för sin personal.

Sammanställning av nämndernas behov utöver ram

Vård- och omsorgsförvaltningen

2019–2022

- Formell kompetens: 12 265 000 kronor.
- Språkutbildning: 1 661 000 kronor.

Totalt: 13 926 000 kronor för 2019–2022.

2019-05-03

Dnr KS/2019:321

Utbildningsförvaltningen

2019–2022

- Erfarenhetsbaserad utbildning för förskolelärare: 5 600 000 kronor.
- Erfarenhetsbaserad utbildning för grundlärare med inriktning fritidshem: 2 800 000 kronor.
- Lärarlyftet: 3 840 000 kronor.
- VAL: 1 440 000 kronor.
- Speciallärarutbildning: 3 040 000 kronor.
- Barnskötarutbildning: 1 720 000 kronor.

2019–2020

- Språkutveckling- personal i förskola: 800 000 kronor.
- Kvalificerad barnskötare nivå tre: 760 000 kronor.

2019

- Universitetskurser 7,5 hp för personal inom förskola: 415 000 kronor.

Totalt: 20 415 000 kronor för 2019–2022.

Socialförvaltningen

2019–2022

- Uppdragsutbildningar Socialnämnden: 4 000 000 kronor.
- Systematiska uppföljningar: 4 000 000 kronor.
- IBIC- verktyg: 5 000 000 kronor.
- IBIC- vikarie och utbildningsmedel: 2 000 000 kronor.
- HBTQ- certifiering: 2 500 000 kronor.
- Kompetensutveckling- utredning, handläggning och utförande: 250 000 kronor.

Totalt: 17 750 000 kronor för 2019–2022.

(Se bilaga för mer detaljerad information av nämndernas behov över budgetram).

Kommunledningsförvaltningens bedömning

Kompetensutveckling är en viktig del i kommunens totala kompetensförsörjning. En effektiv organisation kräver rätt kompetens och under de kommande åren är det av vikt att stärka kompetensutvecklingen i Botkyrka

2019-05-03

Dnr KS/2019:321

kommun. Liksom andra kommuner har Botkyrka en utmaning i att attrahera, behålla och utveckla medarbetare. En viktig framgångsfaktor för kommunen är att ha en god och långsiktig planering för kompetensutveckling för att kunna ta vår roll som möjliggörare för Botkyrkaborna. Långsiktigheten ligger i förslaget att föreslå medel för en fyraårsperiod med nämndernas kompetensförsörjningsplaner som grund då dessa belyser behoven idag och fort-löpande.

Kommunledningsförvaltningen föreslår, med utgångspunkt i lagkrav, redovisade behov och bristyrken, att nedan redovisade behov av medel tas hänsyn till i budgetramen för nedanstående förvaltningar:

Vård- och omsorgsförvaltningen: 14 000 000 kronor (3 500 000 kronor per år 2019–2022).

Medlen föreslås beviljas för samtliga ansökta insatser och disponeras fritt mellan beviljade insatser.

Utbildningsförvaltningen: 16 000 000 kronor (4 000 000 kronor per år 2019–2022).

Medlen föreslås beviljas för samtliga ansökta insatser och disponeras fritt mellan beviljade insatser.

Socialförvaltningen: 10 000 000 kronor (2 500 000 kronor per år 2019–2022).

Medlen föreslås beviljas för samtliga ansökta insatser förutom ”Kompetensutveckling- utredning, handläggning och utförande” då detta bör täckas av ordinarie budget. Resterande föreslås disponeras fritt mellan beviljade insatser.

Leif Eriksson
Kommundirektör

Ingrid Wibom
HR-direktör

Bilagor

1. Sammanställning över förvaltningarnas behov av kompetensutveckling över budgetram 2019–2022.

Expedieras till:
Kommunstyrelsens budgetberedning
Samtliga nämnder



2019-05-03

Kompetensutveckling - behov utöver ram, mål och budget 2019–2022

Totalsumma för särskilda behov utöver ram:

Vård- och utbildningsförvaltningen: **13 926 000 kronor.**

Utbildningsförvaltningen: **21 415 000 kronor.**

Socialförvaltningen: **17 750 000 kronor.**

Totalt: 53 091 000 kronor.

Sammanställning över särskilda behov av kompetensutveckling, enskild förvaltning/nämnd

Vård och omsorgsförvaltningen

Fortsatt ökad insats för formell kompetens

Kostnaden som redovisas här bygger på att 50 medarbetare är klara med 1400 gymnasiepoäng som kostar oss 21,17 kr st. samt vikariekostnad för dagen de är i skolan under dessa utbildningsveckor.

Poängkostnader (1400 poäng*21,17 kr*50 deltagare)	1 482 000 kr
--	--------------

Vikariekostnad vid utbildning inkl. PO (209 kr*4,5 tim.*50 veckor*50 deltagare)	2 351 000 kr
--	--------------

Kostnad utbildning formell kompetens 2019	3 833 000 kr
Kostnad kommande fyraårsperiod *	12 265 600 kr

*räknat på 160 st. som inte har formell kompetens

Språkutbildning

Kostnaden som redovisas här gäller språkutbildning via SVOK där kostnaden är 21,17 per poäng och utbildningen på 200 poäng per person. Avser ca 30 medarbetare som behöver utbildningen och att ca 10 st. kan utbildas per år. Tidsåtgången kommer att vara ca 40 timmar för 200 poäng.

Poängkostnader	127 000 kr
----------------	------------

(200 poäng*21,17 kr*30 deltagare)

Vikariekostnad vid utbildning inkl. PO 251 000 kr
(209 kr*1 h*40 veckor*30 deltagare)

Kostnaden för språkutbildning via Avux/SFI är något dyrare. De ska studera 4 h/v under ett läsår, ca 42 veckor. Avser ca 30 medarbetare. som behöver utbildningen och att ca 15 st. kan utbildas per år.

Utbildningskostnader 230 000 kr
(20 % av en heltidslärlön inkl. PO under två år)
Vikariekostnad vid utbildning inkl. PO 1 053 000 kr
(209 kr*4 h*42 veckor*30 deltagare)

Kostnad språkutbildning 2019 768 000 kr
Kostnad kommande fyraårsperiod 1 661 000 kr

Utbildningsförvaltningen

Erfarenhetsbaserad utbildning till förskollärare

Barnskötare med tillsvidareanställning i förskola ges möjlighet att utbilda sig till förskollärare. Utbildningen är på 210 hp. Utifrån att förskollärare är ett brytstyre ser man att det finns anledning att satsa på att vidareutbilda den personal som redan idag är anställda, men som saknar förskollärlägitimation för att öka andelen förskollärare.

Förväntat antal deltagare: 20 medarbetare årligen (70tkr per deltagare)

Kostnad 2019: 1 400 tkr

Kostnad 2020–2022: 4 200 tkr

Erfarenhetsbaserad utbildning till grundlärare med inriktning mot fritidshem

Barnskötare på fritidshem ges möjlighet att studera till grundlärare med inriktning mot fritidshem. Andel behöriga fritidspedagoger är idag 25%.¹ Utbildningen är på 180 hp.

¹ KOLL 2017

Förväntat antal deltagare: 10 deltagare som läser parallellt på olika nivåer.

Kostnad 2019: 700 tkr

Kostnad 2020–2022: 2 100 tkr

Läraryftet II

Detta är en utbildning som vänder sig till legitimerade lärare som undervisar i ämnen de inte är behöriga att undervisa i. 2021 träder nya behörighetsregler in för undervisning i särskola. Via läraryftet kan legitimerad lärare som undervisar i särskolan kunna läsa in specialpedagogik och på så sätt skaffa sig behörighet att undervisa i nämnda skolformer.

Förväntat antal deltagare: Ca 16 deltagare som läser parallellt på olika nivåer.

Kostnad 2019: 960 tkr

Kostnad 2020–2022: 2 880 tkr

VAL

Detta är en utbildning som erbjuder validering och utbildning av tillsvidareanställda lärare som saknar examen och endast har 30 hp kvar på sin utbildning.

Förväntat antal deltagare: 6 deltagare årligen som sammanlagt läser 180 hp.

Kostnad 2019: 360 tkr

Kostnad 2020–2022: 1 080 tkr

Speciallärarutbildning

Från år 2021 kommer det krävas att man är legitimerad lärare med specialpedagogisk kompetens för att få undervisa på särskolan. Med anledning av detta är lärare anställda inom denna skolform en grupp som bör prioriteras i kommande satsningar. Via Statsbidrag från skolverket finns möjlighet att få ersättning för 70 % av kostnaderna om en lärare bibehåller 80% av lönen. Medel över budgetram behövs för att täcka upp den återstående del av lönen som huvudmannen betalar.

Förväntat antal deltagare: 5 medarbetare under 2019.

Kostnad 2019: 760 tkr

Kostnad 2020–2022: 2 280 tkr

Barnskötarutbildning

Idag saknar 40 procent av våra barnskötare barnskötarutbildning. Som ett led i

att höja lägstanivån bland gruppen barnskötare i förskolan som är tillsvidareanställda i våra verksamheter, önskar förvaltningen erbjuda möjlighet för denna yrkeskategoris validering och utbildning mot barnskötarkompetens, 800 gymnasiepoäng. Förväntat antal deltagare: 15 deltagare årligen.

Kostnad 2019: 430 tkr

Kostnad 2020–2022: 1 290 tkr

Språkutveckling för personalen inom förskolan

Inom förskolan finns behov av att höja medarbetares språkkunskaper i svenska. Här ser UF möjligheter till samarbete med Avux kring utbildning inom området.

Kostnad 2019: 400 tkr

Kostnad 2020: 400 tkr

Utbildning för kvalificerade barnskötare (nivå tre)

UF ser ett behov av kompetensutveckling av de barnskötare som kommer att ingå i den högsta nivån av barnskötare (nivå 3). Inom området finns uppdragsutbildningar med en ungefärlig omfattning på ca 8-10 dagar per år. Kostnaderna avser kurs, lokalkostnader och vikarielöner.

Förväntat antal deltagare: 25 deltagare årligen

Kostnad 2019: 380 tkr

Kostnad 2020: 380 tkr

Universitetskurser om 7,5 hp för personal inom förskola

Under 2018 kommer ett stort antal medarbetare inom förskolan gå kurser via Uppsala Universitet. Utbildningarna ger kunskapshöjning inom områdena Leda kvalitetsarbete, Stödja och utmana barn i behov av särskilt stöd, Flerspråkighet och interkulturalitet samt Naturvetenskap i förskolan. Vidareutveckling och kunskapshöjande kurser med motsvarande upplägg förväntas fortsätta under 2019. Kostnaderna avser ersättning för vikariekostnader för 25% av frånvarotiden.

Kostnad 2019: 415 tkr

Behov av insatser motsvarande tkr för 2019: 5 805 tkr

Socialförvaltningen

Kompetensutveckling Nedan redovisas kompetenshöjande insatser som, om de kan finansieras, bidrar till en ökad kvalitet i verksamheten samt att medborgarnas behov tillgodoses i större utsträckning.

Uppdragsutbildningar Socialnämnden ska, enligt nämndmål 4:1:2, bedriva en verksamhet som präglas av hög kvalitet och rättssäkerhet. Då socialförvaltningen under de senaste åren haft stora utmaningar i att rekrytera personal med socionomutbildning behöver alternativa lösningar arbetas fram för att inte verksamheten ska drabbas av personalbrist. Socialförvaltningen behöver som en del i sitt kompetensförsörjningsarbete möjliggöra vidareutbildning för individer med en stark vilja till socialt arbete och med annan närliggande utbildningsbakgrund. För att komplettera annan högskoleexamen än socionom kan uppdragsutbildningar i t.ex. socialrätt, socialt arbete och psykisk ohälsa erbjudas.

Beräknad kostnad för uppdragsutbildningar under de kommande åren 2019–2022 är 4 000 tkr.

Systematiska uppföljningar – evidensbaserad praktik Som ovan nämnts ska socialnämnden bedriva en verksamhet som präglas av hög kvalitet och rättssäkerhet (nämndmål 4:1:2). För att nå detta behöver socialförvaltningens arbetsmetoder bygga på bästa tillgängliga kunskap, dvs. på evidensbaserad praktik. Ett led i arbetet mot att bli en evidensbaserad verksamhet är att genomföra systematiska uppföljningar. Detta för att inhämta kunskap om vad som ger effekter för förvaltningens brukare och därigenom förbättra verksamheten. För att möjliggöra genomförandet av systematiska uppföljningar krävs resurser i form av kompetent, utbildad personal samt utrymme i verksamheterna för att möjliggöra genomförande av uppdraget.

Beräknad kostnad för vikarieresurser för att möjliggöra socialförvaltningens utveckling mot en evidensbaserad praktik är 3 000 – 4 000 tkr under perioden 2019–2022.

IBIC – individens behov i centrum. Socialstyrelsen har lanserat ett arbetssätt/verktyg, IBIC, individens behov i centrum. Detta verktyg spänner över hela processen från brukares ansökan till utförande och uppföljning där brukarens utveckling mot egna och större självständighet systematiskt följas upp. Som led i Medborgarprocessen ”Möta Botkyrkabornas behov av att leva ett självständigt liv” har implementering av IBIC påbörjats inom socialförvaltningens socialpsykiatriska enhet. Under de närmaste åren kommer arbetssättet att behöva utvecklas för att spänna över flera verksamhetsområden inom förvaltningen. Till implementeringen av IBIC behövs medel för utbildningar av processledare som i sin tur utbildar övrig personal. Resurser behövs även till vikarier under utbildnings- och implementeringsfasen.

Beräknad kostnad för utökning och implementering av IBIC i socialförvaltningen är 5 000 tkr under åren 2019–2022. Tjänstedesign För att kunna ge socialförvaltningens brukare och Botkyrkas medborgare möjligheten att påverka kommunala frågor behöver förvaltningen utvecklas inom området tjänstedesign. Utan kunskap om tjänstedesign byggs utveckling på antaganden om vad förvaltningens användare och invånare behöver. För att undvika framtagande av tjänster som inte efterfrågas eller används och istället nå det faktiska behovet och önskemålen behöver socialförvaltningen utveckla metoder för tjänstedesign. Förvaltningen har påbörjat ett projekt för tjänstedesign via SKL där ett team på 3 personer deltar i ett projekt som SKL anordnar i syfte att få praktiska verktyg och kunskap. För att kunna utveckla detta ytterligare och arbeta med användardriven utveckling inom förvaltningen behöver fler medarbetare utbildas.

Beräknad kostnad för utbildning och vikariemedel under ordinarie medarbetares utbildningstimmar är 2 000 tkr.

HBTQ-certifiering Socialförvaltningens nämndmål 4:1:1, att Botkyrkas medborgare i behov av skydd, stöd, vård och omsorg är nöjda med den verksamhet socialnämnden bedriver, ställer tydliga krav på verksamheten. För att uppnå detta mål behöver verksamheten vara inkluderande. Medborgaren behöver

känna sig välkommen från första mötet med socialförvaltningen då det där läggs en förtroendefull grund för fortsatt kontakt.

Socialförvaltningen har erfarenhet av att ha HBTQ-certifierat tre sektioner och det har konkret resulterat i en fördjupad kunskap om bemötande. Certifieringen har också konkret inneburit revidering av textmaterial, genomgående hur vi beskriver våra insatser och att vi formulerar oss inkluderande i alla situationer.

Genom att HBTQ-certifiera förvaltningens verksamheter skapas verktyg för att på ett systematiskt och strukturerat sätt arbeta med likabehandling, bemötande och mänskliga rättigheter. Detta arbete kan bidra till en hög måluppfyllelse och ökad nöjdhet bland Botkyrkas medborgare.

Certifieringsutbildningen bedrivs av RFSL till en kostnad av 5000 kr per deltagare. Att certifiera socialförvaltningens samtliga verksamheter i kontakt med brukare skulle **kosta 2 500 tkr.**

Kompetenshöjning i samband med den nya organisationen I samband med socialförvaltningens kommande omorganisation behöver medarbetarna kompetensutveckling både gällande utredning, handläggning och utförande. I den nya organisationen kommer kompetenskluster att bildas vilket innebär nya arbetsuppgifter och behovsteman.

Beräknad kostnad för utbildning är 250 tkr.



§ 150

Riktlinjer för kompetensförsörjningsplanering (KS/2019:358)

Beslut

1. Kommunstyrelsen fastställer Riktlinjer för kompetensförsörjningsplanering.
2. Kommunstyrelsen anmodar övriga nämnder att beakta riktlinjerna i arbetet med den egna kompetensförsörjningsplanen.

Sammanfattning

Kommunstyrelsen beslutade 2017-10-09, § 202, att en årlig kompetensförsörjningsplanering blir en del av mål- och budgetprocessen. Utifrån fattat beslut har kommunledningsförvaltningen arbetat fram föreliggande riktlinjer.

Riktlinjernas primära syfte är att klargöra hur, när och till vilket organ som kompetensförsörjningsplanerna ska redovisas till. Av riktlinjerna framgår även hur särskilda medel för kompetensförsörjningsinsatser beslutas.

Utskottet Botkyrka som organisation behandlade ärendet 2019-06-17, § 20.

Kommunledningsförvaltningen redogör för ärendet i tjänsteskrivelse 2019-05-22.

Propositionsordning

Kommunstyrelsens ordförande ställer ordförandeförslaget under proposition och finner att kommunstyrelsen beslutar i enlighet med ordförandeförslaget.

Expedieras till:
Samtliga nämnder
Botkyrka kommuns styrdokument

STYRDOKUMENT I BOTKYRKA KOMMUN

Riktlinjer för kompetens- försörjningsplanering

Strategi
Program
Plan
Policy
Riktlinjer
Regler



Diarienummer: KS/2019:358
Dokumentet är beslutat av: HR-direktör
Dokumentet beslutades den: 2 september 2019
Dokumentet gäller för: Alla nämnder
Dokumentet gäller till den: 2 september 2023

BOTKYRKA
KOMMUN



Dokumentet ersätter:

Dokumentansvarig är: HR-direktör

För revidering av dokumentet ansvarar: HR-direktör

För uppföljning av dokumentet ansvarar: HR-direktör

Relaterade dokument: Medledar- och arbetsmiljöpolicy, Riktlinje för kompetensfond

Inledning

Hur väl vi lyckas med kompetensförsörjningen - att attrahera, rekrytera, utveckla och behålla rätt kompetens - nu och i framtiden är en grundförutsättning för att vi som kommun ska kunna ta vår roll som möjliggörare för Botkyrkaborna.

En effektiv organisation kräver rätt kompetens och under de kommande åren är det av vikt att stärka kompetensförsörjning i Botkyrka kommun. En viktig framgångsfaktor för kommunen är att ha en god och långsiktig planering för kompetensförsörjningen.

Syfte

För att kunna samla kommunövergripande strategiska behov av såväl kompetensutveckling, lönebildning och övriga viktiga insatser i kompetensförsörjningen bör behoven övervägas i ett kommunövergripande och långsiktigt perspektiv. Av den anledningen ska varje nämnd årligen ta fram en kompetensförsörjningsplan. Nämndernas kompetensförsörjningsplaner analyseras och sammanställs till ett kommunövergripande medskick till mål- och budgetprocessen.

Kompetensförsörjningsplaner

Nämnderna tar årligen fram en kompetensförsörjningsplan som beskriver behov av löpande och grundläggande insatser för kompetensförsörjning som ingår i nämndens uppdrag och finansieras inom befintlig budgetram. Nämnderna beskriver även behov som ligger utöver ordinarie budgetram för särskilda kompetensutvecklingsbehov och förslag till särskilda lönesatsningar för specifika yrkesgrupper.

Kompetensutveckling – särskilda medel

Kommunen har bildat en kompetensfond med syfte att finansiera olika kompetensutvecklingsinsatser i form av kompetenshöjning, fortbildning och andra insatser som stöd för utveckling av olika yrkesgrupper.

Nämndernas särskilda kompetensutvecklingsbehov beskrivs med utgångspunkt i lagkrav, bristyrken och redovisade behov.

Utskottet Botkyrka som organisation beslutar utifrån nämndernas kompetensförsörjningsplaner vilka särskilda kompetensutvecklingsinsatser som ska genomföras samt hur de särskilt avsatta medlen för kompetensutveckling ska fördelas till nämnderna. De särskilda medlen för kompetensutveckling är ett tillfälligt tillskott för nämnden och är inte en permanent ramuppräknning.

**BOTKYRKA
KOMMUN**



Lönesatsningar – särskilda medel

Nämnder hanterar årligen, inom befintliga budgetramar, den ordinarie löneöversynen. En nämnd kan själv göra riktade lönesatsningar på specifika yrkesgrupper.

Nämndernas särskilda behov av lönesatsningar beskrivs utifrån redovisade behov och lönestatistik. Medlen ska riktas mot yrkesgrupper som är svårrekryterade och/eller yrkesgrupper där Botkyrka har lägre lönenivåer jämfört med liknande kommuner

Utskottet Botkyrka som organisation beslutar om fördelningen av kommunfullmäktiges avsatta medel för särskilda lönesatsningar utöver den ordinarie löneöversynen.

Ekonomi

Ekonomi – särskilda lönesatsningar

Om kommunfullmäktige i Mål och budget med flerårsplan avsatt medel för särskilda lönesatsningar i de preliminära budgetramarna ska utskottet Botkyrka som organisation senast i början av september besluta om vilka yrkesgrupper som ska satsas på samt hur de avsatta medlen ska fördelas mellan berörda nämnder. Utskottets beslut överlämnas till kommunstyrelsens budgetberedning i början av september för fortsatt beredning. Berörda nämnders budgetramar justeras i Mål och budget med flerårsplan.

Även om kommunfullmäktige inte har avsatt medel för särskilda lönesatsningar så har utskottet Botkyrka som organisation möjlighet att lämna in förslag till kommande lönesatsningar med särskilda motiveringar. Förslaget kommer därefter att ställas mot andra föreslagna politiska satsningar i den fortsatta beredningsprocessen av mål och budget med flerårsplan.

Ekonomi - Kompetensutveckling

Under april månad beslutar kommunfullmäktige i årsredovisningen hur stor summa som får delas ut från kompetensfonden avseende nästkommande verksamhetsår. Utskottet Botkyrka som organisation beslutar om fördelning av medel för nästkommande verksamhetsår under hösten, senast under november månad. Se Riktlinje för kompetensfond.



Referens
Felicia Sellgren

Informationsbrev om samråd

Förslag till detaljplan för Posthagen 1, Fittja, Botkyrka kommun

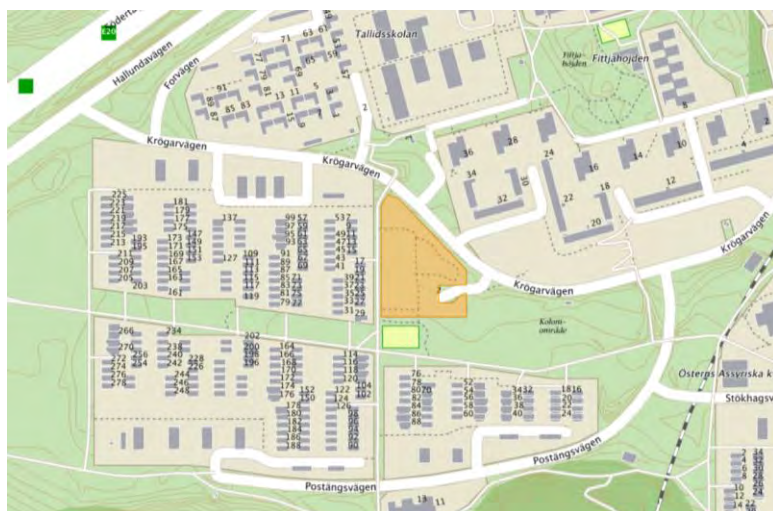
Nu pågår ett arbete med att ta fram en detaljplan för Posthagen 1 i Fittja. Samråd för planförslaget pågår från **16 september 2019** till och med **7 oktober 2019**.

Planförslaget finns tillgängligt i sin helhet på www.botkyrka.se/boochbygga, och ställs ut på plan 2 i kommunhuset.

Förslaget

Planområdet ligger i Fittja. Förslaget till detaljplan syftar till att möjliggöra en förskola i två våningar, se över behovet av lektyta samt hitta goda lösningar för angöring och parkering.

På platsen stod tidigare förskolan Lysmasken. Eftersom förskolan var i dåligt skick revs den 2015. Planändringen ska möjliggöra en ny förskola i två våningar för ca 180 barn.



Fastigheten Posthagen 1 i Fittja.

Vad tycker du om förslaget?

Vi vill gärna ha dina synpunkter på förslaget. Skicka dina synpunkter till plan@botkyrka.se, eller per post till

Botkyrka kommun
Samhällsbyggnadsförvaltningen
147 85 TUMBA

Vi behöver ditt yttrande senast den **7 oktober 2019**. Sakägare som under samrådstiden eller granskningstiden framför skriftliga synpunkter som inte blir tillgodosedda har rätt att senare överklaga beslutet att anta detaljplanen.

Har du frågor? Hör av dig till Felicia Sellgren, telefon: 0853061045.

Planprocessen

Detaljplaneprocessen har flera steg och vi befinner oss nu i samrådsskedet. Detaljplanen upprättas enligt PBL SFS 2010:900 i dess lydelse efter 1 januari 2015 med standardförfarande.

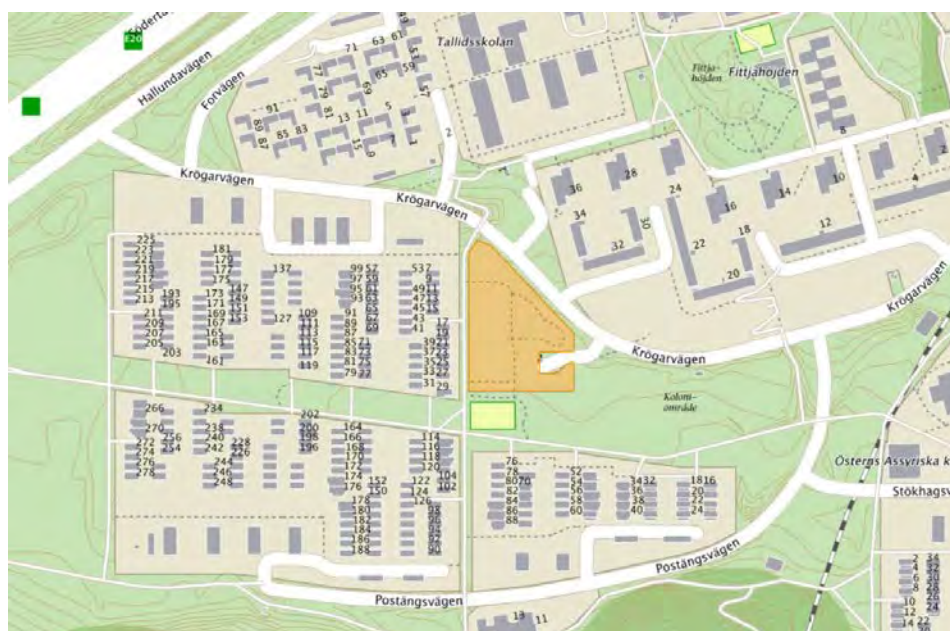




Planbeskrivning

Detaljplan för Posthagen 1, plannr 56–59

Samrådshandling



Översiktsbild över planområdet, fastigheten Posthagen 1.

Innehåll

Inledning	3
Planhandlingar	3
Syfte	3
Bakgrund	3
Planförfarande	4
Plandata	4
Tidigare ställningstaganden	5
Översiktliga planer	5
Områdesskydd enligt 7 kapitlet MB	5
Detaljplaner	5
Behovsbedömning	5
Kommunala beslut	5
Förutsättningar och förändringar	7
Park och vegetation	7
Lek och rekreation	7
Miljöfrågor	7
Bebyggelseområden	11
Barnkonsekvensanalys	15
Trafik	15
Teknisk försörjning	16
Administrativa frågor	17
Genomförande	18
Organisatoriska frågor	18
Fastighetsrättsliga frågor	19
Ekonomiska frågor	19
Tekniska frågor	20

Inledning

Samhällsbyggnadsförvaltningen har fått i uppdrag att undersöka alternativa lokaliseringar och upprätta förslag till detaljplan för Myrans förskola. Enligt samhällsbyggnadsförvaltningen är fastigheten Posthagen 1 det bästa läget för en ny förskola. På Posthagen 1 har tidigare använts av förskolan Lysmasken.

Planhandlingar

- Plankarta med grundkarta och bestämmelser
- Denna planbeskrivning

Övriga handlingar

- Behovsbedömning
- Fastighetsförteckning

Syfte

Detaljplanen syftar till att möjliggöra nybyggnad av en förskola i två eller flera våningar samt att se över behovet av friyta samt lösningar för angöring och parkering.

Bakgrund

Idag finns ett stort behov av fler förskoleplatser i området. Samtidigt är flera av de befintliga förskolorna i Botkyrka kommun uppförda på 70-talet och är nu i så dåligt skick att de behöver rivras. Istället för att uppföra nya förskolor med samma form och storlek, ska möjligheten prövas att bygga upp de nya förskolorna i två eller flera plan som ersätter de befintliga enplansförskolorna.

Fastigheten Posthagen 1 är idag en rivningstomt. Tidigare stod en förskola på fastigheten, men eftersom byggnaden var i så dåligt skick beslöts att den skulle rivras. I denna detaljplan prövas möjligheten att bygga upp en ny förskola på fastigheten som kan vara i två eller flera plan och ha plats för ca 180 barn.

Orsaken till att byggnaderna behöver uppföras i två eller flera våningar är att antalet barn i Botkyrka ökar. Dessutom är det svårt att hitta tillräckligt stora fastigheter för nya förskolor. Med nya byggnader i flera plan finns möjligheten att utöka antalet förskoleplatser och samtidigt åstadkomma tillräckligt med friyta (lekyta) för förskolebarnen.

Även parkering, angöring och trafiksäkerhet har setts över i samband med planläggning eftersom dagens trafiklösningar är dimensionerade för 70-talets krav och behov.

Detaljplanen ska även möjliggöra att förskolepaviljonger ska kunna ställas upp tillfälligt på fastigheten när behovet av förskoleplatser är extra stort.

Planförfarande

Detaljplanen upprättas enligt PBL SFS 2010:900 i dess lydelse efter 1 januari 2015. Planen genomförs enligt standardförfarande eftersom förslaget är förenligt med översiktsplanen, inte är av betydande intresse för allmänheten, och inte antas medföra en betydande miljöpåverkan.

Plandata

Planområdet ligger i Fittja, ca 500 meter från Fittjas tunnelbanestation och centrum. Fastigheten ligger intill Krögarvägen i norr och Fittjas koloniområde i öster. Fastigheten Posthagen 1 ägs av Botkyrka kommun liksom omgivande park- och gatumark.

Tidigare ställningstaganden

Översiktliga planer

Enligt Botkyrkas översiktsplan från 2014 utgör området där förskolan ligger tät till medeltät stadsbygd. Enligt detaljplaneprogrammet för Fittja från 2012 vill kommunen utveckla Fittja genom en måttlig förtätning och komplettering av stadsdelen. Kommunens avsikter med området bedöms öka behovet av förskoleplatser och planförslaget stämmer därmed överens med intentionerna i översiktsplanen.

Områdesskydd enligt 7 kapitlet MB

Planområdet ligger inom yttre skyddszon för östra Mälarens vattenskyddsområde.

Detaljplaner

Stadsplan Fittja VIII (56-10-1) från 1971-05-28 gäller för området. Genomförandetiden för detaljplanen har gått ut.

Behovsbedömning

Sammantaget bedöms detaljplanen inte ge upphov till betydande miljöpåverkan. Miljöbedömning med tillhörande MKB behöver därmed inte utföras. Den nya förskolebyggnadens ”fotavtryck” blir troligen inte större än vad det är idag eftersom den nya byggnaden kommer att uppföras i två plan, vilket ger en mindre byggnadsyta på marken.

Miljöfrågor som ändå behövts utredas innefattar buller, dagvatten (översvämningsrisk och vattenkvalitet) och att planområdet ligger i ett så kallat aktsamhetsområde för ras och skred. Förskolan ligger dessutom i nära anslutning till det kommunala kulturmiljöintresset Fittja, vilket också beaktats.

Kommunala beslut

Tekniska nämnden har efter en beställning från utbildningsförvaltningen ansökt om planläggning för förskolan Myran i Fittja. Förskolan Myran ingår i en större översyn där totalt 13 förskolor i kommunen ses över och avses planläggas för att möjliggöra nybyggnation i flera våningar.

Samhällsbyggnadsnämnden gav 2017-12-05 § 414 samhällsbyggnadsförvaltningen i uppdrag att undersöka alternativa lokaliseringar och upprätta förslag till detaljplan för förskolan Myran. En analys av alternativa lokaliseringar till en ny förskola i Fittja har resulterat i att en ny detaljplan tas fram på fastigheten Posthagen 1, där förskolan Lysmasken tidigare legat. Valt läge för lokalisering av förskolan återrapporteras till samhällsbyggnadsnämnden inför samråd.

Förutsättningar och förändringar

Park och vegetation

Området bebyggdes i början av 70-talet på gammal åkermark och all befintlig vegetation är planterad. Vegetationen har idag en positiv betydelse som rumsavgränsande och rumsskapande element i den storskaliga bebyggelsemiljön.

När området planerades sparades gröna partier mellan kvarteren. Stadsdelen är omgiven av stora gröna områden som bildar en buffert till de intilliggande trafiklederna. Nära planområdet finns Fittjahöjdens park som ligger på en höjd omgiven av bebyggelse. Intill planområdet finns också Fittja koloniområde.

Lek och rekreation

Intilliggande Fittjahöjdens park har rekreativa värden för förskolebarnen och för allmänheten. Under 2019 planeras Fittjahöjdens park att rustas upp. Syftet med upprustningen är att utveckla parken mer liknande en stadsdelspark. Mer parkyta kommer att frigöras och olika aktivitets- och användningsområden kommer att skapas.

Miljöfrågor

Geotekniska förhållanden

Marken inom planområdet består av leriga till siltiga jordar enligt kommunens översiktliga kartering.



Figur 1 – karta över områdets markförhållanden.

Risk för ras och skred

Enligt kommunens kartering ligger fastigheten inom ett aktsamhetsområde för ras och skred.



Figur 2 - Områden med ökad risk för ras och skred (aktsamhetsområden) inom och omkring planområdet.

Radon

Planområdet ligger, enligt kommunens översiktliga kartering, inom lågriskområde för markradon.

Hydrologiska förhållanden och dagvatten

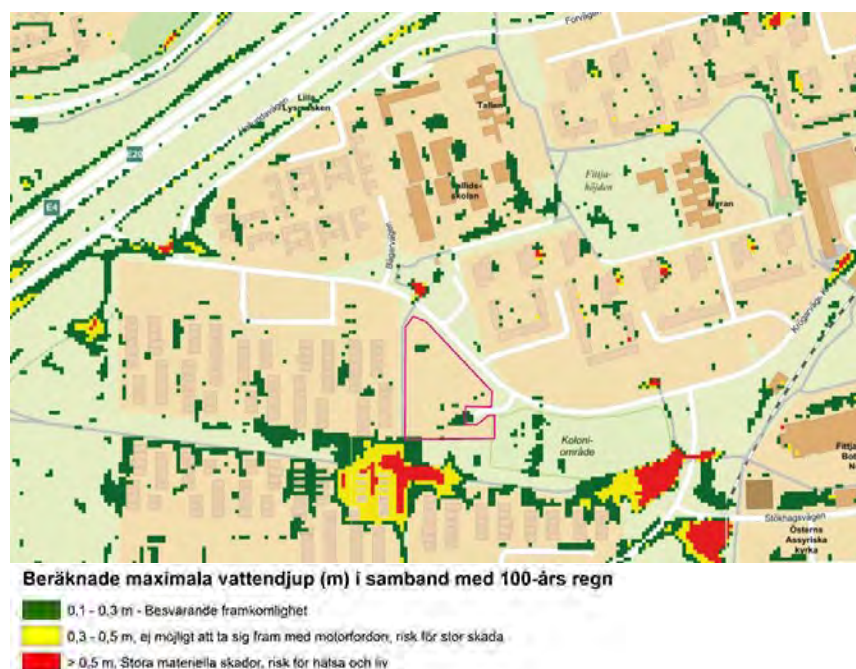
Planområdet ligger inom östra Mälarens vattenskyddsområde. Det innebär att området omfattas av särskilda skyddsföreskrifter i syfte att skydda vattentäkten och bevara en god kvalitet på vattnet i området. Bland annat ska föreskrifterna skydda området mot föroreningar från utsläpp av dagvatten. Enligt länsstyrelsen i Stockholms län gäller både inom det inre och det yttre vattenskyddsområdet att dagvatten från hårdgjorda ytor, där det finns risk för förorenat vatten, inte får släppas direkt till recipienten utan föregående rening.

Dagvatten från planområdet leds till utloppet i recipienten Albysjön. Vattenförekomsten är klassad som god ekologisk status, men uppnår ej kemisk status, enligt VISS (Vatteninformationssystem Sverige). Miljökvalitetsnormerna för Albysjön är god ekologisk och kemisk status 2021 med undantag för vissa ämnen som har mindre stränga krav.

För att skydda vattentäkten och följa miljökvalitetsnormerna krävs att dagvattnet inom planområdet omhändertas på rätt sätt. En dagvattenutredning kommer att tas fram inför detaljplanens granskningskede.

Extrema regn

Enligt kommunens skyfallskartering riskerar några mindre områden inom planområdet att översvämmas (0,1–0,3 m maximalt vattendjup) vid ett 100-årsregn. Ett område som gränsar till planområdet i sydväst riskerar att drabbas av översvämningar på över 0,5 m vattendjup (se figur 3). Planområdet lutar mot sydväst vilket medför att dagvatten som inte infiltreras eller förs bort via dagvattenledningar från planområdet avvattnas mot området med översvämningrisk i sydväst. Även omhändertagande av extrema regn kommer att utredas i kommande dagvattenutredning.



Figur 3 - Utdrag ur Skyfallskartering Botkyrka (DHI Sverige, 2016).

Luft

Planområdet ligger ca 310 meter från E4/E20. Östra Sveriges Luftvårdsförbund (2017) har låtit SLB-analys göra spridningsberäkningar av luftföroreningar längs denna sträcka av motorvägen utifrån olika utbyggnadsalternativ fram till år 2035. Enligt utredningen kommer miljö kvalitetsnormerna och miljömålen för luftkvalitet att klaras inom planområdet under denna tid.

Buller

Planområdet är utsatt för vägtrafikbuller från Krögervägen norr om förskolan. Bullret från vägen medför att ljudnivån på förskolans fastighet är högre än Naturvårdsverkets riktlinjer för buller från 2017. Enligt Naturvårdsverkets riktlinjer ska den ekvivalenta ljudnivån på skolgård vara högst 50 dBA, se tabell 1.

Tabell 1. Naturvårdsverkets riktvärden för buller från väg- och spårtrafik på ny skolgård.

Del av skolgård	Ekvivalent ljudnivå för dygn (dBA)	Maximal ljudnivå (dBA, Fast)
De delar av gården som är avsedda för lek, vila och pedagogisk verksamhet	50	70
Övriga vistelseytor inom skolgården	55	70 ¹

¹ Nivån bör inte överskridas mer än 5 ggr per maxtimme under ett årsmedeldygn, under den tid då skolgården nyttjas (exempelvis 07–18).

Enligt kommunens kartering uppgår den ekvivalenta ljudnivån på fastigheten till 40–55 dBA, se figur 3. En bullerutredning kommer att tas fram inför detaljplanens granskningskede. I utredningen kommer det att framgå vilka åtgärder som behöver göras för att uppnå en god ljudmiljö på förskolegården.



Figur 3 – Ljudnivåer inom och omkring planområdet.

Bebyggelseområden

Stads- och landskapsbild

Fittja bebyggdes i början av 70-talet på gammal åkermark enligt miljonprogrammets ideal och utgör en relativt storskalig bebyggelsemiljö. Planområdet ligger i den södra delen av Fittja som mestadels består av radhusbebyggelse. I Fittjas norra del består bebyggelsen mestadels av flerbostadshus i form av lamellhus på ca åtta våningar.

Fittja är byggt med trafikseparering, vilket är vanligt i miljonprogramsområden. Trafiksepareringen innebär att det finns särskilda gångvägar för gående och bilvägar för bilar, och de korsar sällan varandra. I Fittja innebär detta att inga bilvägar finns inne i bostadsområdena. Norr om planområdet ligger Krögarvägen som har en barriärskapande effekt eftersom den avskiljer den södra och norra delen av Fittja. Vid planområdets norra ände finns en gångtunnel under vägen som leder till Fittjas norra del.

Förskolan

Föreslagen förskola ska ha plats för 180 barn och uppföras i två våningar. En byggnad i flera våningar upptar mindre yta på marken jämfört med en envåningsbyggnad, vilket skapar mer friyta. Fastigheten Posthagen 1 är idag ca 8 680 m² stor.

Förskolegården

Enligt Boverkets rekommendation ska friytan vara minst 40 m² per barn och gårdens totala sammanhängande yta ska vara minst 3 000 m².

Den nya förskolebyggnaden uppskattas ha en byggnadsarea (yta på marken) på ca 1 000 m² och yta för väg, angöring, parkering och omkringliggande ytor kommer uppskattningsvis ha en area på 600 m². Detta innebär att friytan kommer att vara ca 7 100 m² vilket ger ca 39 m² friyta per barn, om där är 180 förskolebarn. Detta stämmer nästan överens med Boverkets rekommendation. Förskolegården ska vara väl utformad för att skapa en trygg och trevlig miljö där barnen vistas.

Förskolepaviljonger

På fastigheten Posthagen 1 kommer möjlighet till uppställning av provisoriska förskolepaviljonger att finnas. Paviljongerna ska endast ställas upp vid behov, då trycket på förskoleplatser är extra stort i området.

Ny förskolebyggnad

I detaljplanens plankarta regleras byggrätten till 3 000 m² bruttoarea och en byggnadsarea om 1 700 m². Byggnadens höjd är begränsad till 18 meter. Byggrätten ligger på fastighetens sydöstra del.

Längs med fastighetsgräns på den norra och östra delen lutar marken nedåt från Krögarvägen med en höjdskillnad på 2–3 meter. I denna slänt finns idag träd och buskar. Slänten utgör ett positivt inslag till förskolegården eftersom den bidrar till vegetation och ger varierade höjdnivåer på gården. Därför är den marken prickad i plankartan, vilket innebär att marken inte får bebyggas.

Figur 5 och 6 visar illustrationer över föreslagna placeringar av förskolebyggnad, angöringsytor, parkering samt befintliga träd på fastigheten. De föreslagna byggnaderna har en byggnadsarea på ca 1 000 m².



Figur 5 – Illustrationskarta för fastigheten Posthagen 1, avlång byggnad.



Figur 6 – Illustrationskarta för fastigheten Posthagen 1, L-formad byggnad.

Förskolebyggnaden ska också vara placerad så att inlastning med samordnade varutransporter möjliggörs (se rubriken *Angöring, leveranser och parkering*). Detta innebär att lastplats till byggnadens förvaringsrum behöver finnas i anslutning till vändplatsen.

Byggnaden kan med fördel uppföras i icke-brännbara material för att undvika brandrisk.

Ekosystemtjänster

På förskolans fastighet finns träd, buskar och naturmark som är värda att bevara. Denna växtlighet bidrar till flera ekosystemtjänster, såsom renare luft, svalka under sommarhalvåret och bättre dagvattenhantering.

Längs med Krögervägen finns en rad med höga lövträd (lönns och lind). Med hänsyn till biologisk mångfald, skredrisk och landskapsbild är det önskvärt att de flesta av dessa träd får stå kvar. Dessa träd tillsammans med buskage kan också ha en bullerdämpande effekt under sommarhalvåret.

Växtligheten i samband med gårdens storlek och utformning har även ett hälsofrämjande och pedagogiskt syfte för förskolebarnen. Lekfull rörelse i samband med naturkontakt genererar en aktivitet och ett socialt samspel som påverkar barnens fysiska såväl som mentala färdigheter positivt.

I detaljplanen föreslås att minst två tredjedelar av gårdsytan ska vara bevuxen med gräs, träd, buskar, mm. Dessutom bör en balans finnas mellan sol och skugga på gården, vilket bäst åtgärdas med träd. Träd faller sina löv på hösten och släpper fram solljuset när det behövs som mest och på motsvarande sätt skänker träden skugga med sina lövkronor under sommarhalvåret. Därför bör förskolegården täckas till 50 % av trädskronor. Trädskronorna kan även bidra till att upplevelsen av att det gröna rummet förstärks.

Kulturmiljö

På andra sidan Krögervägen, sett från planområdet, reser sig Fittjas flerbostadsområde. Detta bostadsområde är ett kommunalt kulturmiljöintresse och är beskrivet i Botkyrkas kulturmiljöprogram. Utformningen av den nya förskolan kan behöva anpassas till kulturmiljöintresset.

Barnkonsekvensanalys

Planändringen leder till att kommunen kan bygga en förskola i två eller flera våningar istället för en våning. Detta kommer inte leda till några direkta konsekvenser för barnen. Nu gällande stadsplan tillåter en byggnadsarea på cirka 3 530 m² vilket innebär att friytan (lekytan) blir liten. Den nya detaljplanen säkerställer tillgången till friyta eftersom byggrätten är begränsad till 1 700 m². Förskolan som ska byggas kommer att ta hänsyn till barnens behov gällande utformning av byggnad och gård.

Trafik

Gator, gång- och cykelvägar

Tillfart och angöring föreslås ske via Krögarvägen och Pokalvägen i den sydöstra delen av planområdet.

Både i den östra och västra delen av planområdet har entréer till den tidigare förskolan funnits i anslutning till gång- och cykelvägar. I öster leder vägarna till bland annat Fittjaskolan och Fittja äng samt till centrum och tunnelbanestation. Vidare österut, längs med vattnet, leder vägarna till Tegelbruksvägen och Fittja moské, där det nya bostadsområdet Tegelbruket planeras uppföras. I väster leder gång- och cykelvägarna mot den norra delen av Fittja och även dessa leder till centrum och tunnelbanestation, samt vidare norrut mot Slagsta.

Alla entréer som tidigare använts föreslås finnas kvar i ungefärligt läge för att förskolan på ett enkelt sätt ska kunna nås både från den norra och södra delen av Fittja. Det är viktigt att det till alla entréer finns en trafiksäker gångstig till förskolebyggnaden som är separerad från bilväg, vändplats och parkering.

Kollektivtrafik

Planområdet ligger ca 450 meter från Fittjas tunnelbanestation och närmaste busshållplats, på ca 150 meters avstånd, är Bågarvägen som ligger på Krögarvägen och trafikeras av busslinjerna 191, 702, 707, 707E och 737.

Angöring, leveranser och parkering

Till fastigheten Posthagen 1 finns befintlig angöringsväg, vändplats och parkering som använts av den tidigare förskolan. Angöringsvägen kan användas till den nya förskolan. Delar av den befintliga parkeringen används idag av besökare till Fittjas koloniområde.

Leveranser till förskolan

Även den befintliga vändplatsen kan användas, men kan komma att behöva förstoras litegrann för att möjliggöra för samordnade transporter. Befintlig vändplats är ca 17 m² i diameter.

Med samordnade transporter menas att en lastbil ska kunna komma med flera olika leveranser även då förskolan är stängd. I och med detta måste angöringsytan vara ansluten till förskolebyggnadens köksdel där även ett kylt utrymme ska finnas. För att lastbilar ska kunna vända på ett trafiksäkert sätt behöver vändplatsen vara 21 meter i diameter.

Parkering

Den befintliga parkeringsytan rymmer ca 30 parkeringsplatser. Parkeringsytan används även av besökare till det intilliggande koloniområdet.

För den nya förskolan planeras antalet parkeringsplatser utifrån Botkyrkas parkeringsprogram från 2017. Enligt programmet ligger fastigheten inom zon A (inom 600 meter från station till spårbunden trafik). För anställda inom zon A gäller parkeringsnormen 0,2 bilplatser per anställd. Detta innebär att en förskola med 180 barn behöver fem-sex bilplatser för personalens behov om där är ca 30 anställda. Enligt parkeringsprogrammet är normen för besökare till förskolor inom zon A 0,05 bilplatser per barn, vilket innebär nio platser. Dessutom behövs en bilplats för rörelsehindrade som ska finnas inom 25 meter från förskolans entré. Därmed behövs totalt ca 15 parkeringsplatser.

Eftersom det idag finns fler parkeringsplatser än förskolan behöver föreslås att en del av befintlig parkering (den västra delen) görs om till förskolegård för att skapa mer friyta för förskolebarnen. Trots att parkeringsytan även används av koloniområdets besökare bedöms 15 parkeringsplatser vara tillräckligt eftersom besökare till koloniområdet främst besöker platsen när förskolan är stängd, det vill säga under kvällar och helger.

Teknisk försörjning

Vatten och avlopp

Anslutning till vatten- och avloppssystemet finns.

Dagvatten

En dagvattenutredning kommer att tillkomma i samband med granskningsskedet och detaljplanen kommer att anpassas till denna.

Värme

Förskolan som tidigare fanns på fastigheten var ansluten till fjärrvärme och den nya förskolan kan anslutas till samma nät. Goda förutsättningar bedöms även finnas för nyttjande av solenergi enligt kommunens solkarta.

El

Elanslutning fanns till den tidigare förskolan och kan anslutas till den nya förskolan.

Avfall

Sophantering avses ske i anslutning till område för inlastning inom fastigheten Posthagen 1. Soppbilen kommer att kunna vända på den vändplats som finns i direkt anslutning till fastigheten. Förskolans avfall bör följa Botkyrkas avfallsplan och renhållningsföreskrifter från 2011.

Administrativa frågor

En fjärrvärmeledning går genom den östra delen av fastigheten. Markområdet har markerats med bestämmelsen (u_1) i plankartan och utgör mark som ska vara tillgänglig för underjordiska ledningar.

Genomförande

Organisatoriska frågor

Tidplan

Följande tidplan gäller för detaljplanen:

Samråd av detaljplan	Kvartal 3, 2019
Granskning av detaljplan	Kvartal 3–4, 2019
Antagande av detaljplan	Kvartal 4 2019
Laga kraftvunnen detaljplan	Kvartal 1, 2020

Genomförandetid

Ny detaljplan berör endast tidigare planlagda områden där genomförandetiden har gått ut. Genomförandet av detaljplanen bedöms kunna ske inom 5 år varför genomförandetiden är 5 år efter det att planen vunnit laga kraft.

Huvudmannaskap

Planområdet ligger inom Botkyrka kommuns verksamhetsområde för vatten, spillvatten och dagvatten. Botkyrka kommuns VA-avdelning är huvudman för allmänna vatten-, spillvatten- och dagvattenledningar med tillhörande anläggningar.

Södertörns fjärrvärme AB är huvudman för fjärrvärmenätet och Skanova är huvudman för telenätet. Huvudman för elnätet är Vattenfall.

Ansvarsfördelning

Kommunen ansvarar för utbyggnad av kvartersmark. Det innebär att kommunen kommer att utföra och bekosta rivning av befintliga byggnader samt utföra och bekosta uppförandet av förskolan och till den behövliga anläggningar. Kommunen utför och bekostar även ombyggnaden av parkering och vändplan.

Avtal

Inget plankostnads- eller exploateringsavtal behöver tecknas för planens genomförande.

För befintliga ledningar bör rättigheter tryggas genom exempelvis markavtal eller servitut.

Fastighetsrättsliga frågor

Fastighetskonsekvenser

Fastigheten Posthagen 1 ägs av Botkyrka kommun. Fastigheten har tidigare använts enligt gällande detaljplan för förskoleverksamhet (barnstuga). Föreslagen ny detaljplan medger en utökad byggrätt för förskolebyggnad i flera våningar istället för i en våning. För att trygga befintliga el- och teleledningarna planläggs ett område med administrativ bestämmelse (u₁). Ny detaljplan innebär även att byggrätten kan placeras på en annan del av tomten då föreslagen ny detaljplan har mindre prickad mark (mark som inte får förses med byggnad). Byggrätten får även placeras närmare fastighetsgräns, föreslagen ny detaljplan anger att byggrätt ska placeras minst 1,5 m från fastighetsgräns.

Rättigheter

Det finns inga rättigheter som berör planområdet.

Ekonomiska frågor

Planekonomi

Framtagandet av detaljplanen bekostas av Botkyrka kommun. Inom planområdet tillskapas en ny byggrätt om 3 000 m² bruttoarea för skola med en byggnadsarea om 1 700 m². Totalt effektiviseras och förbättras byggrätten inom planområdet då byggrätten tillåter byggandet i flera våningar så att en större areal blir tillgänglig på fastigheten för lekyta.

Kostnader för byggande

Botkyrka kommun svarar för och bekostar samtliga arbeten inom kvartersmark som rivning av befintliga byggnader samt uppförandet av förskola med tillhörande anläggningar inom planområdet.

Gatukostnader

Detaljplanen medför inget behov av utbyggnad av allmänna anläggningar för gata eller väg.

VA-kostnader

Posthagen 1 är sedan tidigare ansluten till det kommunala vatten- och avlopps-nätet. Vid ny anslutning debiteras anläggningsavgift för vatten och avlopp och vid kompletterande anslutningsavgift för utökad byggrätt kan avgift också komma att tas ut, båda enligt kommunens vid debiteringstillfället gällande VA-taxa.

Inlösen, ersättning

När ledningsrätt upplåts har fastighetsägaren rätt till ersättning. Fastighets-ägaren har rätt till ersättning för den marknadsvärdeminskning som upplåtelsen medför plus ett påslag på 25 procent.

Förrättningskostnader

Fördelningen av de förrättningskostnader som uppstår när detaljplanen genom-förs beslutas i de lantmäteriförrättningar som ansöks om genom ett särskilt beslut om fördelning av förrättningskostnader.

Tekniska frågor

Vatten och avlopp

Möjlighet till vatten- och avloppssystemet finns i direkt anslutning till fastigheten. En dagvattenutredning kommer att tas fram som redovisar hur dagvatten ska omhändertas på fastigheten.

Värme

Möjlighet till uppvärmning genom fjärrvärme finns i direkt anslutning till fastigheten.

EI

Möjlighet till elnätanslutning finns i direkt anslutning till fastigheten.

Tele och IT

Möjlighet till anslutning för tele och IT för tillkommande bebyggelse finns i direkt anslutning till fastigheten.

Avfall

Sophantering avses ske inom planområdet och i enlighet med kommunens avfallsplan och renhållningsföreskrifter. Det ska finnas en vändplan med en vändradie på ca 21 meter i diameter för att sopbilen ska kunna vända inne på fastigheten.

SAMHÄLLSBYGGNADSFÖRVALTNINGEN

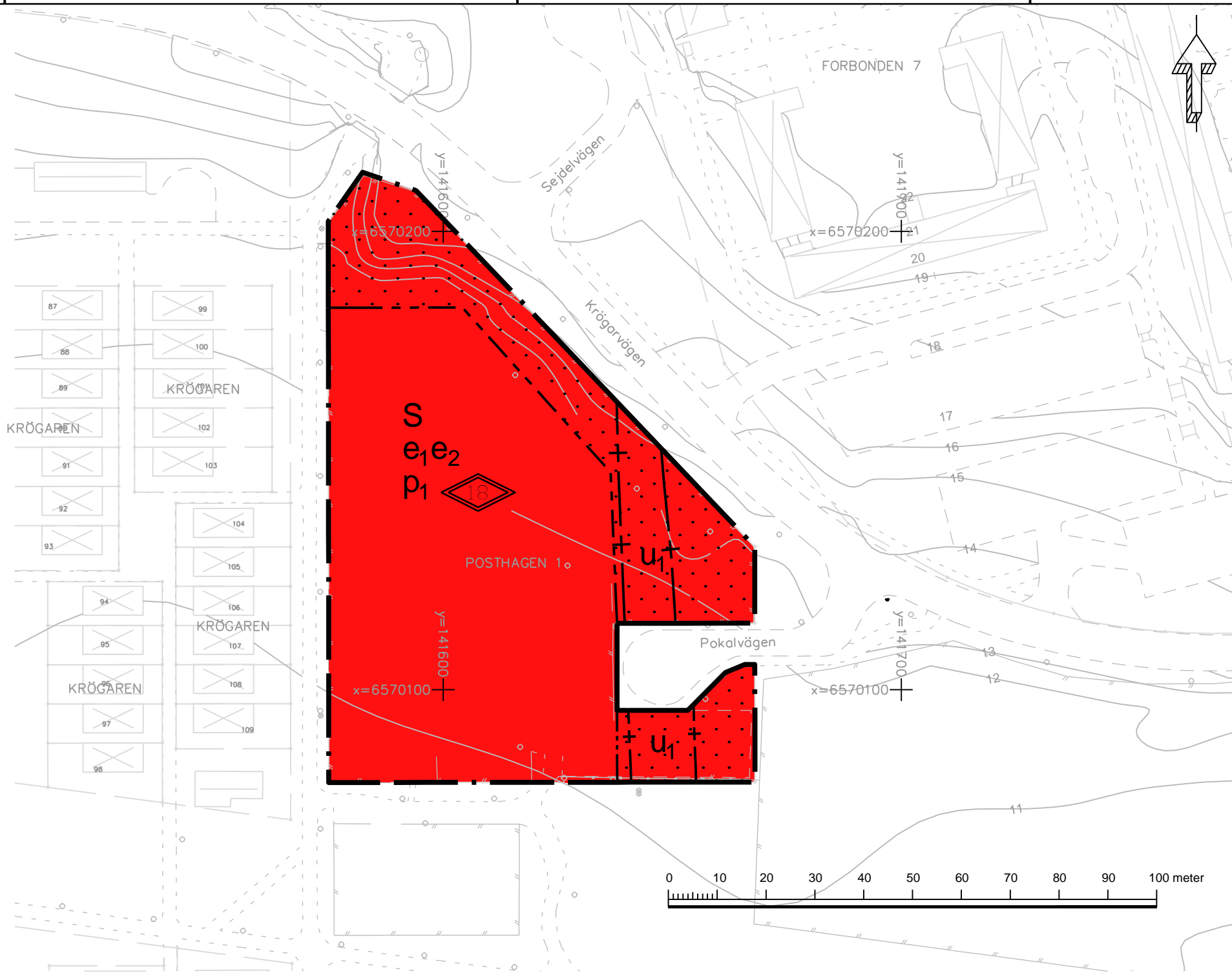
Charlotte Rickardsson
Planchef

Felicia Sellgren
Planarkitekt

Medverkande tjänstepersoner

Magnus Hansson
Kerstin Lagnefeldt
Anders Forsberg
Christer Silver Holmberg
Birgitta Persson
Annelie Svanold

mark- och exploateringsenheten
gata-/parkenheten (park)
miljöenheten
VA-enheten, TF
Lokalförsörjning och fastighet, TF
Lokalförsörjning och fastighet, TF



PLANBESTÄMMELSER

Överlåtelse av fastighet till kommunen för att användas som skola. Planområdet omfattar en del av fastigheten 18 i Posthagen 1 i Botkyrka kommun. Planens syfte är att fastställa villkor för utbyggnad av skola på området.

GRÄNSBETECKNINGAR

- — — — — Gränspunkt, inmätt eller beräknad
- - - - - Fastighetsgräns
- + - + - Byggnad
- - - - - Staket
- - - - - Gata, väg
- ⊕ Belysningsstolpe
- Stolpe
- 5, 4, 3 Höjdkurvor (med 0,5 meters ekvidistans)

ANVÄNDNING AV MARK OCH VATTEN

Kvartersmark

- S Skola

EGENSKAPSBESTÄMMELSER FÖR KVARTERSMARK

Bebyggandets omfattning

- e₁ Täckningsgrad för byggnader och utrustning för skola
- e₂ Täckningsgrad för utrustning för skola

Placering

- P₁ Placering av skolan

Markens anordnande och vegetation

Skall vara anordnad enligt planens bestämmelser. Området skall vara grönt och skötsligt. Skall vara anordnad enligt planens bestämmelser. Området skall vara grönt och skötsligt.

ADMINISTRATIVA BESTÄMMELSER

Överlåtelse

Överlåtelse av fastighet till kommunen för att användas som skola.

Markreservat

- u₁ Täckningsgrad för markreservat

Upplysningar


Upplysningar om planens innehåll och syfte. Planens syfte är att fastställa villkor för utbyggnad av skola på området.

GRUNDKARTA

Koordinatsystem SWEREF 99 18 00
 Höjdsystem RH2000
 Grundkartan upprättad i januari 2019 genom utdrag ur kommunens kartbas
 Grundkartan utanför planområdet är ej fältkontrollerad

GRUNDKARTANS BETECKNINGAR

- Gränspunkt, inmätt eller beräknad
- - - - - Fastighetsgräns
- Byggnad
- /// Staket
- - - - - Gata, väg
- ⊕ Belysningsstolpe
- Stolpe
- 5, 4, 3 Höjdkurvor (med 0,5 meters ekvidistans)

Överlåtelse av fastighet till kommunen för att användas som skola		
ÖS ÜÜSU ŠÖE		
Botkyrka Kommun	Utgår den 15 juni 2019	
<p>Överlåtelse av fastighet till kommunen för att användas som skola</p> <p>Ritad 26 juni 2019</p>		
CHARLOTTE RICKARDSSON Planchef	FELICIA SELLGREN Planarkitekt	Diarienummer 2017:313
		56-59



8

Delegationsbeslut (TEF/2019:24)

Förslag till beslut

Tekniska nämnden har tagit del av anmälda delegationsbeslut.

Ärendet

Tekniska nämnden har överlåtit sin beslutanderätt till tjänstemän enligt tekniska nämndens delegationsordning. Beslut som fattats med stöd av delegering ska återrapporteras till nämnden.

Tekniska förvaltningen redovisar delegationsbeslut i skrivelse daterad 2019-09-23.

**Anmälan av delegationsbeslut**

Rubrik/ärendemening:		Beslut om ersättare		
Ärendetyp	Diarienummer	Beslutsdatum	Delegat (namn och befattning)	
G 3	TEF/2019:39	2019-09-12	Frank Renebo, fastighetschef	
Beskrivning av ärendet				
Ersättare fastighetschef Jonas Studeny, 2019-09-13—2019-09-23.				
Rubrik/ärendemening:		Lokalförsörjning och fastighet		
Ärendetyp	Diarienummer	Beslutsdatum	Delegat (namn och befattning)	
C 3	TEF/2019:213	2019-09-09	Frank Renebo, fastighetschef	
Beskrivning av ärendet				
Avtal för leverans av nya hissar till kommunalhuset.				
Leverantör (vid upphandling)		Kontraktssumma (vid upphandling)		
PW Hiss och EL AB		3 450 000 kronor		
Ärendetyp	Diarienummer	Beslutsdatum	Delegat (namn och befattning)	
D 1	TEF/2019:214	2019-09-09	Frank Renebo, fastighetschef	
Beskrivning av ärendet				
Uppsägning av hyresavtal paviljong Tallidens förskola.				
Tekniska nämndens delegationsordning				
Tekniska nämndens beslutanderätt framgår av kommunallagen och nämndens reglemente (som beslutats av kommunfullmäktige). Föreskrifter om delegering av ärenden inom en nämnds verksamhetsområde finns i 6 kap. 37–40 §§ kommunallagen (2017:725). En nämnd kan uppdra åt ett utskott, en ledamot eller ersättare samt en anställd i kommunen att besluta på nämndens vägnar i ett visst ärende eller i en viss grupp av ärenden (se 6 kap. 37 § och 7 kap. 5 § kommunallagen). Med de förbehåll som anges i 6 kap. 38 § kommunallagen har tekniska nämnden delegerat beslutanderätten i de ärenden som angivits i den till delegationsordningen tillhörande delegationsförteckningen. Endast förvaltningschefen har rätt att vidaredelegera beslutanderätt (se 7 kap. 6 § kommunallagen). Beslut som fattas på delegation ska anmälas till tekniska nämnden senast till nästa nämndsammanträde efter det att beslutet fattades. Beslutet är formellt fattat av tekniska nämnden och kan inte återkallas eller omprövas. Beslut som har fattats med stöd av delegation överklagas på samma sätt som nämndens övriga beslut.				