

Beställargrupp för minskade utsläpp av läkemedelsrester, mikroplaster och andra föroreningar via avloppsreningsverk

Redovisning 2020

Svenskt Vatten

Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 167 14 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 167 51 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se

Förord

I dec 2020 beviljades Svenskt Vatten bidrag av Naturvårdsverket för att fortsätta arbetet med en beställargrupp för minskade utsläpp av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar. Denna rapport utgör en slutlig redovisning av de aktiviteter som genomförts inom ramen för arbetet med denna beställargrupp. Slutrapporten innehåller också en bedömning av de resultat som aktiviteterna har medfört under 2020.

Ett stort tack för medverkan i arbetet riktas till Peter Sörngård (Svenskt Vatten), Gudrun Magnusson (Lidköpings kommun), Carl Dahlberg (SWEKO), Matilde Kamp (SWEKO), Kristin Barkman (SWEKO), Anders Finnson (Svenskt Vatten), Mikael Nielsen (Käppalaförbundet), Hans Hörting (Uppsala Vatten och Avfall AB), Robert Sehlén (Tekniska Verken) och Marlene Ågerstrand (Stockholms Universitet) samt alla representanter som medverkat från beställargruppens anslutna organisationer.

Jesper Olsson,
Uppsala, November 2020

Sammanfattning

Det finns idag ett behov att införa avancerad rening av läkemedelsrester och andra mikroförureningar i avloppsvatten samt att förbättra kunskapen om mikroplaster i spillvatten. Många VA-organisationer i Sverige står därför inför gemensamma utmaningar vad gäller framtida krav på avancerad rening. Svenskt Vatten fick av denna anledning i juni 2018 bidrag beviljat av Naturvårdsverket för att bilda en beställargrupp. Denna beställargrupp om 28 medlemmar har nu fortsatt sitt arbete och utvecklats under 2020.

Målen med beställargruppen är att bidra till en kostnadseffektiv introduktion av tekniker för avancerad rening, bygga upp kunskap om var i dagens reningsverk som mikroplasterna avskiljs och hur utsläpp av mikroplaster från avloppsvatten kan begränsas, samtidigt som mängden avskilda mikroplaster som kommer till slammet kan minimeras på kostnadseffektiva sätt. Beställargruppens metoder ska även bidra till att resultat och erfarenheter sprids och kan tillämpas vid upphandlingar, drift och skötsel i de svenska reningsverk som har behov av detta.

Under 2020 har en webstruktur för en enkel och sammanfattande rapportering av alla slutrapporter från Naturvårdsverkets utlysningar genomförts. Denna sammanfattning kommer att vara ett levande dokument som uppdateras vartefter slutrapporterna godkänts av Naturvårdsverket och kan refereras till som en leverans i beställargruppens redovisning av årets aktiviteter. Uppdatering görs löpande med versionsuppdateringar vid behov.

Under våren 2020 påbörjades också ett arbete med att ta fram fiktiva förfrågningsunderlag för två olika läkemedelsreningsprocesser; en baserad på aktiverat kol i kombination med förbehandling och en baserad på ozonering med efterföljande behandling. En konsult kontaktades och sammanställde de två förfrågningsunderlagen som bifogas slutrapporten.

Under den 3 sep 2020 genomfördes en workshop som fokuserade på villkorsformulering för läkemedelsrening. En viktig slutsats från workshopen var att det bör vara möjligt att ge tillstånd för reningsverk som inför avancerad rening men låta reningen ingå i det inledande allmänna villkoret. Hindren för konventionell reglering med begränsningsvärden villkorsreglering är tyvärr ännu många. Metoderna för mätning, kontroll och utvärdering behöver utvecklas innan det går att skriva tydliga särskilda villkor med begränsningsvärden för utsläpp av mikroförureningar eller för halter i recipienten som reningsverkets utsläpp påverkar.

Det finns ett fortsatt behov av en beställargrupp eller motsvarande bransch-anpassad kunskaps-/erfarenhetsplattform. Detta behov kan sammanfattas som ett samordningsbehov för kommande projekt, ett uppföljningsbehov där såväl positiva som negativa erfarenheter från pågående projekt snabbt kan fångas upp och komma andra till godo, och ett fortsatt kunskapsbehov i form av branschpassade sammanfattningar av kommande forskningsrön och teknikutveckling.

Innehåll

Förord.....	2
Sammanfattning.....	3
1 Inledning.....	5
1.1 Syfte och mål.....	5
2 Beskrivning av aktiviteter i uppdraget.....	7
2.1 Medlemmar i beställargruppen.....	7
2.2 Hemsidans utveckling under 2020	9
2.3 Resultat från workshop – Villkorsbeskrivning 2020-09-03.....	9
2.4 MEC/PNEC-bedömning – Bilaga 1	12
2.5 Sammanfattning av slutrapporterna.....	13
3 Bra villkor och villkorsförutsättningar	19
4 Förfrågningsunderlag för ozonering och GAK – bilaga 3 och 4.....	20
4.1 Ozonering med efterföljande behandling.....	20
4.2 GAK med förbehandling.....	22
4.3 Tips vid upphandling av läkemedelsrening.....	23
5 Slutsatser - beställargruppens arbete - 2020	25
6 Nationella rapporter om avancerad rening	26

Bilagor

Bilaga 1 – PNEC-bedömning – Marlene Ågerstrand

Bilaga 2 – Bra villkor och villkorsförutsättningar

Bilaga 3 - Upphandling läkemedelsrening ozon

Bilaga 4 – Upphandling läkemedelsrening GAK

Bilaga 5 – Beviljade statliga bidrag för läkemedelsrening 2019-2020 – Tabell

Bilaga 6 - Beviljade statliga bidrag för läkemedelsrening 2019-2020 – Karta

1 Inledning

Det finns ett behov av att införa rening av läkemedelsrester och andra mikroföroreningar i kommunalt avloppsvatten (Naturvårdsverket, 2017). Tillgängliga tekniker för denna avancerad rening finns, men mognadsgraden varierar och erfarenheter från fullskaleanläggningar är begränsad och resursåtgången samt miljöpåverkan är hög. Med fortsatt teknikutveckling och mer driftserfarenhet finns potential för både ökad resurseffektivitet och minskade kostnader och lägre miljöbelastning.

Många reningsverk står inför liknande utmaningar och en beställargrupp i branschen, som fokuserar på läkemedelsrester och andra mikroföroreningar, är en viktig plattform och stöd för reningsverken med att införa avancerad rening. Svenskt Vatten ansökte därför till Naturvårdsverket under slutet av 2019 för en fortsatt finansiering av en beställargrupp för 2020, med fokus på installationer och förstudier av läkemedelsrester och mikroplaster. I jan 2020 beviljades så ansökan för en fortsättning av beställargruppen

Under våren 2020 skickades ytterligare en ansökan in till Naturvårdsverket där beslut om en konsultstudie skulle tas fram. Denna ansökan beviljades den 29 maj 2020.

Konsultstudien innefattade framtagandet av ett förfrågningsunderlag med tekniska beskrivningar för två olika reningsprocesser av mikroföroreningar. Målet är att kunna använda dessa underlag som mallar till de VA-organisationer som avser att installera rening av mikroföroreningar.

Studierna är presenterade i en konsultrapport som finns bilagd denna slutrapport (bilaga 3 och 4).

Idag består beställargruppen av medlemmar som representerar ett 30-tal olika VA-organisationer i Sverige, se bilaga 6.

I denna slutrapport redovisas de olika aktiviteterna som genomförts i beställargruppen samt vilka resultat de olika aktiviteterna givit.

1.1 Syfte och mål

Beställargruppen ska underlätta införandet av avancerad rening på de svenska avloppsreningsverken samt bygga upp kunskap om mikroplaster. Genom att flera beställare går samman i en gemensam förfrågan till marknaden skapas en större köpkraft och därmed också starkare incitament för att leverantörerna ska utveckla nya lösningar. Målet är att nya mer kostnadseffektiva lösningar med hög reningsgrad och driftsäkerhet utvecklas, introduceras och sprids på marknaden. Genom att prova och utvärdera olika alternativa lösningar, metoder och produkter gemensamt kan medlemmarna dela på kostnaderna och riskerna, för att bygga upp kunskap och erfarenhet.

Beställargruppen ska utgöra ett stöd för reningsverken så att dessa kan handla upp robusta processlösningar som ger en kostnads- och resurseffektiv rening. Genom att enas om metoder, krav och kriterier kan upphandlingar bedrivas effektivare och ge bättre konkurrens på marknaden. Beställargruppen kan bli ett stöd vid förberedelser inför upphandlingar genom att ta fram kriterier för reningskrav, tekniska prestanda och modeller för utvärdering av kostnader.

Beställargruppen ska också verka för samverkan och kunskapsutbyte mellan de reningsverk som erhåller stöd från Naturvårdsverket för införande av avancerad rening av mikroföroreningar. Beställargruppen ska även aktivt sprida erfarenheterna och resultaten av de ovanstående punkterna till anläggningsägare som inte är medlemmar i nätverket.

Syftet med konsultstudierna är att ta fram material som möjliggör beställargruppens fortsatta arbete med nationell och internationell utblick. Den erfarenhet från fullskalanläggningar gällande teknik, upphandling och kravställande som finns i Europa behöver komma beställargruppens medlemmar tillgodo för att förbättra möjligheterna att förenkla införandet av avancerad rening på svenska avloppsreningsverk.

Målen för beställargruppen är att:

- Bidra till en miljöanpassad och kostnadseffektiv introduktion av tekniker för avancerad rening av läkemedelsrester och andra föroreningar.
- Bidra till att beställargruppens metoder, resultat och erfarenheter sprids och kan tillämpas vid upphandlingar, drift och skötsel i de svenska reningsverk som har behov av detta.

2 Beskrivning av aktiviteter i uppdraget

Beställargruppens arbete påbörjades 2020 med ett första planeringsmöte med Naturvårdsverket den 31 jan vars främsta syfte var att precisera uppdragets omfattning under 2020. Under mötet sammanställdes följande aktiviteter för beställargruppens arbete.

1. Arbetet påbörjas med att ta fram en webstruktur (en kombination av tabell och förklarande hemsidetext) för en sammanfattande rapportering av alla slutrapporter från Naturvårdsverkets utlysningar som kan uppdateras vartefter projekten avslutas. Om möjligt bör sammanfattningen presenteras i tabellform och inkludera en kort beskrivning av projektet, vald teknik, projektgenomförande, resultat i form av jämförbara nyckeltal (i den mån det går), och kontaktinformation osv. Även en presentation av prioriterade läkemedelsrester för varje reningsverk presenteras i tabellform. Denna sammanfattning kommer att vara ett levande dokument som uppdateras vartefter slutrapporterna lämnas in och kan refereras till som en leverans i beställargruppens redovisning av årets aktiviteter. Uppdatering görs löpande under 2020 med versionsuppdateringar vid behov.
2. Under våren 2020 påbörjas ett arbete med att ta fram fiktiva förfrågningsunderlag för två olika läkemedelsreningsprocesser; en baserad på aktiverat kol i kombination med förbehandling och en baserad på ozonering med efterföljande behandling. En konsult kontaktas och arbetar fram ett utkast under våren och sommaren 2020. Utkastet granskas av en utvald projektledargrupp med representanter från VA-organisationer med erfarenhet av upphandling av teknik för avancerad rening Workshop kring utkastet hålls i september 2020 med projektledargruppen. Därefter arbetas utkastet om och en slutlig version levereras i slutet av oktober 2020.
3. Under hösten 2020 genomförs en workshop som fokuserar på villkorsformulering för läkemedelsrening.

Alla dessa aktiviteter har också genomförts och resultatet presenteras i nedanstående rubriker.

Under 2020 utökades antalet medlemmar och uppgår nu till 38 medlemmar från 28 VA-organisationer. Dagens medlemmar är presenterade i rubrik 2.1.

2.1 Medlemmar i beställargruppen

Medlemmarna i beställargruppen för läkemedelsrening och mikroplaster utgörs till stor del av de VA-organisationer som ansökt och fått beviljat stöd från Naturvårdsverket för investeringar eller förstudier för läkemedelsrening under 2018-2020 (se bilaga 6 och 7). Även andra intresserade VA-organisationer uppmuntras att vara med i beställargruppen. I tabell 1 presenteras de medlemmar och VA-organisationer som är involverade i beställargruppen samt deras kontaktuppgifter.

Bolag/Kommun/Förbund	Representant i beställargrupp	E-post
Borås Energi & Miljö	Mariana Björklund	mariana.bjorklund@borasem.se
Eskilstuna Strängnäs Energi & Miljö	Anna Bogren	anna.bogren@esem.se
Gryaab	Gustaf Ernst	gustaf.ernst@gryaab.se
Gryaab	Susanne Tumlin	susanne.tumlin@gryaab.se
Kalmar	Qing Zhao	qing.zhao@kvab.kalmar.se
Kristianstads kommun	Inger Hansson	inger.hansson@kristianstad.se
Kungsbacka kommun	Jonatan Flodin	jonatan.flodin@kungsbacka.se
Käppalaförbundet	Jonas Grundestam	jonas.grundestam@kappala.se
Motala kommun	Anna Odnell	anna.odnell@motala.se
Motala kommun	Anna-Carin Pålsson	anna-carin.palsson@motala.se
NSVA	Hamse Kjerstadius	hamse.kjerstadius@nsva.se
Region Gotland	Henrik Nygren	henrik.nygren@gotland.se
Region Gotland	Henrik Sedman	henrik.sedman@gotland.se
Simrishamns kommun	Stefan Blomqvist	stefan.blomqvist@simrishamn.se
Simrishamns kommun	Marcus Hasselgren	marcus.hasselgren@simrishamn.se
Syvaab	Victor Kårelid	victor.karelid@syvaab.se
Tierps kommun	Jørgen Johnsen	jorgen.johnsen@temab.tierp.se
Uppsala Vatten & Avfall AB	Anna-Maria Sundin	anna-maria.sundin@uppsalavatten.se
Uppsala Vatten & Avfall AB	Johanna Andersson	johanna.andersson@uppsalavatten.se
VA Syd	Maria Jonstrup	maria.jonstrup@vasyd.se
VA Syd	Ivelina Dimitrova	ivelina.dimitrova@vasyd.se
Vatten & Miljö i Väst AB	Moshe Habagil	moshe.habagil@vivab.info
Vatten & Miljö i Väst AB	Alexander Keucken	alexander.keucken@vivab.info
Växjö kommun	Anneli Andersson Chan	anneli.anderssonchan@vaxjo.se
Örebro kommun	Helena Hasselquist	helena.hasselquist@orebro.se
Lidköpings kommun	Gudrun Magnusson	gudrun.magnusson@lidkoping.se
Lidköpings kommun	Amanda Andersson	amanda.andersson@lidkoping.se
Lidköpings kommun	Pernilla Bratt	pernilla.bratt@lidkoping.se
MSVA	Jessica Schröder	jessica.schroder@msva.se
MSVA	Malin Tuvevsson	malin.tuvevsson@msva.se
Ronneby Miljö och Teknik AB	Erika Svensson	erika.svensson@miljoteknik.ronneby.se
Ronneby Miljö och Teknik AB	Paulina Malmgren	paulina.malmgren@miljoteknik.ronneby.se
VAKIN	Sven Tunell	sven.tunell@vakin.se
Karlstad kommun	Christer Pettersson	christer.pettersson@karlstad.se
Åre kommun	Johan Palmqvist	johan.palmqvist@are.se
Haninge kommun	Stefan Fredriksson	stefan.fredriksson@haninge.se
Falun	Melviana Heden	melviana.heden@fev.se
Sorsele	Lars-Gunnar Burman	lars-gunnar.burman@sorsele.se
Alingsås	Josefin Pehrsson	josefin.pehrsson@alingsas.se
Alingsås	Malin Bugaj	malin.bugaj@alingsas.se

Medlemmar i styrgruppen är:

- Ann Mattsson, Gryaab
- Ulf Nyberg, VA Syd
- Pernilla Bratt, Lidköping
- Sara Söhr, Syvaab
- Anders Finnson, Svenskt Vatten, ordförande styrgruppen
- Jesper Olsson, Svenskt Vatten, ledare för beställargruppens sekretariat.

↑ Tabell 1

Dagens medlemmar i beställargruppen.

2.2 Hemsidans utveckling under 2020

Hemsidans första sida presenteras under följande länk:

<https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/avlopp-och-miljo/reningsverk-och-reningsprocesser/bestallargrupp-lakemedelsrester-mikroplaster-och-andra-foreoreningar/>

På denna sida går det sedan att klicka vidare till relevanta rapporter som hanterar läkemedelsrester och andra föroreningar samt mikroplaster.

Relevanta rapporter för läkemedelsrester och andra mikroföroreningar finns listade under länken:

<https://www.svensktvatten.se/vattentjanster/avlopp-och-miljo/reningsverk-och-reningsprocesser/bestallargrupp-lakemedelsrester-mikroplaster-och-andra-foreoreningar/relevanta-rapporter/>

Under 2020 har hemsidan uppdaterats med sammanfattningar av slutrapporter från Naturvårdsverkets utlysningar. Sammanfattningarna presenteras i tabellform och inkludera en kort beskrivning av projektet, vald teknik, projektgenomförande, resultat i form av jämförbara nyckeltal och kontaktinformation. Även en presentation av prioriterade läkemedelsrester för varje reningsverk presenteras i tabellform.

Ennyhetslistaharocksåupprättatspåhemsidansförstasidasamtpresentationsmaterial från den workshop om villkorsbestämmelser som genomfördes 2020-09-04.

2.3 Resultat från workshop – Villkorsbeskrivning 2020-09-03

2020-09-03 genomfördes en digital workshop om villkorsformuleringar vid installation av rening för mikroföroreningar i Alvik i Stockholm. Mötet omfattade följande aktiviteter.

- Inbjudan och kort presentation om beställargruppens arbete under 2020 samt vad har hänt sedan förra workshopen.
- Presentation om förstudier och installationer av följande medlemskommuner:
 - Kristianstad kommun – Installation Degeberga ARV – Inger Hansson
 - SYVAB – Förstudie Himmerfjärdsverket – Viktor Kårelid
 - GRYAAB – Förstudie Ryaverket – Gustaf Ernst
 - Kungsbacka kommun – Förstudie Kullaviks ARV – Charlotte Bourghardt
 - Växjö kommun – Förstudie Sundets ARV – Jeanette
- Tillståndsprövsprocessen i Lidköping - Gudrun Magnusson – Lidköpings kommun
- Villkorsformuleringar vid rening av mikroföroreningar tillståndsprövsprocess innehållandes rening av mikroföroreningar – Peter Sörngård – Svenskt Vatten
- Grupparbete angående villkorsformulering.

Grupparbetet omfattade ett uppdrag att besvara följande två frågor:

1. Identifiera lämpliga parametrar för uppföljning eller villkorsreglering av utsläpp av läkemedelsrester eller andra mikroföroreningar
2. Formulera åtminstone ett särskilt villkor

Åhörarna delades in i 4 grupper med 7 - 8 personer i varje grupp. Grupp 1 och 2 hade i uppdrag att analysera och lös uppgiften med utgångspunkten att Miljökvalitetsnormerna (MKN) för en eller flera mikroföroreningar i recipienten inte följs. Grupp 3 och 4 hade utgångspunkten att analysera och lösa uppdraget med utgångspunkten att Miljökvalitetsnormerna (MKN) följs men avancerad rening ändå ska införas.

Grupp 1 och 2 skulle också beakta följande i diskussionerna:

- A. Krav i ett särskilt villkor kan gälla;
 - a. i recipienten eller utsläppet/reningsverket med utgångspunkt från det/de MKN-ämnena som inte följs.
 - b. fler eller andra ämnena än MKN-ämnena/parametrar, eller t.ex. parameter för en effektbaserad metod.
- B. Den lagstadgade skyldigheten till recipientkontroll är att;
 - a. identifiera det egna reningsverkets påverkan på MKN och miljön skiljt från andra källors påverkan
 - b. kontrollera eller komplettera villkorskrav
- C. Vad man bör skaffa eller ha kunskaper om för att lösa uppdraget

Grupp 3 och 4 skulle också beakta följande i diskussionerna:

- A. Krav i ett särskilt villkor kan gälla;
 - a. i recipienten eller utsläppet/reningsverket
 - b. ett eller flera ämnena/parametrar eller någon samlingsparameter, t.ex. för en effektbaserad metod.
- B. Den lagstadgade skyldigheten till recipientkontroll är att;
 - a. identifiera det egna reningsverkets påverkan på miljön skiljt från andra källors påverkan
 - b. kontrollera eller komplettera villkorskrav
- C. Vad man bör skaffa eller ha kunskaper om för att lösa uppdraget.

Resultaten av grupparbetena presenteras nedan

Grupp 1:

Gruppen resonerade att det ska vara särskilt förorenande ämne (SFÄ) eller och prioriterade ämnena som medför att MKN inte följs.

Enligt grupp 1 finns inte kunskap idag för föreskrivande av särskilt villkor. Det förutsätter därför att detta föregås av en provotidsredovisning. Vidare behöver analyserna vara ackrediterade. Rapporteringsgränsen för läkemedelsanalyserna ska nå ner till halterna angivna i HVMFS 2019:25 jmf 17-alfa-etinylöstradiol och 17-beta-östradiol.

Halt kan vara prioriterat före reduktionsgrad med motivering att det minskar incitamentet för uppströmsarbetet.

Beakta att stora haltvariationer kan förekomma i inkommande avloppsvatten t.ex. i små avloppsreningsverk vilket istället kan motivera ett villkor som reglerar reduktionsgrad.

Särskilda aspekter vad gäller drift ozon behöver beaktas vid villkorsskrivning. Vid användning av t.ex. ozon kan förmodligen inte allt flöde köras genom anläggningen. Kan därför kräva en särskild reglering antingen genom det allmänna villkoret eller i ett särskilt villkor.

Förslag på villkorsbeskrivning från gruppen:

- Halten av _____ i utgående vatten från reningsverket får som årsmedelvärde inte överstiga X mg/l.
- Halten av _____ i utgående renat avloppsvatten från reningsverket får som månadsmedelvärde inte överstiga X mg/l. Villkoret är uppfyllt om minst Y av tolv uppmätta månadsmedelvärden under kalenderåret understiger begränsningsvärdet. Månadsmedelvärdet får aldrig överstiga Z mg/l.
- Haltvillkor kan t.ex. behövas när avloppsvattnet ska återanvändas.
- Reduktionen av _____ i utgående renat avloppsvatten får som X medelvärde inte överstiga Y%. Kan t.ex. vara en fördel när man inte styr halt i inkommande vatten.

Grupp 2:

Även i denna grupp resonerade man att det ska vara SFÄ eller och prioriterade ämnen som medför att MKN inte följs.

Förslag på villkorsbeskrivning från gruppen:

- Prövotidsförfarande med utredningsvillkor
- Villkor kopplas till PEC/PNEC i mängd per år för de SFÄ:er som överskrider miljökvalitetsnormer.
- Mäts som veckoprov/månad
- Dimensionering måste ske med marginal

Grupp 3:

Denna grupp resonerade på följande sätt:

Viktigt att ha ett varaktigt stöd från beslutsfattare/politik i en långsiktig process.

Viktigt att förstå vad som driver införandet av avancerad rening, miljö, PR, vattenåtervinning.

Vill göra en miljövinst som i sig är god, men som ger en annan miljöpåverkan i el eller insatskemikalier, så att miljöpåverkan uttryckt som CO₂-ekv <0.

Viktigt att göra riskbedömningen, riskkvot PNEC, som underlag för vad som behöver göras.

Viktigt att parametrar väljs som kan analysera på ett bra sätt och inte är för dyra.

Viktigt att substansen finns i lagom mängd för att kunna påvisa reningseffekt. Ämnen kan ersättas av nya, vilket kan innebära att villkoret blir inaktuellt. Möjlighet att använda sig av ämnesgrupper.

Tidsbegränsade villkor, jämför förbränning av sprängämnen med tillstånd 5 år i taget? Vill kunna planera investeringar i det långa perspektivet, kortsiktigt ändrade krav kan göra investeringen mindre optimal.

Det SKA finnas en föreskrift (Tas fram av Naturvårdsverket) som reglerar indikatorsubstanser och provtagningsfrekvens, hur mätningar ska gå till, hur ofta och vilka substanser. Viktigt att kunna göra relevanta avsteg från Naturvårdsverkets lista, med acceptans från Naturvårdsverket att så är tillåtet.

Man bör finna ett vedertaget sätt att arbeta/följa upp parametrar/substanser.

Förslag på villkorsbeskrivning från gruppen:

- Allmänt villkor: Uppströmsarbete för att minska utsläpp uppströms m a p läkemedelsrester.
- Särskilt villkor: Anläggning för reningsverket, inklusive avancerad rening, ska reducera indikatorsubstanser med 80 % som årsmedelvärde.
- Särskilt villkor: Anläggning för avancerad rening ska vara tillgänglig XX antal timmar per år.
- Särskilt villkor: Efter X år ska analyserade indikatorsubstanser revideras efter behov i samarbete med tillsynsmyndighet.

Grupp 4:

Denna grupp resonerade på följande sätt:

Viktig att kunna införa läkemedelsrening på eget initiativ i en kommunal verksamhet.

Om krav ställs på att bygga en anläggning är det viktigt att man vet vad den uppnå.

Det är viktigt att kraven för läkemedelsrening är enhetliga i landet så att utredarna ser behoven på samma sätt.

Viktigt att det blir likformigt beroende för hur analyserna av läkemedelsresterna utförs.

Troligen vill myndigheterna ställa krav nu eftersom det bara finns luckan när tillståndet förnyas.

Ett dilemma är att läkemedelsanvändning ändras över tid och mellan orter. En möjlighet är en central lista över vilka läkemedel som är viktiga som uppdateras över tid och som alla villkoren förhåller sig till. Reduktion och halter förhåller sig då till denna lista. Hur man än gör måste villkoren vara dynamiska.

Se §9 i egenkontrollförordningen.

Förslag på villkorsbeskrivning från gruppen:

- Börja med ett utökat kontrollprogram där man följer en nationellt framtagna parameterlista. Konsekvens: Håller öppet vad anläggningen ska åstadkomma. Det blir inte lika stort risk-tagande avseende att inte exakta ämnesvillkor uppfylls.
- Utgå från den specifika belastningen in och påverkan på recipienten. Ger villkor på ämnen, reduktionsgrader eller halter ut.
- Konsekvens: Reduktion i kombination med halter. Hur ska man hantera att läkemedelsanvändning ändras över tid?
- Ett villkor behöver inte peka på ett särskilt ämne. Utan ett villkor på att ha anläggningen i drift en andel av året på ett särskilt sätt. Eller behandla en viss andel av vattnet.
- Konsekvens: Då får man ha redundans så att man uppfyller villkoret.

En samlad analys av de olika gruppernas arbete visar på att:

- För lite kunskap finns idag för att kunna sätta villkor.
- Prövotidsförfarande med utredningsvillkor bör vara den modell som appliceras.
- Deltagarna efterlyser en nationellt framtagna parameterlista som ska följas.

Diskussionen och synpunkterna lyftes sedan till stor del in kapitel 3, Bra villkor och villkorsförutsättningar samt i den tillhörande bilaga 2.

2.4 MEC/PNEC-bedömning – Bilaga 1

Under workshopen den 3 september genomfördes också en presentation av Marlene Ågerstrand från Stockholms universitet som beskrev svårigheten att bedöma PNEC (Predicted No Effect Concentration)-värden och därmed kunna beräkna MEC (Measured Environmental Concentration)/PNEC- kvoterna för olika substanser.

I bilaga 1 presenteras PNEC – bedömningen av 39 läkemedelssubstanser som genomförts av Marlene Ågerstrand för SYVAB.

I rapporten betonas följande komplicerande aspekter vid användandet av PNEC för olika substanser:

- *Bristen på genomförda studier.* Inte alla substanser har ekotoxikologiska studier som är tillgängliga publikt eller har tillräckliga studier för att en komplett bedömning kan genomföras. Dessutom kan studierna skilja i utförandet vilket också försvårar en bedömning.
- *Bristen på tillförlitliga och/eller trovärdiga studier.* Tillgängliga ekotoxikologiska studier skiljer sig så att det blir svårt att göra en PNEC-bedömning.
- *Användandet av experters utlåtande.* Olika experter har olika slutsatser i deras utlåtanden av sina PNEC-värden. De kan ge olika svar beroende på hur de bedömer trovärdigheten av de ekotoxikologiska studierna.

Dessa komplicerande faktorer kan innebära att PNEC förändras över tid när exempelvis nya ekotoxikologiska studier blir tillgängliga

För SYVABs fall rekommenderades därför en kombination av två metoder för framtida utvärdering för införande av avancerad rening vid Himmerfjärdsverket:

- Mät koncentrationen av de olika läkemedelssubstanserna i inkommande och utgående vatten före och efter införandet av avancerad rening.
- Kalkylera MEC/PNEC-kvoten före och efter införandet av avancerad rening.

Metoderna kan kombineras för att minska svagheterna i varje metod.

2.5 Sammanfattning av slutrapporterna

2.5.1 Inledning

Naturvårdsverket har i uppdrag att fram till 2023 fördela bidrag för att genomföra åtgärder som syftar till att förbättra vattenmiljön. Naturvårdsverket får använda 170 miljoner kronor för att ge bidrag till investeringar i:

- dagvattenåtgärder som minskar mikroplaster och andra föroreningar via dagvatten
- implementering av avancerad rening för avskiljning av läkemedelsrester vid avloppsreningsverk

Vid implementering av avancerad rening delas projekten in i:

- **Förstudieprojekt** som omfattar framtagning av underlag för ett investeringsbeslut.
- **Investeringsprojekt** som omfattar hela processen från förstudie, upphandling, genomförande av entreprenad, idrifttagning samt utvärdering. Ett investeringsprojekt gäller en anläggning.

I varje projekt sammanfattas resultaten i en slutrapport. På beställargruppens hemsida sammanfattas dessa slutrapporter i en kort beskrivning av projektet, vald teknik, projektgenomförande och kontaktinformation. Även en presentation av prioriterade läkemedelsrester för varje reningsverk presenteras. Denna sammanfattning kommer att vara ett levande dokument som uppdateras vartefter slutrapporterna lämnas in och kan refereras till som en leverans i beställargruppens redovisning av årets aktiviteter.

2.5.2 Sammanfattningar av förstudieprojekt

I tabell 2 sammanfattas de slutrapporter som inkommit under 2019 och 2020

Syvab, Himmerfjärdsverket:

Syvab genomförde under december 2018-november 2019 en förstudie för läkemedelsrening på Himmerfjärdsverket, till stor del finansierad av Naturvårdsverket. Syftet med projektet var att ta fram beslutsunderlag inför en eventuell investering i rening av läkemedelsrester på Himmerfjärdsverket samt att sprida kunskap om rening av läkemedelsrester.

Projektet inleddes med en teknikutredning, där ett antal tekniker utreddes översiktligt med avseende på bland annat teknikmognad, ekonomi (i grova drag), reningseffekt, logistik, miljö samt kompatibilitet med det framtida Himmerfjärdsverket. Här ingick även erfarenheter från tidigare pilotförsök vid Himmerfjärdsverket. I detta skede fastslogs även dimensionerande flöde för läkemedelsreningen. Utifrån teknikutredningen fattade projektets styrgrupp beslut om att gå vidare med ett principförslag för filtrering av utgående vatten från den framtida MBR-anläggningen med granulerat aktivt kol (GAK). Beslut togs även att utforma anläggningen med filter i två steg, eftersom detta bedömdes öka livslängden på det aktiva kolet så mycket att

det uppväger en ökad investeringskostnad. Principförslaget omfattar en ny anläggning öster om befintligt bassängblock. Anläggningen är utformad som gravitationsfilter i två steg med mellanpumpning. Placeringen innebär behov av pumpning till anläggningen. Investeringskostnaden för GAK-filteranläggningen bedöms till 433 MSEK. Den totala årskostnaden bedöms till 58–89 MSEK eller 1,0–1,5 kr/m³ (stort spann pga. osäkerhet kring livslängd för aktivt kol). Detta innebär en ökning med ca 20–30 % jämfört med Syvabs framtida kostnader med utbyggd MBR (5,0 kr/m³).

Förekomsten av läkemedelssubstanser och andra mikroföroreningar i Himmerfjärdsverkets utgående avloppsvatten samt recipienten analyserades under projektet. Provtagningar genomfördes vid tre tillfällen under februari-juli 2019 i inkommande och utgående avloppsvatten samt i två punkter i recipienten. En utspädningsfaktor i storleksordningen 100 från reningsverket till Himmerfjärden definierades i projektet baserat på flödesbalanser, vattenutbyte i fjärden med yttre skärgården och på provtagningar i recipienten under projektet.

Olikariskbedömningar som gjordes, delvis baserat på ny kunskap som sammanställdes inom projektet, tyder på att en extra rening för läkemedelsrester vid Himmerfjärdsverket kan vara motiverat.

Den riskbedömning som genomförts och baserats på riskkvoter i recipienten visade på att samtliga analyserade substanser, förutom fyra stycken, hade en riskkvot under 0,1 i recipienten, vilket indikerar låg risk. För att uppnå en riskkvot <1 för samtliga analyserade substanser skulle det krävas ytterligare 98% reduktion med avseende på Citalopram, 53% med avseende på Oxazepam och 20% med avseende på Ranitidine. Avsaknaden av kroniska effektstudier för Citalopram och Ranitidine innebär dock väldigt höga säkerhetsfaktorer, och att försöka uppnå en riskkvot <1 för dessa substanser kan därmed inte vara motiverat med dagens kunskapsläge och kompletterande effektstudier rekommenderas. En riskbedömning baserad på klassningen av ekologisk status av recipienten visar att halten av Diklofenak i recipienten efter utspädning ligger väldigt nära gränsvärdet. Beräknad halt i recipient efter utspädning är 0,00913 µg/l och gränsvärdet i kustvatten enligt HVMFS 2013:19 är 0,01 µg/l (årsmedelvärde). Detta indikerar att Syvab skulle kunna få krav på utökad rening av Diklofenak, redan med dagens krav på utsläppshalter, oavsett om det skulle införas särskilda krav för rening av läkemedelsrester eller inte.

Örebro (Skebäcksverket):

Örebro kommun har erhållit finansiering från Naturvårdsverket för att genomföra en förstudie som skall generera underlag för beslut om behov, omfattning och kostnad för läkemedelsrening vid Skebäcksverket. Veolia Water Technologies har på uppdrag av Örebro kommun genomfört denna förstudie.

Skebäcksverket ligger i Örebro kommun och recipient för utgående avloppsvatten är Svartån som vidare mynnar ut i Hjälmarén. Provtagningar i både inkommande och utgående avloppsvatten vid Skebäcksverket visar på förekomst av läkemedelsrester. Halterna överensstämmer med vad som rapporterats från flera andra kommunala avloppsreningsverk. En provtagning som genomfördes 2019 visar dessutom att halten av flertalet substanser ökar i recipienten efter reningsverkets utsläppspunkt jämfört med före. Rapporter finns på förhöjda halter av PFOS i fisk och VISS föreslår åtgärder vid reningsverket för att minska utsläppen av PFOS.

Man har kommit fram till att den mest lämpliga placeringen av en framtida läkemedelsrening är efter slutsedimenteringarna eftersom vattnet där är så rent som möjligt vilket bland annat har den fördelen att det leder till lägst driftkostnader. Historiska data på utgående vatten har analyserats för att få fram en dimensionerande avloppssituation som kan användas för att dimensionera framtida läkemedelsrening.

Efter förstudie har två metoder bedömts varit mest intressanta att arbeta vidare med i detalj och ta fram drifts- och investeringskostnader för. Dessa lösningar är:

- Ozonbehandling följt av adsorption i granulerade aktivt kolfilter
- Actiflo® Carb med integrerad tillsats av ozon

Riskbedömning för att ta fram prioriterade läkemedelssubstanser har inte genomförts i denna studie. Provtagning som genomförts 2019 i utgående spillvatten från reningsverket visar på förekomst av ciprofloxacin, claritromycin, diklofenak, karbamazepin, metoprolol, oxazepam och trimetoprim. Nedströms utsläppspunkt i Svartån kunde man konstatera förekomst av ciprofloxacin, claritromycin, karbamazepin, metoprolol, oxazepam och trimetoprim.

I HVFMS 2013:19 finns bedömningsgrunder för särskilda förorenande ämnen i inlandsytvatten. För ytvatten finns gränser för årsmedelvärden och/eller maximal tillåten koncentration (avses enheten µg/l). Värdet maximal tillåten koncentration för ciprofloxacin i Svartån (recipient för Skebäckverket) är 0,1 µg/l och årsmedelvärde för diklofenak 0,1 µg/l.

I utgående spillvatten från Skebäckverket var halten ciprofloxacin 0,0013 µg/l och diklofenak 0,66 µg/l vid provtagning 2019. I proverna 2019 nedströms reningsverkets utlopp var halten ciprofloxacin 0,0017 µg/l medan inget diklofenak kunde detekteras.

Vivab (Ullareds RV):

I enighet med förordning (2018:495) från Miljö- och Energidepartement har VIVAB fått bidragsstöd från Naturvårdsverket för en utförande av förstudie för läkemedelsrening i Ullareds avloppsreningsverk. Ullareds avloppsreningsverket (ARV) har en särskild sammansättning av inkommande avloppsvatten eftersom den mest betydande belastningen härrör från verksamheter som är knutna till handelsverksamheten vid Gekås och därmed ett större antal av besökarna enbart vistas under kortare tidsperioder inom avrinningsområdet. Dessutom tillhör recipienten (Högvadsån) till ett av regeringens godkända Natura 2000-områden enligt EU:s art och habitatdirektiv vilket utgör en betydelsefull motivering för Naturvårdsverkets beslut om bidrag.

Förstudien utfördes i samarbete med IVL Svenska Miljöinstitutet och kan indelas i 3 olika faser. Under den första fasen utfördes kartering av mikroföroreningar med fokus på Läkemedel, antibiotika, hormoner, bakterier och mikroplaster. Karteringen begränsades inte enbart till reningsverket utan utvidgades till reningsverkets primära (Högvadsån) och sekundära (Ätran) recipienter. Vidare utfördes riskanalyser och riskbedömningar baserat på den s.k. EC/PNEC -kvoten i primärrecipienten samt baserat på miljökvalitetsnormer och sekundärrecipienten. I den andra fasen utvärderades och jämfördes olika fristående tekniker och teknikkombinationer utifrån reningsverkets specifika förutsättningar. Under den tredje fasen utfördes pilotstudier med en trumfiltersanläggning som kompletterades med koagulering för att höja avskiljningsgraden, samt med en ozonanläggning som införskaffades från Ozontech.

Flera försök utfördes under pilotstudierna. Koaguleringsförsök utfördes runt trumfiltret för att kunna bestämma den optimala koaguleringsdosen. Tre olika ozoneringstester utfördes för att få fram den verkliga ozoninlösningen vid olika flöden. Ozoneringstesterna utfördes med dricksvattnen, nitritlösning samt med ORP. För att försäkra sig att inga cancerogena bromatprodukter produceras från ozonanläggningen, undersöktes halterna av bromider och bromater in och ut från pilotanläggningarna. Ozoneringens och trumfiltrets effekt på reducering av mikroföroreningar undersöktes med veckoprover i två olika omgångar. Vidare undersöktes ozoneringseffekten på reducering av mikroföroreningar genom en stickprovkampanj vid olika ozondoser. Pilottester med ozoneringen kunde visa att en effektiv rening (>90%) av många substanser kan uppnås vid väldigt låga ozondoser motsvarande 0,17 mg O₃/mg DOC.

Förutom Citalopram och Oxazepam har samtliga undersökta substanser enligt den genomförda riskbedömningen en riskkvot under 0,1 i recipienten vilket medför låg risk. Endast Citalopram ligger över en riskkvot motsvarande 1,0. Förstudien har visat att halter av inkommande vatten till Ullared ARV är högre för många läkemedelssubstanser jämfört med andra svenska anläggningar. Framförallt Gekås köpcentrum står för en signifikant andel av belastningen. Men utifrån genomförda riskbedömningar baserat på den väldigt effektiva avskiljning av mikroföroreningar i dagens reningsprocess samt recipientens höga spädningseffekt kan det konkluderas att det inte finns behov för extra rening vid Ullared ARV. Däremot rekommenderar projektgruppen att utföra liknande karteringar och recipientundersökningar på VIVAB:s stora verk, Smedjeholmen och Getterverket inom snar framtid.

NSVA (Öresundsverket-Helsingborg):

Sweco har på uppdrag av Nordvästra Skånes Vatten och Avlopp AB (NSVA) genomfört en utredning för ett kompletterande reningssteg på Öresundsverket i Helsingborg för avskiljning av läkemedelsrester från avloppsvattnet. De grundläggande förutsättningarna för uppdraget har varit att förprojektera en anläggning med ozonering och ett efterföljande biologiskt reningssteg. Syftet med förprojekteringen har varit att hitta en lämplig lokalisering och dimensionering av en anläggning, samt ta fram preliminära bygghandlingar och flödesscheman för att kunna kostnadsuppskatta läkemedelsreningen. Kostnadsuppskattningen kommer ligga till grund för ett framtida investeringsbeslut.

För att avskilja läkemedelsrester på Öresundsverket rekommenderar Sweco att ett ozonerings-steg placeras efter befintliga sandfilter. Ozon rekommenderas att produceras från syre som lagras i tankar på Öresundsverkets fastighet. Ozonet tillsätts med diffusorer till avloppsvattnet i två parallella kontakttankar. Det ozonbehandlade vattnet genomgår sedan en biologisk rening för avskiljning av nedbrytningsprodukter i en MBBR för respektive kontakttank. Utgående vatten passerar befintlig provtagare för renat avloppsvatten innan det släpps till recipienten. Dimensioneringen av den föreslagna reningsprocessen presenteras i tabellen nedan. Eftersom det finns relativt lite erfarenhet från etablering och drift av denna typ av rening i Sverige har den föreslagna anläggningen dimensionerats utifrån referensanläggningar i Tyskland och Schweiz.

Kostnaderna för anläggningen har beräknats till 110 MSEK (5,7 kr/m³). Driftskostnaderna per år för anläggningen har uppskattats till 4,2 MSEK (0,22 kr/m³) med dagens belastning på reningsverket och 5,3 MSEK för den prognostiserade belastningen 2035. Anläggningen förväntas förbruka 1,6 GWh/år med den nuvarande belastningen och 2,1 GWh/år 2035. Syreförbrukningen har beräknats till 1 400 ton/år i dagsläget och 1 900 ton/år 2035.

Under utredningen har flera frågeställningar dykt upp och lösts med en iterativ design-approach. Detta har resulterat i att lokaliseringen har setts över och ändrats ett flertal gånger. Det finns kvarstående frågeställningar som fortfarande inte är helt utredda och dessa behöver hanteras innan en anläggning handlas upp. De viktigaste frågeställningarna som återstår att lösa behandlar risken för bromatbildning vid ozonering, vilken typ av styrning som är mest kostnadseffektiv, och huruvida en efterföljande MBBR-process är tillräcklig för att bryta ner eventuella transformationsprodukter. Då svenska krav och riktlinjer på läkemedelsrening saknas idag går det inte att garantera att den föreslagna anläggningen kommer uppfylla framtida sådana. Det är dock troligt att svenska krav baseras på erfarenheter från Schweiz och Tyskland, såsom denna dimensionering.

NSVA (Lundåkraverket - Landskrona):

Sweco har på uppdrag av Nordvästra Skånes Vatten och Avlopp AB (NSVA) genomfört en utredning för ett kompletterande reningssteg på Lundåkraverket i Landskrona för avskiljning av läkemedelsrester från avloppsvattnet. De grundläggande

förutsättningarna för uppdraget har varit att förprojektera en anläggning med ozonering och ett efterföljande biologiskt reningssteg. Syftet med förprojekteringen har varit att hitta en lämplig lokalisering och dimensionering av en anläggning, samt ta fram preliminära bygghandlingar och flödesscheman för att kunna kostnadsuppskatta läkemedelsreningen. Kostnadsuppskattningen kommer ligga till grund för ett framtida investeringsbeslut.

För att avskilja läkemedelsrester på Lundåkraverket rekommenderar Sweco att ett ozoneringssteg placeras efter befintligt kemsteg. Ozon rekommenderas att produceras från syre som lag-ras i tankar på Lundåkraverkets fastighet. Ozonet tillsätts med diffusorer till avloppsvattnet i en kontakttank. Det ozonbehandlade vattnet genomgår sedan en biologisk rening för avskiljning av nedbrytningsprodukter i en MBBR som ligger i anslutning till kontakttanken. Utgående vatten passerar befintlig provtagare för renat avloppsvatten innan det släpps till recipienten. Dimensions-ioneringen av den föreslagna reningsprocessen presenteras i tabellen nedan. Eftersom det finns relativt lite erfarenhet från etablering och drift av denna typ av rening i Sverige har den föreslagna anläggningen dimensionerats utifrån referensanläggningar i Tyskland och Schweiz.

Kostnaderna för anläggningen har beräknats till 45 MSEK. Driftskostnaderna per år för anläggningen har uppskattats till 1,2 MSEK (0,22 kr/m³) med dagens belastning på reningsverket och 1,7 MSEK för den prognostiserade belastningen 2035. Anläggningen förväntas förbruka 380 MWh/år med den nuvarande belastningen och 520 MWh/år 2035. Syreförbrukningen har beräknats till 330 ton/år i dagsläget och 520 ton/år 2035.

Under utredningen har flera frågeställningar dykt upp och lösts med en iterativ design-approach. Detta har resulterat i att lokaliseringen har setts över och ändrats ett flertal gånger. Det finns kvarstående frågeställningar som fortfarande inte är helt utredda och dessa behöver hanteras innan en anläggning handlas upp. De viktigaste frågeställningarna som återstår att lösa behandlar risken för bromatbildning vid ozonering, vilken typ av styrning som är mest kostnadseffektiv, och huruvida en efterföljande MBBR-process är tillräcklig för att bryta ner eventuella transformationsprodukter. Då svenska krav och riktlinjer på läkemedelrening saknas idag går det inte att garantera att den föreslagna anläggningen kommer uppfylla framtida sådana. Det är dock troligt att svenska krav baseras på erfarenheter från Schweiz och Tyskland, såsom denna dimensionering.

VA-verksamhet	Undersökta tekniker	Kontaktuppgifter	Prioriterade läkemedels-substanser efter riskvärdering	Läkemedels-substanser som ligger nära eller över-skrider SFÅ enligt HVMFS 2013:19	Investerings-kostnad och driftkostnad
Syväb (Himmerfjärdsverket)	MBR-teknik i kombination med GAK	Johanna Grim Johanna.grim@ramboll.se	Citalopram, Oxazepam, Ranitidine och Diklofenak	Diklofenak	Inv. :433 MSEKDrift: 1-1,5 kr/m ³ Inkluderar även avskrivning från investerings-kostnad
Örebro kommun (Skebäcksverket)	Ozon +GAK Actiflo® Carb med integrerad tillsats av ozon	Helena Hasselqvist Helena.hasselqvist@orebro.se	Ej genomförd prioritering i detta projekt men följande finns i utgående vatten: Ciprofloxacin, Claritromycin, Diklofenak, Karbamazepin, Metoprolol, Oxazepam och Trimetoprim	Diklofenak i utgående spillvatten från Skebäcksverket	
VIVAB (Vatten & Miljö i Väst AB)	Ozon + mikrofiltrering	Moshe Habagil Moshe.Habagil@vivab.info Alexander Keuken Alexander.Keucken@vivab.info	Citalopram och Oxazepam		
NSVA (Öresundsverket)	Ozon + MBBR	Hamse Kjerstadius hamse.kjerstadius@nsva.se	Ingen riskvärdering genomförd inom projektet		Inv. 110 MSEKDrift: 0,22 kr/m ³
NSVA (Lundåkraverket)	Ozon + MBBR	Hamse Kjerstadius hamse.kjerstadius@nsva.se	Ingen riskvärdering genomförd inom projektet		Inv. :45 MSEKDrift: 0,22 kr/m ³

↑ **Tabell 2**
Sammanfattning av
inkomna slutrapporter.

3 Bra villkor och villkorsförutsättningar

Som ett resultat av den workshop Beställargruppen hade den 3 september har en utvecklad text tagits fram som presenteras i bilaga 2. En sammanfattning av bilaga 2 finns presenterad i nedanstående text.

Det bör vara möjligt att ge tillstånd för reningsverk som inför avancerad rening men låta reningen ingå i det inledande allmänna villkoret. Hindren för mer noggrann villkorsreglering är tyvärr ännu många. Metoderna för mätning, kontroll och utvärdering behöver utvecklas innan det går att skriva tydliga särskilda villkor med begränsningsvärden för utsläpp av mikroföroreningar eller för halter i recipienten som reningsverkets utsläpp påverkar. Sådana villkor är straffbelagda varför efterlevnaden behöver kunna kontrolleras på ett tillräckligt säkert sätt. Det behöver bli möjligt att kvalitetssäkra kontrollkedjan - från provtagning ute i fält till analys på laboratorium eftersom det finns föreskrifter som kräver detta. Så länge metoderna är outvecklade och när dataunderlagen från miljövakningen brister kan det svårt att definiera behoven i en specifik ytvattenförekomst av avancerad rening av sådana ämnen eller grupper av ämnen som släpps ut till vattenförekomsten.

Utrednings- och provotidsvillkor bör vara väl avgränsade och genomförbara utan inslag av forskning. Exempelvis ansvarar ett reningsverk inte för att forska på kemiska ämnens inneboende egenskaper och hur egenskaperna i sin tur påverkar biologin i en lokal recipient, som fler än reningsverket kan påverka. Skyldigheten att ha kunskaper tar fast på kunskaper som finns tillgängliga inom forskning, hos myndigheter och i övrigt i samhället. Vi utvecklar förutsättningarna för villkorsskrivning i bilaga 2.

Skriven av
Peter Sörngård,
Svenskt Vatten

4 Förfrågningsunderlag för ozonering och GAK – bilaga 3 och 4

Två fiktiva förfrågningsunderlag för olika läkemedelsreningsprocesser har tagits fram av SWECO; en baserad på granulerat aktivt kol i kombination med förbehandling och en baserad på ozonering med efterföljande behandling.

I uppdragsbeskrivningen fanns följande punkter sammanfattade som också kan användas som läsanvisningar:

- Båda underlagen ger en allmän beskrivning av två tänkta anläggningstyper. Ska ge stöd för projektledare och konsulter vid projektering av ozonanläggning och GAK
- Det är enbart rambeskrivningar för bygg, styr, kraft och VVS.
- Det är enbart rambeskrivningar för biologisk efterpolering samt filtrering för GAK-anläggning.
- Ett antal alternativa lösningar finns beskrivna i varje underlag.

I nedanstående avsnitt sammanfattas de två förfrågningsunderlagen.

Båda underlagen har granskats av en utvald projektledargrupp med representanter från VA-organisationer med erfarenhet av upphandling av teknik för avancerad rening.

Underrubrik 4.3 finns några avslutande tips gällande upphandling av läkemedelsrening från Robert Sehlén (Processingenjör Tekniska Verken, Linköping) och Mikael Nielsen (Teknik- och avtalsansvarig, Käppalaförbundet).

4.1 Ozonering med efterföljande behandling

Förfrågningsunderlaget rör upphandling av en ozoneringsanläggning. Som efterföljande biologisk efterbehandling föreslås en MBBR, men denna del är separat och kan vara av någon annan typ.

Innan en upphandling kan genomföras behöver processen utredas och utformas så att den passar det specifika reningsverket. För dimensionering av ozoneringsanläggningen (uppehållstid i reaktortank, ozondos etc.) hänvisas till ”Konsultrapport – kunskapsläget beträffande avancerad rening av mikroföroreningar”.

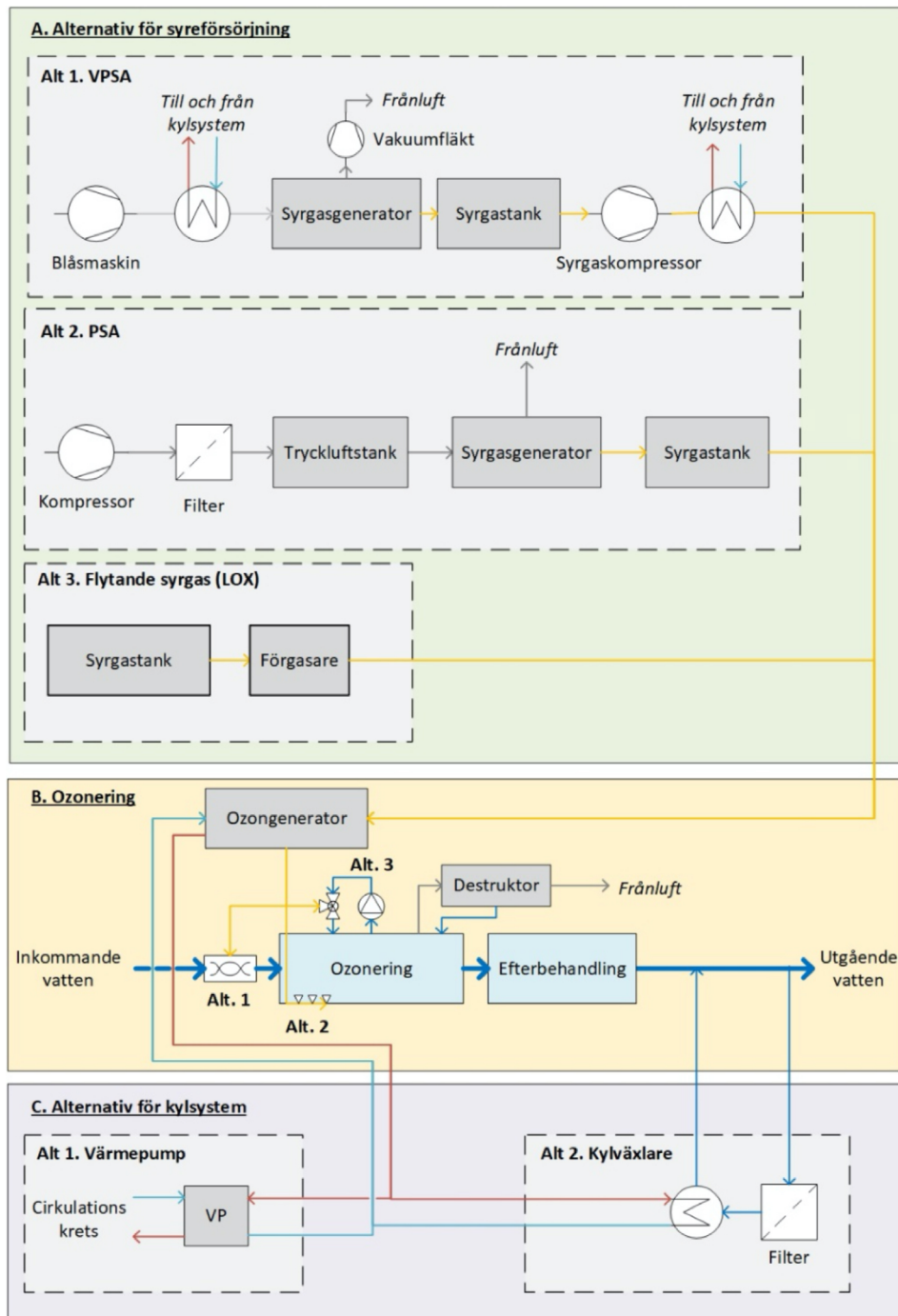
När det gäller val av maskinell utrustning presenteras alternativ och rekommendationer i en funktionsbeskrivning, tillsammans med en beskrivning av ozoneringsprocessen. Utvald utrustning beskrivs därefter i en teknisk beskrivning för maskin varefter en rambeskrivning för det efterföljande biologiska reningssteget redovisas.

Gällande övriga discipliner (bygg, VVS, el och styr) presenteras endast rekommendationer eftersom utförandet av det vatten som kommer att belasta kolet.

I slutet av dokumentet ges rekommendationer för kontroll, driftsättning och besiktning.

Ozoneringsprocessen beskrivs i korthet med att vattnet leds genom en sluten kontakttank med dose-ring av ozon som bryter ned läkemedelsresterna genom kemisk oxidation se figur 1. Uppehållstiden i tanken ska vara tillräcklig för att allt ozon ska hinna reagera. Frånluften från kontakttanken leds genom en ozondestruktor för att säkerställa att eventuella ozonrester inte ska släppas till atmosfären. I det efterföljande biologiska reningssteget (MBBR) ska eventuella oxidationsbiprodukter i vattnet brytas ned.

Ozonet produceras i generatorer som matas med syrgas, vilken antingen köps in i flytande form (LOX) eller skapas på plats från luften med hjälp av syrgasgeneratorer (PSA eller VPSA). Ozongeneratorerna blir varma vid drift och behöver kylas, vilket normalt sker med kylvatten i en sluten krets. Kylkretsen kyls oftast med en värmeväxlare som använder behandlat avloppsvatten som kylmedia. Alternativt kan kylkretsen kylas med den kalla sidan på en värmepump.



Figur 1

Blockschema över en ozoneringsanläggning för läkemedelsrening med alternativ för syrgasförsörjning; VPSA (A1), PSA (A2) eller LOX (A3), dosering; statisk mixer (B1), diffusorer (B2) eller injektor (B3) och kylning; värmepump (C1) eller kylväxlare med utgående avloppsvatten (C2).

4.2 GAK med förbehandling

Detta förfrågningsunderlag rör upphandling av en filteranläggning med granulerat aktivt kol, GAK.

Innan en upphandling kan genomföras behöver processen utredas och utformas så att den passar det specifika reningsverket. För dimensionering av filteranläggningen (uppehållstid i filter, filtreringshas-tighet etc.) hänvisas till bilaga 2 "Konsultrapport – kunskapsläget beträffande avancerad rening av mikroföroreningar" av Michael Cimbritz i förra årets slutrapport från Beställargruppen https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/wp-content/uploads/2019/11/M147_1102.pdf

När det gäller val av maskinell utrustning presenteras alternativ och rekommendationer tillsammans med en beskrivning av filtreringsprocessen. Utvald utrustning beskrivs därefter detaljerat. I kapitel 4 redovisas en kort rambeskrivning för förbehandlingssteget som föregår kolfiltren.

För övriga discipliner (bygg, VVS, el och styr) presenteras endast kortare rekommendationer eftersom utförandet av dessa blir mycket projektspecifika.

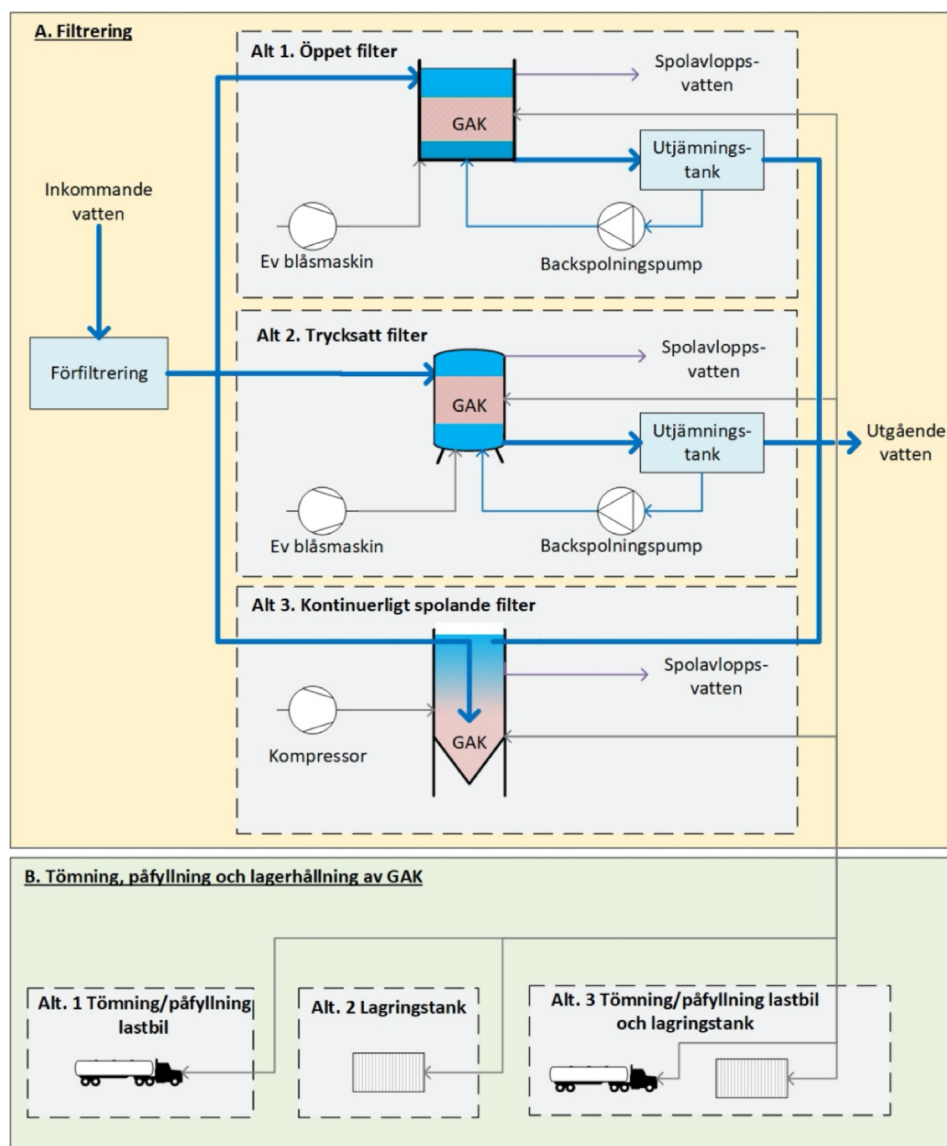
I slutet av underlaget ges rekommendationer för kontroll, driftsättning och besiktning

Processen beskrivs i korthet med att vattnet filtreras genom en bädd av granulerat aktivt kol (GAK) och föroreningar adsorberas på den aktiva kolytan (se figur 2). Avskiljningsgraden avtar med tiden och efter en viss tid nås ett genombrott för ett eller flera ämnen. Vid genombrott måste kolet ersättas med nytt eller reaktiveras.

GAK-filtret kan vara utformat som ett öppet eller trycksatt system eller ett kontinuerligt spolande filter.

Funktionen i ett kolfilter kan sättas i relation till hur bra förbehandlingen av inkommande vatten är. Driften underlättas i och med ett renare vatten och livslängden på kolet blir också längre vid god avskiljning av partiklar och organiskt material. Förbehandling, i form av ett poleringssteg, kan ske på olika sätt; sandfilter eller membranfilter men även skivfilter är studerade alternativ.

Eftersom funktionen i ett granulerat aktivt kol bestäms av vad inkommande vatten innehåller förordas att dimensionering alltid föregås av ett pilotförsök på aktuell plats med det vatten som kommer att belastas kolet.



Figur 2

Blockschema med olika alternativa lösningar för hur GAK-filtrering kan se ut.

4.3 Tips vid upphandling av läkemedelsrening

I nedanstående avsnitt sammanfattas några tips vid upphandling av läkemedelsrening från Robert Sehlén (Processingenjör Tekniska Verken, Linköping) och Mikael Nielsen (Teknik- och avtalsansvarig, Käppalaförbundet).

Robert Sehlén:

- Tekniska Verken valde att handla upp denna som en funktionsupphandling (ABA 99) ma-skinupphandling. Dock valdes inte utrustning som passade för ett biologiskt renat vatten (Kan vara bra att tänka på).
- Projektet bör påbörjas med en förstudie där förslag på olika lösningar för en ozoneringsan-läggning sammanställs från olika leverantörer.
- Flera studiebesök på fullskaliga ozoneringsanläggningar bör genomföras innan slutlig förstu-dierapport sammanställs.
- Vid studiebesöken är det essentiellt att kontrollera detaljer i installationen som exempelvis pumpinstallation och mätinstrument
- Efter en diskussionsprocess där beställaren "plockar russinen ur kakan" tas en tänkt design för anläggningen fram av den interna projektgruppen.

-
- Designen ligger sedan till grund för framtagning av förfrågningsunderlag.
 - CFD-modellering av flöde i kontaktreaktor är viktigt att genomföra före installation av ozon-neringsanläggningen. Viktigt att ha ett pluggflöde genom kontaktbassängen och inte några kortslutningsströmmar. Döda zoner är minst lika viktigt för att optimera reaktorvolymen
 - Viktigt att genomföra en LCC av anläggningen som sedan också ska kunna följas upp. Tek-niska Verken valde att utvärdera på en LCC som behövde verifieras för att säkerställa att till-delningen var korrekt.
 - Det krävs troligtvis inga behov av pilotstudier före investering - Finns redan fullskaliga an-läggningar.
 - Viktigt att hålla koll på komponentdetaljer – väl testade detaljer måste finnas.
 - Viktigt att ha en engagerad och insatt beställarorganisation som har allokerad tid för projektet
 - Bra att modellera ozoneringsanläggningen – Möjlig entreprenör som hjälpte Linköping var AM-TEAM

Mikael Nielsen:

- Viktigt innan entreprenaden för installation av läkemedelsrening startar att en ordentlig förstudie genomförs med fokus på bland annat effektbehov, arbetsmiljö och resultatkrav på utgående vatten.
- Genomför förstudie där åtgärder som behövs uppströms en tänkt läkemedelsrening belyses. Exempelvis krävs bättre partikelavskiljning innan anläggningen.
- Entreprenaden för installation av läkemedelsrening skulle kunna vara en samverkansentreprenad där maskinentreprenaden kan vara en ABA 99 och övriga delar kan vara en utförandentreprenad.
- Det är viktigt att beskriva konsekvensen när villkor i entreprenaden inte uppfylls – exempelvis vite.
- För de olika ozonaggregatet bör en LCA genomföras i förstudiearbetet. Genomförs med installation av värmepumpar.

5 Slutsatser - beställargruppens arbete - 2020

Syftet med att driva en beställargrupp för minskade utsläpp av läkemedelsrester och andra mikro- föroreningar via avloppsreningsverk var att underlätta införandet av avancerad rening på de svenska avloppsreningsverken samt bygga upp kunskap om mikroplaster. Slutsatsen som kan dras av projektet under 2020 är att beställargruppen fortsatt fungerar som en plattform för alla medlemmar i samband med utredningar kopplade till behov och teknikval, i införandet av fullskaliga anläggningar för avancerad rening, samt en sammanfogande kunskapsbank om nya och etablerade tekniker.

Det hade varit önskvärt med fler fysiska workshopar under 2020 men på grund av pandemiläget har det varit omöjligt. Vi är dock väldigt nöjda med den kunskapsspridning och engagemang som genomfördes den 3 september-.

En viktigs slutsats av årets arbete har varit svårigheterna att ge bra villkorsföresättningar för en läkemedelsrening. Det bör vara möjligt att ge tillstånd för reningsverk som inför avancerad rening men låta reningen ingå i det inledande allmänna villkoret. Hindren för mer noggrann villkorsreglering är tyvärr ännu många. Metoderna för mätning, kontroll och utvärdering behöver utvecklas innan det går att skriva tydliga särskilda villkor med begränsningsvärden för utsläpp av mikro- föroreningar eller för halter i recipienten som reningsverkets utsläpp påverkar.

En annan slutsats är att konsultuppdraget med framställan av förfrågningsunderlag för två olika etablerade reningstekniker för läkemedelsrening har fallit väl ut och skulle kunna användas som underlag vid upphandling av den avancerade reningen.

Det finns ett fortsatt behov av en beställargrupp eller motsvarande branschpassad kunskaps-/erfarenhetsplattform. Detta behov kan sammanfattas som ett samordningsbehov för kommande projekt, ett uppföljningsbehov där såväl positiva och negativa erfarenheter från pågående projekt snabbt kan fångas upp och komma andra till godo, och ett fortsatt kunskapsbehov i form av branschpassade sammanfattningar av kommande forskningsrön och teknikutveckling.

I ett eventuellt fortsatt arbete med beställargruppen skulle följande arbetsområden vara intressanta att utreda under 2021:

- Upphandling analyspaket externa laboratorier
Möjligt projekt i Beställargruppen att ta fram hur en upphandling/ upphandlingskriterier bör se ut för att handla upp analyspaket.
- Uppställning av egna provtagningsprogram och möjligheter att genomföra egna analyser
Eventuell workshop med beställargruppens medlemmar där deras erfarenheter, för- och nackdelar diskuteras.
- Kostnads- och hållbarhetsanalys för genomförda investeringar och förstudier.
Genomgång av slutrapporter.
- Uppföljningsutredning och arbete om bra villkor och villkorsföresättningar.

6 Nationella rapporter om avancerad rening

Baresel, C., Cousins, A.P., Hörsing, M., Ek, M., Ejhed, H., Allard, A.S., Magnér, J., Westling, K., Wahlberg, C., Fortkamp, U., Søhr, S. (2015). *Pharmaceutical residues and other emerging substances in the effluent of sewage treatment plants - Review on concentrations, quantification, behaviour, and removal options*. IVL Swedish Environmental Research Institute, Report 2226, Stockholm.

Baresel, C., Ek, M., Ejhed, H., Allard, A.-S., Magnér, J., Dahlgren, L., Westling, K., Wahlberg, C., Fortkamp, U., Søhr, S. (2017). *Handbok för rening av mikroföroreningar vid avloppsreningsverk - Planering och installation av reningstekniker för läkemedelsrester och andra mikroföroreningar*. Slutrapport SystemLäk projekt. IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapport B2288.

Björklund, E. & Svahn, O. (2017a). *LUSKA Läkemedelsutsläpp från skånska Avloppsreningsverk 2017. Ett utvecklings- och samverkansprojekt på Högskolan Kristianstad i samarbete med Region Skåne och 6 skånska reningsverksaktörer*, Högskolan Kristianstad Rapport.

Björklund, E. & Svahn, O. (2017b). Interkalibrerad läkemedelsanalys 2017 – Ett samarbetsprojekt för ökad analyskvalité, Högskolan Kristianstad Rapport.

Cimbritz, M., Tumlin, S., Hagman, M., Dimitrova, I., Hey, G., Mases, M., Åstrand, N., Jansen, J. la Cour (2016). *Rening från läkemedelsrester och andra mikroföroreningar – En kunskapssammanställning*. Svenskt Vatten Utveckling, Rapport 2016-04.

Edefell, E., Ullman, E., Bengtsson, E. (2019). *Ultrafilter och granulerat aktivt kol för avskiljning av mikroföroreningar*. Svenskt Vatten Utveckling, Rapport 2019-01.

Havs- och vattenmyndigheten (2018). *Reningsteknik för läkemedel och mikroföroreningar i avloppsvatten. Redovisning av åtta projekt som fått medel från Havs- och vattenmiljöanslaget 2014-2017*. Rapport 2018:7.

Ljung, E., Borg Olesen, K., Andersson, P-G., Fältström, E., Vollertsen, J., Wittgren, HB., Hagman, M. (2018) *Mikroplaster i Kretsloppet*. Svenskt Vatten Utveckling, Rapport 2018-13.

Naturvårdsverket (2017). *Avancerad rening av avloppsvatten för avskiljning av läkemedelsrester och andra oönskade ämnen – behov, teknik och konsekvenser*. Redovisning av regeringsuppdrag. ISBN 978-91-620-6766-3.

Naturvårdsverket (2019). *Mikroplaster i miljön år 2019 - Redovisning av ett regeringsuppdrag*. Skrivelse: 2019-05-28, Ärendenr: NV-08867-17. maj 2019.

Svenskt Vatten (2016). *Mikroplaster – källor och uppströmsarbete samt möjligheter till rening vid kommunala reningsverk*. Svenskt Vatten 22 dec 2016.

Tumlin S. (2017) *Microplastics Report from an IWA Sweden conference and workshop in Malmö, November 8-9, 2017*. VA-teknik Södra – Rapport Nr. 08.

Bilaga 1
PNEC-bedömning
– Marlene Ågerstrand



Derivation of PNECs for 39 pharmaceutical substances

Marlene Ågerstrand

Department of Environmental Science and Analytical
Chemistry (ACES)



Stockholm
University

ACES report number 36

Department of Environmental Science and Analytical Chemistry, Stockholm University
2019

Derivation of PNECs for 39 pharmaceutical substances

ACES report 36

Marlene Ågerstrand

Department of Environmental Science and Analytical Chemistry (ACES)
Stockholm University

Preface

The Department of Environmental Science and Analytical Chemistry (ACES) at Stockholm University was commissioned, by SYVAB (Sydvästra stockholmsregionens va-verksaktiebolag) to

1. Provide updated PNECs for 39 pharmaceutical substances.
2. Provide an overview of methods for evaluation of risk management measures.

The report was prepared by Marlene Ågerstrand.

Stockholm, August 31th, 2019

The Department of Environmental Science and Analytical Chemistry (ACES)
Stockholm University

1. Derivation of PNECs for 39 pharmaceutical substances

Introduction

PNEC (Predicted No Effect Concentration) is the highest concentration of a substance that is not expected to cause adverse effects in an ecosystem. PNECs for freshwater (PNEC_{FW}) was derived for 39 pharmaceutical substances. Since antibiotic resistance is a major threat to human health and emissions to the environment potentially contribute to the problem, PNEC for antibiotic resistance (PNEC_{RES}) was also included in the report. PNEC_{RES} is the highest concentration of a substance that is not expected to increase the risk of antibiotic resistance.

Method

The derivation of PNEC_{FW} was performed following the guidance on environmental risk assessment for pharmaceutical substances as well as the guidance from the REACH legislation (European Medicines Agency 2006; European Chemicals Agency 2011). However, since the guidance provided by the European Medicines Agency stipulate the use of chronic studies, the guidance from a voluntary Swedish classification system was followed when chronic studies were missing (The Swedish Trade Association for the Research-Based Pharmaceutical Industry 2012).

In short, PNEC_{FW} was derived using effect values from ecotoxicity studies in combination with assessment factors. In order to be complete, an ecotoxicological dataset need to include at least one study for each of the three trophic levels: algae, crustacean and fish. Results from chronic studies (i.e. long-term) are often presented as NOEC (No Observed Effect Concentration), and results from acute studies (i.e. short-term) are presented as EC₅₀ (the concentration that causes a 50% reduction in a specified effect, e.g. growth) or LC₅₀ (the lethal concentration for 50% of the test organisms). For pharmaceuticals, ecotoxicity studies investigating chronic exposure are preferred over acute studies. The reliability and relevance of potential key studies were, when publicly available, evaluated using the CRED-method (Moermond et al. 2016). Studies of sufficient reliability and relevance were selected as key studies. In some cases, a complete dataset could not be found. In those cases, PNEC_{FW} was derived on the available data and lack of data was indicated in table 4.

Assessment factors were used to compensate for uncertainties in the dataset. A higher assessment factor implies a higher level of uncertainty. Uncertainties are related to inter- and intra-species variation, laboratory to field extrapolation, and/or acute to chronic exposure. The number and type of studies in the dataset determines which assessment factor to use, usually varying between 10 and 1000 (table 1). When the effect value from a key study is a LOEC (Lowest Observed Effect Concentration) an additional assessment factor of 2 is used to compensate for the uncertainty.

For antibiotic substances, PNEC_{RES} was included. Bengtsson-Palme & Larsson (2016) predicted these PNEC_{RES} from the lowest available MIC (minimal inhibitory concentrations) value in the EUCAST database (European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing, www.eucast.org). In their study, the lowest MIC was determined by compiling all statistically significant reported MIC values and using the concentration containing the lowest 1% of the MICs. To account for uncertainties, an assessment factor of 10 was applied to the MIC which resulted in PNEC_{RES}.

Table 1. Assessment factors to derive $PNEC_{FW}$. Modified table from REACH guidance documents (European Chemicals Agency 2011).

Available data	Assessment factor
At least one short-term L(E)C50 from each of three trophic levels (fish, invertebrates (preferred Daphnia) and algae)	1000
One long-term EC10 or NOEC (either fish or Daphnia)	100
Two long-term results (e.g. EC10 or NOECs) from species representing two trophic levels (fish and/or Daphnia and/or algae)	50
Long-term results (e.g. EC10 or NOECs) from at least three species (normally fish, Daphnia and algae) representing three trophic levels	10

The following data sources and literature were used:

- The WikiPharma database (www.wikipharma.org). The database contains peer-reviewed ecotoxicity studies. It was last updated in July 2019.
- The Environment and Pharmaceuticals database from Region Stockholm (<https://janusinfo.se/beslutsstod/miljoochlakemedel/environmentandpharmaceuticals.4.7b57ecc216251fae47487d9a.html>). The database contains environmental information about pharmaceutical substances used in Sweden.
- The Fass database from the Swedish Trade Association for the Research-Based Pharmaceutical Industry (www.fass.se). The database contains environmental classifications about pharmaceutical substances used in Sweden.
- Reports on pharmaceuticals in the environment from the consultancy firm Goodpoint (Larsson 2018c; 2016; 2018b; 2018a).
- The peer-reviewed paper by Bengtsson-Palme and Larsson (2016) on antibiotic substances.
- Previously developed PNECs by IVL, here called $PNEC_{IVL}$ and summarized in table 2 (Sehlén et al. 2015).
- Unpublished data for the pharmaceutical substance Oxazepam from Stockholm University (table 3).

Table 2: Overview of effect values, assessment factors and PNEC_{IVL} (Sehlén et al. 2015).

Substance	Effect value (µg/L)	Assessment factor	PNEC _{IVL} (µg/L)
Estradiol	0,0004	10	-
Ethinylestradiol	0,00003	10	-
Amlodipine	10	1000	0,01
Atenolol	1000	100	10
Bisoprolol	1780	50	35,6
Carbamazepine	1	10	0,1
Citalopram	105	100	1,05
Diclofenac	0,5	10	0,05
Fluoxetine	0,029	10	0,0029
Furosemide	142	100	1,42
Hydrochlorothiazide	10 000	10	1000
Ibuprofen	10	10	1
Ketoprofen	1041	1000	1,041
Metoprolol	1	50	0,02
Naproxen	32	50	0,64
Oxazepam	1,8	1000	0,0018
Paracetamol	30	100	0,3
Propranolol	0,5	50	0,01
Ramipril	100 000	1000	100
Ranitidine	310	50	6,2
Risperidone	5800	1000	0,001
Sertraline	9	50	0,18
Simvastatin	2	10	0,2
Terbutaline	240	1000	0,24
Warfarin	11 000	1000	11
Benzympenicillin	-	-	-
Ciprofloxacin	1,2	10	0,12
Clarithromycin	2,6	10	0,26
Clindamycin	100 000	1000	100
Doxycycline	36,9	1000	0,0369
Erythromycin	10,3	100	0,103
Fusidic acid	4300	1000	4,3
Linezolid	24 000	1000	24
Moxifloxacin	-	-	-
Norfloxacin	10,3	100	0,103
Rifampicin	3 300 000	1000	3300
Sulfamethoxazole	5,9	10	0,59
Tetracycline	310	50	6,2
Trimetoprim	0,29	100	0,0029

Table 3: Unpublished ecotoxicity studies for Oxazepam from Professor Magnus Breitholtz, Stockholm University. The studies were performed 2010-2011 within the MistraPharma research programme.

Mikroalg OECD 201 EC 50 (mg/L)	Daphnia akut OECD 202 EC 50 (mg/L)	Daphnia kronisk LOEC reproduktion (mg/L)	Daphnia födo LOEC (mg/L)	Fiskembryo LOEC (mg/L)
> 5, 05	> 2,5	>0,999	1,25	>4,997

Results and discussion

Table 4 presents an overview of key study, assessment factor, derived $PNEC_{FW}$ and derived $PNEC_{RES}$ for each of the 39 substances. $PNEC_{FW}$ has been calculated also when the data requirements in the guidance documents are not fulfilled, these cases are marked in bold in table 4. Aspects that are considered important for the selection of key study and assessment factor are provided as comments.

Table 5 provides a comparison between $PNEC_{IVL}$, $PNEC_{FW}$ and $PNEC_{RES}$ for the 39 substances, with the recommended $PNEC$ in bold italic. The comparison between $PNEC_{IVL}$ and $PNEC_{FW}$ show the same value in 11 cases. In nine of those cases, the $PNEC$ was based on the same key study and the same assessment factor. In one case, the value would have been the same if there had not been a typo in the $PNEC_{IVL}$.

In the 11 cases where $PNEC_{FW}$ were lower than $PNEC_{IVL}$ and in the 13 cases where $PNEC_{FW}$ were higher than the $PNEC_{IVL}$ choice of key study was the main reason for the discrepancy. The reason for deselecting ecotoxicity studies when deriving $PNEC_{FW}$ were primarily questionable reliability or insufficient reporting of studies (thereby preventing evaluation of studies). For example, in the case of Ibuprofen where the study selected for $PNEC_{IVL}$ was evaluated to have low reliability and thereby deselected for $PNEC_{FW}$. Studies were also deselected due to endpoints not evaluated as relevant on population level according to current risk assessment guidance, for example for Metoprolol. Studies were not available at the time of the $PNEC_{IVL}$ derivation, for example for Oxazepam. In some cases, the choice of assessment factor differed due to different interpretations of what is considered a chronic study, for example for Ranitidine, or due to that the chronic study used in $PNEC_{IVL}$ was not available for $PNEC_{FW}$. Use of LOEC values also influenced $PNEC_{FW}$ since a higher assessment factor was used, for example for Citalopram.

The comparison between $PNEC_{FW}$ and $PNEC_{RES}$ show 6 cases where $PNEC_{RES}$ was lower and 8 cases where the $PNEC_{RES}$ was higher than $PNEC_{FW}$. Since limit values, such as PNECs, often are based on the lowest available data (to protect the most sensitive species and populations), $PNEC_{RES}$ could be used instead of $PNEC_{FW}$ when $PNEC_{RES}$ is lower. This is however not according to the current regulation, but it has been suggested as an addition to currently used limit values within the Water Framework Directive (Sahlin, Larsson, and Ågerstrand 2018).

Table 4: Overview of effect values from key studies, assessment factors, PNEC_{FW} and PNEC_{RES} for the 39 pharmaceutical substances. Deviations from guidance in bold.

Substance	Effect value (µg/L)	Assessment factor	PNEC _{FW} (µg/L)	Comment	PNEC _{RES} (µg/L) ⁱ
Estradiol	NOEC 0.0004 ⁱⁱ	10	0.00004	Three chronic studies available. The key study is a non-standard study using relevant endpoint and species.	-
Ethinylestradiol	LOEC 0.00032 ⁱⁱⁱ	10 + 2	0.000016	Three chronic studies available. An additional assessment factor of 2 for the LOEC-value. The key study is a non-standard study using relevant endpoint and species.	-
Amlodipine	NOEC 10 ^{iv}	1000	0.01	Only acute studies available. The key study is a non-standard study.	-
Atenolol	NOEC 3200 ^v	100	32	One chronic study available. The key study is a standard study.	-
Bisoprolol	NOEC 1780 ^{vi}	50	35.6	Two chronic studies available. The key study is a standard study.	-
Carbamazepine	NOEC 25 ^{vii}	10	2.5	Three chronic studies available. The key study is a standard study.	-
Citalopram	LOEC 0.15 ^{viii}	1000 x 2	0.000075	Only acute studies available. An additional assessment factor of 2 for the LOEC-value. The key study is a non-standard study using relevant endpoint and species. Studies with lower effect values are of questionable reliability.	-
Diclofenac	LOEC 1 ^{ix}	10 x 2	0.05	Three chronic studies available. An additional assessment factor of 2 for the LOEC-value. The key study is a non-standard study using relevant endpoint and species. Studies with lower effect values are of questionable reliability.	-
Fluoxetine	LOEC 23.2 ^x	10 x 2	1.16	Three chronic studies available. An additional assessment factor of 2 for the LOEC-value. The key study is a non-standard study using relevant endpoint and species. Studies with lower effect values are of questionable reliability.	-
Furosemide	NOEC 156 ^{xi}	1000	0.156	Only acute studies available. The key study is a standard study.	-
Hydrochlorothiazide	NOEC 10000 ^{xii}	10	1000	Three chronic studies available. Key study is not a standard study.	-
Ibuprofen	NOEC 1020 ^{xiii}	10	102	Three chronic studies available. The key study is a non-standard study using relevant endpoint and species. Studies with lower effect values are of questionable reliability.	-
Ketoprofen	EC50 2000 ^{xiv}	1000	2	No chronic studies available. No study on fish available. The key study is a standard study.	-
Metoprolol	EC50 2590 ^{xv}	1000	2.59	One chronic study available, but the endpoint is not relevant on population level according to current risk assessment guidance. Some semi-chronic studies available (7-day crustacean). A lower NOEC-value is available (ultrastructural effects in liver). However, is it not relevant on population level according to current risk assessment guidance.	-
Naproxen	NOEC 150 ^{xvi}	10	15	Three chronic studies available. Key study is a standard study.	-
Oxazepam	LOEC 1 ^{xvii}	50 + 2	0.01	Unpublished studies for algae, Daphnia and fish from Stockholm University are available (see table 1). Two chronic studies available. An additional assessment factor of 2 for the LOEC-value. Brodin and colleagues have published several studies reporting effects in the same range: 200; 6.5; 1.9; 1.8; 1.1; 1 µg/L. Not standard endpoints, but could be argued to be relevant on population level according to current risk assessment guidance.	-
Paracetamol	NOEC 460 ^{xviii}	10	46	Three chronic studies available. Key study is a standard study.	-

Substance	Effect value (µg/L)	Assessment factor	PNEC _{FW} (µg/L)	Comment	PNEC _{RES} (µg/L) ⁱ
Propranolol	NOEC 2.28 ^{six}	10	0.228	Three chronic studies available. Key study is a non-standard study.	-
Ramipril	EC50 100000 ^{xx}	1000	100	No chronic studies available. Key study is a standard study.	-
Ranitidine	NOEC 2 ^{xxi}	1000	0.002	No chronic studies available. Key study is a standard study.	-
Risperidone	LC96 5800 ^{xxii}	1000	5.8	No chronic studies available. Key study is a standard study.	-
Sertraline	NOEC 0.47 ^{xxiii}	50	0.0094	Two chronic studies available (Daphnia, algae). Key study is a standard study.	-
Simvastatin	NOEC 2 ^{xxiv}	10	0.2	Three chronic studies available. Key study is a standard study.	-
Terbutaline	EC50 240000 ^{xxv}	1000	240	No chronic studies available. Key study is a standard study.	-
Warfarin	EC50 11000 ^{xxvi}	1000	11	No chronic studies available. Key study is a standard study.	-
Benzylpenicillin	EC50 6 ^{xxvii}	1000	0.006	Only studies from bacteria and algae available.	0.25
Ciprofloxacin	EC50 5 ^{xxviii}	50	0.1	Two chronic studies available (Daphnia, algae).	0.064
Clarithromycin	EC50 2 ^{xxix}	50	0.04	Two chronic studies available (Daphnia, algae).	0.25
Clindamycin	EC50 14 ^{xxx}	1000	0.014	No study on fish available.	1
Doxycycline	EC50 36.9 ^{xxxi}	1000	0.0369	Only studies from primary producers available.	2
Erythromycin	EC50 20 ^{xxxii}	1000	0.02	No chronic studies available. Concentrations that are sometimes found in sewage treatment plants risk selecting for antibiotic resistance.	1
Fusidic acid	EC50 1680 ^{xxxiii}	1000	1.68	No chronic studies available. Key study is not using a standard species (Vibrio fischeri, bacteria) but relevant for this substance.	0.5
Linezolid	NOEC 24000 ^{xxxiv}	1000	24	Only studies from crustacean (reproduction) available.	8
Moxifloxacin	EC50 780 ^{xxxv}	1000	0.78	Only one study available.	0.125
Norfloxacin	EC50 22 ^{xxxvi}	1000	0.022	Only studies from algae and bacteria available.	0.5
Rifampicin	EC50 3300000 ^{xxxvii}	1000	3300	Only one study available.	0.064
Sulfamethoxazole	NOEC 5.9 ^{xxxviii}	50	0.118	Two chronic studies available (fish and algae).	16
Tetracycline	EC50 24.1 ^{xxxix}	50	0.482	Two chronic studies available (Daphnia, algae). Key study is not using a standard species (Vibrio fischeri, bacteria) but relevant for this substance. Concentrations that are sometimes found in sewage treatment plants risk selecting for antibiotic resistance.	1
Trimetoprim	NOEC 3100 ^{xl}	50	62	Two chronic studies available (Daphnia, algae). Study with lower effect available (genotoxicity in Zebra mussel), however, it is not relevant on population level according to current risk assessment guidance.	0.5

ⁱ Bengtsson-Palme & Larsson, 2016. Concentrations of antibiotics predicted to select for resistant bacteria: Proposed limits for environmental regulation. Environmental International 86:140-9.

ⁱⁱ Metcalfe et al. 2001. Estrogenic potency of chemicals detected in sewage treatment plant effluents as determined by in vivo assays with Japanese medaka (Oryzias latipes). Environmental Toxicology and Chemistry 20(2):297-308.

ⁱⁱⁱ Parrott & Blunt, 2005. Life-cycle exposure of fathead minnows (Pimephales promelas) to an ethinylestradiol concentration below 1 ng/L reduces egg fertilization success and demasculinizes males. Environmental Toxicology 20(2):131-141.

-
- ^{iv} Pascoe et al. 2003. Do pharmaceuticals affect freshwater invertebrates? A study with the cnidarian *Hydra vulgaris*. *Chemosphere* 51:521-528.
- ^v Winter et al. 2008. Defining the chronic impacts of atenolol on embryo-larval development and reproduction in the fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Aquatic Toxicology* 86:361-369.
- ^{vi} Fass: Emconcor, Merck.
- ^{vii} Ferrari et al. 2003. Ecotoxicological impact of pharmaceuticals found in treated wastewaters: study of carbamazepine, clofibric acid, and diclofenac. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 55:359-370.
- ^{viii} Kellner et al. 2015. Environmentally relevant concentrations of citalopram partially inhibit feeding in the three-spine stickleback (*Gasterosteus aculeatus*). *Aquatic Toxicology* 158:165-70.
- ^{ix} Triebskorn et al. 2007. Ultrastructural effects of pharmaceuticals (carbamazepine, clofibric acid, motoprolol, diclofenac) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and common carp (*Cyprinus carpio*). *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 387:1405-1416.
- ^x Gaorecki & Klaine, 2008. Behavioral and biochemical responses of hybrid striped bass during and after fluoxetine exposure. *Aquatic Toxicology* 88:207–213.
- ^{xi} Isidori et al. 2006. A multispecies study to assess the toxic and genotoxic effect of pharmaceuticals: Furosemide and its photoproduct. *Chemosphere* 63:785-793.
- ^{xii} Fass: NOTOX Project 485928. Fish early-life stage toxicity test with HCTZ DS (semi-static). Final report: 09 November 2008.
- ^{xiii} Pounds et al. 2008. Acute and chronic effects of ibuprofen in the mollusc *Planorbis carinatus* (Gastropoda: Planorbidae). *Ecotoxicology & Environmental Safety* 70:47-52.
- ^{xiv} Harada et al. 2008. Biological effects of PPCPs on aquatic lives and evaluation of river waters. *Water Science & Technology* 58(8):1541-1546.
- ^{xv} Czech et al. 2014. Ecotoxicological evaluation of selected pharmaceuticals to *Vibrio fischeri* and *Daphnia magna* before and after photooxidation process. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 104:247–253.
- ^{xvi} Fass: Chronic Toxicity to *Daphnia magna*. Brixham Environmental Laboratory, AstraZeneca, UK. Report BR0012. July 2009.
- ^{xvii} Brodin et al. 2017. Environmental relevant levels of a benzodiazepine (oxazepam) alters important behavioral traits in a common planktivorous fish, (*Rutilus rutilus*). *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A* 80(16-18):963-970.
- ^{xviii} Fass: Smithers Viscient AG Study No. 1162.000.122. 4'-Hydroxyacetanilide: Early life-stage toxicity test with fathead minnow (*Pimephales promelas*) under flow-through conditions, OECD 210, Dated October 14, 2011.
- ^{xix} Fass: Inderal, AstraZeneca. Ribeiro et al. 2015. Toxicity screening of Diclofenac, Propranolol, Sertraline and Simvastatin using *Danio rerio* and *Paracentrotus lividus* embryo bioassays. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 114:67-74.
- ^{xx} Fass: Triatec, Sanofi-Aventis. Internal report, Aventis Pharma Deutschland: Growth Inhibition Test with Fresh Water Algae (*Desmodesmus subspicatus*). OECD 201. Report # PT02-0045, July 2002. Internal report, Aventis Pharma Deutschland Acute Toxicity Study on *Daphnia*. OECD 202. Report # PT02-0044, June 2002. Internal report, Hoechst: Acute Toxicity Study on Zebra Fish. OECD 203. Report # 94.0289, July 1994.
- ^{xxi} Isidori et al. 2009. Effects of ranitidine and its photoderivatives in the aquatic environment. *Environment International* 35:821–825.
- ^{xxii} Fass: Weytjens D.; The Acute Toxicity of risperidone to the Bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*), Janssen Pharmaceutica N.V.; Janssen Study No. AFLm/0004; February 2, 1993.
- ^{xxiii} Lamichhane et al. 2014. Exposures to a selective serotonin reuptake inhibitor (SSRI), sertraline hydrochloride, over multiple generations: Changes in life history traits in *Ceriodaphnia dubia* *Ecotoxicology and Environmental Safety* 101:124-130.
- ^{xxiv} Fass: Zocord, MSD. Huntingdon Life Sciences, Study Number:PPM0005, 2011.
- ^{xxv} Fass: Bricanyl, AstraZeneca. Brixham laboratory report No. BD3768.
- ^{xxvi} Fass: Nycomed AB, "Test Results for the Test Substance Warfarinsodium", Report No. R 198-05, date 2005-06-14.
- ^{xxvii} Halling-Sorensen. 2000. Algal toxicity of antibacterial agents used in intensive farming. *Chemosphere* 40:731-739.
- ^{xxviii} Halling-Sorensen et al. 2000. Environmental risk assessment of antibiotics: comparison of mecillinam, trimethoprim and ciprofloxacin. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 46:53-58.
- ^{xxix} Isidori et al. 2005. Toxic and genotoxic evaluation of six antibiotics on non-target organisms. *Science of the Total Environment* 346:87-98.

-
- ^{xxx} Minguez et al. 2016. Toxicities of 48 pharmaceuticals and their freshwater and marine environmental assessment in northwestern France. *Environmental Science and Pollution Research* 23(6):4992–5001.
- ^{xxx}_i Hillis et al. 2008. Structural responses of *Daucus carota* root-organ cultures and the arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus intraradices*, to 12 pharmaceuticals. *Chemosphere* 73:344-352.
- ^{xxx}_{ii} Isidori et al. 2005. Toxic and genotoxic evaluation of six antibiotics on non-target organisms. *Science of the Total Environment* 346:87-98.
- ^{xxx}_{iii} Backhaus & Grimme, 1999. The toxicity of antibiotic agents to the luminescent bacterium *Vibrio fischeri*. *Chemosphere* 38(14):3291-3301.
- ^{xxx}_{iv} Constantine & Huggett, 2010. A comparison of the chronic effects of human pharmaceuticals on two cladocerans, *Daphnia magna* and *Ceriodaphnia dubia*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 22(3):534-539.
- ^{xxx}_v Doorslaer et al. 2015. Heterogeneous photocatalysis of moxifloxacin in water: Chemical transformation and ecotoxicity. *Chemosphere* 119:75-80.
- ^{xxx}_{vi} Backhaus et al. 2000. The single substance and mixture toxicity of quinolones to the bioluminescent bacterium *Vibrio fischeri*. *Chemosphere* 80(9):1069-1074.
- ^{xxx}_{vii} Fass: Sanofi. Protocol: Specific: IRSA CNR. Internal report (Ref II).
- ^{xxx}_{viii} Fass: Eusaprim, Vitaflo.
- ^{xxx}_{ix} Backhaus et al. 1997. Toxicity testing with *Vibrio fischeri*: A comparison between the long term (24 h) and the short term (30 min) bioassay. *Chemosphere* 35(12):2925-2938.
- ^{xl} De Liguoro et al. 2012. Sublethal effects of trimethoprim on four freshwater organisms. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 82:114-121.

Table 5: Comparison of PNEC_{IVL}, PNEC_{FW} and PNEC_{RES}. Recommended PNEC in ***bold italic***.

Substance	PNEC _{IVL} (µg/L)	PNEC _{FW} (µg/L)	PNEC _{RES} (µg/L)
Estradiol	-	<i>0.00004</i>	-
Ethinylestradiol	-	<i>0.000016</i>	-
Amlodipine	0.01	<i>0.01</i>	-
Atenolol	10	<i>32</i>	-
Bisoprolol	35.6	<i>35.6</i>	-
Carbamazepine	0.1	<i>2.5</i>	-
Citalopram	1.05	<i>0.000075</i>	-
Diclofenac	0.05	<i>0.05</i>	-
Fluoxetine	0.0029	<i>1.16</i>	-
Furosemide	1.42	<i>0.156</i>	-
Hydrochlorothiazide	1000	<i>1000</i>	-
Ibuprofen	1	<i>102</i>	-
Ketoprofen	1.041	<i>2</i>	-
Metoprolol	0.02	<i>2.59</i>	-
Naproxen	0.64	<i>15</i>	-
Oxazepam	0.0018	<i>0.01</i>	-
Paracetamol	0.3	<i>46</i>	-
Propranolol	0.01	<i>0.228</i>	-
Ramipril	100	<i>100</i>	-
Ranitidine	6.2	<i>0.002</i>	-
Risperidone	0.001	<i>5.8</i>	-
Sertraline	0.18	<i>0.0094</i>	-
Simvastatin	0.2	<i>0.2</i>	-
Terbutaline	0.24	<i>240</i>	-
Warfarin	11	<i>11</i>	-
Benzylpenicillin	-	<i>0.006</i>	0.25
Ciprofloxacin	0.12	0.1	<i>0.064</i>
Clarithromycin	0.26	<i>0.04</i>	0.25
Clindamycin	100	<i>0.014</i>	1
Doxycycline	0.0369	<i>0.0369</i>	2
Erythromycin	0.103	<i>0.02</i>	1
Fusidic acid	4.3	1.68	<i>0.5</i>
Linezolid	24	24	<i>8</i>
Moxifloxacin	-	0.78	<i>0.125</i>
Norfloxacin	0.103	<i>0.022</i>	0.5
Rifampicin	3300	3300	<i>0.064</i>
Sulfamethoxazole	0.59	<i>0.118</i>	16
Tetracycline	6.2	<i>0.482</i>	1
Trimetoprim	0.0029	62	<i>0.5</i>

2. Overview of methods for evaluation of risk management measures

Introduction

The ratio between MEC (Measured Environmental Concentration) and PNEC has been used by SYVAB to measure the effect of the improved wastewater treatment on the aquatic environment. Below is an overview of methods that can or have been used to evaluate other risk management measures and quantify effects of pollution. The methods' suitability for use by SYVAB is discussed.

Available methods

The simplest way to present the effect of a chemical risk management measure is to provide numbers that show changes in sales or production of a chemical, or changes in emissions to the environment. For SYVAB this would mean comparing concentrations in inlet and outlet water to the wastewater treatment plant before and after adding the improved treatment. This gives a direct measure of the effect that is relatively inexpensive and without complicated assessments. However, it does not provide information about how a reduction in emission has affected the ecosystem, and it only provides information about the chemicals selected for analysis. A slightly more complicated method includes measurements in other media, such as sediment and biota. Quantification of emissions and concentrations in the environment is highlighted by the European Commission as a good indicator in evaluations of risk management measures (European Commission 2016).

Calculating the ratio between the MEC and PNEC before and after adding the improved wastewater treatment provide a comparison between the concentration that is present in the water with the concentration that, according to ecotoxicological studies, is safe to the organisms in the ecosystem. This method does however not provide any insights in how the organisms in the ecosystem are responding to the reduction in emissions. In addition, if the PNECs change over time as a result of for example new studies becoming available, as in the example with $PNEC_{IVL}$ and $PNEC_{FW}$, a comparison of MEC/PNEC over time will not be meaningful. There are also several complicating factors with using PNEC values, all relevant for the $PNEC_{FW}$ derived in this report:

- *Lack of studies:* Not all substances have ecotoxicological studies that are publicly available, or not all substances have enough studies for a complete dataset, or not all substances have similar studies. This results in PNEC values derived using different endpoints and study designs.
- *Lack of reliable and/or relevant studies:* The available ecotoxicological studies differ in how appropriate they are for PNEC derivation.
- *Use of expert judgement:* Different experts will arrive at different conclusions regarding the appropriateness of the available ecotoxicological studies for PNEC derivation, and regarding which assessment factor to use.

To assess how organisms in the ecosystem are responding to changes in the environment, monitoring of populations is possible, such as the monitoring programmes coordinated by the Swedish Environmental Protection Agency. To be able to detect changes in populations long time series are usually needed. Using this method, it is not possible to determine causal relationship between reduced emissions from a wastewater treatment plant and the status in the environment since many other factors could also contribute, for example, climate change and other emissions of chemicals.

Another possible method is to assess the emissions' effects on ecosystem services, such as water purification, fishing opportunity, nutrient cycling and recreation. This has been tried in several other areas but only occasionally when dealing with chemicals (Cederberg et al. 2016; EFSA Scientific Committee 2016),

probably because of the complexity. The critical steps are to establish the connection between the emissions and the ecosystem service, and then to monitor over time.

Transferring emissions and effects of chemicals to monetary figures have been done in order to communicate the cost of pollution to stakeholders and decision-makers. For human health assessments, there is often a two-step approach, first the connection between emissions and health outcome is assessed, and then a cost estimation is performed (Hunt et al. 2016; Prichystalova et al. 2017; Nordic co-operation 2014; 2019). For this, a range of data is needed: toxicological and/or epidemiological data, exposure data, prevalence of health outcome attributed to chemical exposure, and cost of medical care. It is important to remember that a method that requires a significant amount of data is costly and resource demanding, and can only be used if all information is available (Roos et al. 2012). The future cost of antibiotic resistance has been calculated by combining the direct costs of the needed health care and the indirect cost in the form of production loss (sick leave, etc.) (The Public Health Agency of Sweden 2018). Quality-adjusted life years (QALY) is another method where a patient is rating their health on a scale (or this being done by the health care sector). The purpose is to assess how many years of life in good health a particular chemical shortens it by. QALY can be combined with an assessment of peoples willingness to pay to be able to live more years in full health (Swedish Chemicals Agency 2013). Similar attempts have been made to calculate cost of environmental pollution. Costs associated with environmental remediation is one example used in environmental assessments. For PFAS-chemicals and PCBs, cost of removal of contaminated soils and cleaning of groundwater have been calculated (Nordic co-operation 2019; Meyer 1991). Assessing the cost of loss of ecosystem services, is another suggested method (Nordic co-operation 2019). However, there are great difficulties in establishing the value of these services. For example, the cost of contaminated soil and water can be estimated by the decline in house prices, which in turn can be affected by also other factors. Potential uncertainties in the above-mentioned methods include: assumptions based on expert judgement rather than scientific studies or register data, extrapolations from different type of studies, lack of data, and data with low statistical power.

Recommendation

Several aspects should be considered when deciding on a suitable method for SYVABs future environmental evaluation of improved wastewater treatment:

- *The amount and type of data needed in the method.* This may limit the usability of the method due to lack of data, but also the costs, needed expertise, and time aspects.
- *The inherent uncertainties in the method.*
- *How precise the method is at assessing the effect of a specific management measure.*
- *How fast changes in the environment can be observed.*

Considering these four aspects, two methods are considered suitable for future evaluations of improved wastewater treatment by SYVAB. 1) Measuring concentrations in inlet and outlet water to the wastewater treatment plant before and after adding the improved wastewater treatment. 2) Calculating MEC/PNEC ratios before and after adding the improved wastewater treatment. The methods can preferably be used in combination since they have different strengths and weaknesses. The other discussed methods would require substantial resources and would not necessary provide more appropriate and usable results.

References

- Bengtsson-Palme, Johan, and D. G. Joakim Larsson. 2016. 'Concentrations of Antibiotics Predicted to Select for Resistant Bacteria: Proposed Limits for Environmental Regulation'. *Environment International* 86 (January): 140–49. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.10.015>.
- Cederberg, Christel, Birgit Landquist, Sverker Molander, and Pernilla Tidåker. 2016. 'Jordbrukets Ekosystemtjänster. Från Koncept till Gårdsbaserade Indikationer.'
- EFSA Scientific Committee. 2016. 'Guidance to Develop Specific Protection Goals Options for Environmental Risk Assessment at EFSA, in Relation to Biodiversity and Ecosystem Services. EFSA Journal 14(6):4499, 50 Pp. Doi:10.2903/j.Efsa.2016.4499'.
- European Chemicals Agency. 2011. 'REACH Guidance Documents. Helsinki, Finland. <https://Echa.Europa.Eu/Guidance-Documents/Guidance-on-Reach>'.
- European Commission. 2016. 'Study on the Calculation of the Benefits of Chemicals Legislation on Human Health and the Environment. Development of a System of Indicators. Final Report.', 2016.
- European Medicines Agency. 2006. 'Committee for Medicinal Products for Human Use (CHMP). Guideline on the Environmental Risk Assessment of Medicinal Products for Human Use. Ref EMEA/CHMP/SWP/4447/00 Corr 2. London, United Kingdom.'
- Hunt, Patricia A., Sheela Sathyanarayana, Paul A. Fowler, and Leonardo Trasande. 2016. 'Female Reproductive Disorders, Diseases, and Costs of Exposure to Endocrine Disrupting Chemicals in the European Union'. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 101 (4): 1562–70. <https://doi.org/10.1210/jc.2015-2873>.
- Larsson, D G Joakim. 2016. 'Prioritering Av Läkemedel Med Miljörisk Inom SLL 2016. Report from Goodpoint to SLL.'
- . 2018a. 'Jämförande Bedömning Av Miljörisk Och Risk För Resistensselektion i Miljön Vid Användning Av Trimetoprim Och Pivmecillinam. Report from Goodpoint to SLL.'
- . 2018b. 'Jämförande Bedömning Av Miljörisk Vid Användning Av Citalopram, Escitalopram, Sertralin, Flouxetin, Venlafaxin, Paroxetin Och Klomipramin. Report from Goodpoint to SLL.'
- . 2018c. 'Jämförande Bedömning Av Miljörisk Vid Användning Av Diklofenak, Naproxen, Ibuprofen, Ketoprofen, Etoricoxib Samt Paracetamol. Report from Goodpoint to SLL.'
- Meyer, Nicole M. 1991. 'The Economic Impacts of PCB's in the Hudson River : A Cost- Benefit Analysis.'
- Moermond, Caroline T. A., Robert Kase, Muris Korkaric, and Marlene Ågerstrand. 2016. 'CRED: Criteria for Reporting and Evaluating Ecotoxicity Data'. *Environmental Toxicology and Chemistry* 35 (5): 1297–1309. <https://doi.org/10.1002/etc.3259>.
- Nordic co-operation. 2014. 'The Cost of Inaction. A Socioeconomic Analysis of Costs Linked to Effects of Endocrine Disrupting Substances on Male Reproductive Health.' <https://www.norden.org/en/publication/cost-inaction-0>.
- . 2019. 'The Cost of Inaction : A Socioeconomic Analysis of Environmental and Health Impacts Linked to Exposure to PFAS.' <http://norden.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1295959&dswid=-4410>.
- Prichystalova, Radka, Jean Baptiste Fini, Leonardo Trasande, Martine Bellanger, Barbara Demeneix, and Laura Maxim. 2017. 'Comparison of Methods for Calculating the Health Costs of Endocrine Disrupters: A Case Study on Triclosan'. *Environmental Health: A Global Access Science Source* 16 (1): 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0265-x>.
- Sahlin, Sara, D. G. J Larsson, and Marlene Ågerstrand. 2018. 'Ciprofloxacin. EQS Data Overview. ACES Report 15. Stockholm University.'
- Sehlén, R, J Malmberg, C Baresel, M Ek, J Magnér, A-S Allard, and J Yang. 2015. 'Pilotanläggning För Ozonoxidation Av Läkemedelsrester i Avloppsvatten Vid Tekniska Verken i Linköping AB. IVL Rapport B 2218.'
- Swedish Chemicals Agency. 2013. 'Economic Cost of Fractures Caused by Dietary Cadmium Exposure.'
- The Public Health Agency of Sweden. 2018. 'Future Costs of Antibiotic Resistance.' <https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/f/future-costs-of-antibiotic-resistance/>.
- The Swedish Trade Association for the Research-Based Pharmaceutical Industry. 2012. 'Environmental Classification of Pharmaceuticals at Www.Fass.Se. Guidance for Pharmaceutical Companies.'

Department of Environmental Science and Analytical Chemistry (ACES)

Stockholms universitet 106 91 Stockholm Tel 08-16 20 00
www.su.se



Bilaga 2

Bra villkor och villkorsförutsättningar

Bra villkor om mikroföroreningar och villkorsförutsättningar

Domar om tillståndsvillkor, prøvotidsvillkor och underlag

Naturvårdsverket har [sammanställt](#) några av de viktigaste domstolsavgörandena om villkorsutformning med begränsningsvärden från 2009 och framåt.

Förutom det mer självklara att ändamålsenligt skydda miljön ska villkor vara rättssäkra och utformade så att kraven är tydliga för verksamhetsutövaren (fortsättningsvis benämnd reningsverket). Reningsverket och tillsynsmyndigheten ska på objektiva grunder kunna fastställa när villkor följs eller överträds. För att det ska vara möjligt behöver villkoren vara precisa. Samtidigt kan de behöva ge reningsverket en viss flexibilitet eller manöverutrymme. Reningsverket måste också ha faktisk och rättslig möjlighet att följa villkoret.

En annan betydelsefull aspekt vid villkorsskrivning är att den som bryter mot ett villkor kan straffas med böter eller fängelse. Det gäller även för överträdelse av andra bestämmelser i tillståndet (29 kap. 4 § pkt 2), vilket exempelvis kan vara utrednings- eller prøvotidsvillkor. Straffbarheten skärper vikten av tydliga krav.

Utan straff hade begränsningsvärden kunnat sättas lägre eftersom det behövs ett utrymme till den straffbara nivån för att tillåta utsläpp att variera av mer oundvikliga orsaker än ovarsamhet såsom vanligt förekommande driftvariationer. Riktvärden gav förr en sådan möjlighet men nu finns flera vägledande domar om villkor med begränsningsvärden, som alltid ska vara gränsvärden. Högsta domstolen har avvisat riktvärden som otydliga från straffbarhetssynpunkt. Utan eftertanke går det därför inte att överföra tekniska begränsningsvärden till Sverige från länder som inte har straffbelagt överträdelser av värdet.

Andra domar av intresse

När det gäller villkorsskrivning refererar Högsta domstolen i sina domskäl i målet T1356-08 till att behovet av villkor och deras närmare innehåll vid tillståndsgivningen ska bedömas utifrån den särskilda verksamhetens påverkan på människors hälsa och miljön. Domstolen refererade också i den domen till vad lagstiftaren angett om vikten av tydliga villkor.

Mark- och miljööverdomstolen avslag i målet M125-15 krav på prøvotidsvillkor och utredningar för att den fann att "förutsättningarna för att utredningen ska kunna leda till villkor för avloppsreningsverket om rimliga skyddsåtgärder som är miljömässigt motiverade och tekniskt genomförbara är små". Samma avslag återkom i målet M133-15.

Domarna ovan rörde villkorskrav om utredning om kemiska ämnen och hantering av kemikalier, men principerna som tas upp bör kunna beaktas också när villkor om utsläpp av kemiska ämnen eller förekomst av sådana i en recipient ska föreskrivas, särskilt mot bakgrund av domarna som Naturvårdsverket har sammanställt.

Våren 2019 bedömde Mark- och miljödomstolen vid Vänersborgs tingsrätt i ett överklagningsmål om Skövdes reningsverk (mål nr M 800-18) att det saknades förutsättningar för villkorsskrav om teknik för avancerad rening av mikroföroreningar. De få erfarenheter och kunskaper som tillkommit sedan dess ger svagt stöd för en ändrad bedömning av läget.

Stort utredningsansvar med gränser

Reningsverket har ett omfattande ansvar för att ta fram underlag för tillståndsprövningen och villkorsskrivningen på grund av miljöbalkens kunskapskrav och omvända bevisbörda. Men det finns likväl gränser för utredningsansvaret. Exempelvis är det inte troligt att ansvaret omfattar forskning eller utredning av forskningskaraktär.¹ Prövotids- eller undersökningsvillkor som är omfattande och otydliga kan lätt få karaktär av forskning. I sådana fall kan reningsverkets utredningsbörda bli orimlig och svår att genomföra på ett sådant sätt att resultatet kan användas som det var tänkt.

Reningsverk ska bedriva recipientkontroll men inte miljöövervakning

Avgränsning och omfattning på reningsverkens ansvar för recipientkontroll har betydelse inför prövningen och för formulering av recipientvillkor i tillståndet.

Verksamhetsutövaren ska kontrollera reningsverkets påverkan på miljön (26 kap. 19 § MB) genom så kallad recipientkontroll (RK). Ansvaret är brett och inkluderar all miljöpåverkan från reningsverket. I ansvaret ingår också reningsverkets eventuella påverkan på miljö-kvalitetsnormer (MKN), t.ex. på halterna av de fyra läkemedlen som Havs- och vattenmyndigheten (HaV) reglerat som särskilda förorenande ämnen för bedömning av ekologisk status eller påverkan på MKN för kemisk status, exempelvis PFOS.

Kontrollskyldigheten är begränsad till den egna verksamhetens påverkan eftersom syftet är att kunna relatera påverkan på recipienten till behovet och nyttan av åtgärder i reningsverket. Detta blir svårt att göra om reningsverkets skymms eller döljs bakom andra verksamheters påverkan, diffusa utsläpp, nedfall från luften, utsjövatten som drar in föroreningar till en kustvattenrecipient eller om data från kontrollen mer görs för att länsstyrelserna på grund av sitt uppdrag enligt 14 § förordningen (2017:872) om vattendelegationer ska kunna utföra vattenmyndigheternas övervakningsskyldighet enligt 7 kap. 1 § vattenförvaltningsförordningen eller för att länsstyrelsen och statliga verk ska följa upp riksdagens miljömål.

Reningsverkets kan få en stor utredningsbörda inför en tillståndsprövning om reningsverket inte utfört RK eller medverkat i en samordnad recipientkontroll (SRK) som inte tillräckligt väl speglar reningsverkets specifika påverkan på recipienten och miljökvalitetsnormerna. Brist på sådana data som underlag för prövningen ökar risken för långdragna prövningar med kompletteringsrundor och utdragna undersöknings- och prövotidsvillkor.

Länsstyrelsens och statliga verks behov av data för att bedöma recipientens status eller vad vattenvårdsförbundets medlemmar kollektivt valt att övervaka behöver inte stämma med reningsverkets egna skyldigheter eller behov av data inför kommande tillståndsprövningar.

¹ Jfr exempelvis författningskommentaren sidan 283, i prop. Miljöbalken 1997/98:45 om undersökningsplikten vid tillsyn.

Medverkan i SRK är ingen lagreglerad skyldighet. Genom SRK övervakas många källors gemensamma påverkan på recipienten men inte nödvändigtvis moderna parametrar som exempelvis mikroföroreningar från utsläppt avloppsvatten. Skyldigheten att bedriva RK kan vara förenlig med SRK om upplägg och innehåll på SRK möjliggör för det individuella reningsverket att också bedöma sin egen påverkan på recipienten.

Tillståndsvillkor som fångat upp att sökanden avsett att delta i SRK befriar inte reningsverket-utövaren från RK-skyldigheten och utökar inte reningsverkets rätt enligt lagen om vattentjänster att finansiera kontroller för andra syften än RK. En prövningsmyndighet kan inte i ett enskilt ärende reglera innehållet på SRK, som ofta ett vattenvårdsförbund bestämmer över, och den kan inte genom tillståndsvillkor tvinga ett reningsverk till medlemskap i ett vattenvårdsförbund, förening, vattenråd eller löst sammansatt nätverk.

Tillståndsprövning, villkor, provotids- och utredningsvillkor ska syfta till att skydda miljön och skapa underlag för prövningen, inte till att tillgodose statens behov av övervakningsdata. Den kommunala VA-avgiften får bara finansiera sådana krav som har stöd i lag och har en direkt koppling till VA-verksamheten.

Så här anser vi att RK och SRK fungerar i relation till vattentjänstlagen (LAV)² om vilken kontroll som reningsverket får avgiftsfinansiera.

RECIPIENTKONTROLL OCH SAMORDNAD RECIPIENTKONTROLL		
VA utför RK i egen regi av reningsverkets påverkan på MKN och annan miljö.	VA deltar i SRK så upplagd att också det egna reningsverkets påverkan på MKN och annan miljö kan skiljas från andra källors påverkan.	VA deltar i SRK så upplagd att det egna reningsverkets påverkan på MKN och annan miljö inte går att separera från andra källors påverkan. Någon tydlig koppling till reningsverket uppstår inte.
Tillsynen <u>får</u> ingripa med stöd av miljöbalken	Tillsynen <u>får</u> ingripa i RK-delen med stöd av miljöbalken men inte i SRK-delen	Tillsynen <u>får inte</u> ingripa i SRK-delen men <u>får</u> förelägga reningsverket att utföra RK
FINANSIERING MED VA-AVGIFTER		
VA-verksamheten fullgör kravet på RK enligt 26 kap. 19 § andra stycket miljöbalken.	Kravet i 26 kap. 19 § andra stycket miljöbalken på RK fullgörs inte.	
VA-avgiften enligt vattentjänstlagen <u>får</u> användas för att finansiera kontrollen – även för medverkan i SRK om kostnaden då blir lägre eller inte ökar jämfört med att bara utföra RK i egen regi.	VA-avgiften enligt vattentjänstlagen <u>får inte</u> användas för att finansiera statliga myndigheters, kommunens eller andra verksamhetsutövers ambitioner eller ansvar för recipientövervakning.	
VA-avgiften får användas för att betala tillsynsmyndighetens tillsynsavgift vid ingripande som rör RK men inte för att betala myndighetsarbete som rör SRK.		

Här kan observeras att riksdagen nyligen skärpte kraven på tillsynsmyndigheterna och tydliggjorde att dessa bara får ställa krav som har stöd i lag, vilket exkluderar krav på SRK.

² **30 §** Avgifterna får inte överskrida det som behövs för att täcka de kostnader som är nödvändiga för att ordna och driva va-anläggningen.

Eftersom syftet med RK är ett annat än att övervaka statusen på en hel recipient kan det bli problem i prövningen av ett reningsverk om RK-data använts för statusbedömning i brist på kvalitetssäkrade data av rätt slag. Reningsverk kan ha medverkat i forskningsprojekt eller i statliga myndigheters screeningar av om ett ämne förekommer nedströms eller utanför ett reningsverk. Resultaten från sådana projekt kan ha tjänat som motiv för en reglering av ämnena som MKN, men projektresultaten behöver inte spegla recipientens status.

Den rimlighetsavvägning enligt 2 kap. 7 § miljöbalken som vanligtvis ska göras beträffande kostnaderna för en åtgärd i förhållande till miljönyttan gäller sedan 2019-01-01 inte om reningsverket måste vidta skyddsåtgärden för att kunna följa en miljökvalitetsnorm. Det innebär att kostnaderna för åtgärden kan bli orimligt hög. Rimlighetsgränsen för kraven på reningsverkets kontroll och undersökningar av utsläpp och recipient utökades troligen inte.

Standarder och kvalitetssäkringskrav för rättssäkerhet

En grundläggande fråga att besvara är hur ett reningsverk ska kunna kontrollera utsläpp av mikroföroreningar och utsläppets miljöpåverkan samt välja relevanta substanser bland alla de hundratal eller tusental som skulle kunna komma i fråga, eller välja parametrar som speglar substansernas samlade effekter, samt vad av detta som går att analysera på ackrediterade laboratorier med metoder som ger rättssäkra och representativa resultat utan orimliga kostnader. En annan fråga är vad av detta som är forskning.

Standardisering och framtagning av analysmetoder för utsläpps- eller recipientkontroll förutsätter forsknings- och utvecklingsarbete. Ett reningsverk kan inte påverka hur analyser, metoder och laboratorier på den internationella, europeiska eller svenska marknaden eller inom forskningen utvecklas.

Utsläppskontroll

Det framgår av Naturvårdsverkets föreskrifter SNFS 1990:1 att åtminstone analysen av uttagna prov på utsläppet eller recipienten ska utföras av ett ackrediterat laboratorium. Detta ska även utföra mätning och provtagning, men reningsverket får utföra uppgifterna om det har personal med behövliga kunskaper som är lämpade för uppgiften.

Naturvårdsverkets föreskrifter ovan riktar sig till verksamhetsutövare som t.ex. reningsverk, som enligt 26 kap 19 § miljöbalken ska kontrollera det egna reningsverkets påverkan på recipienten och miljökvalitetsnormerna.

Föreskrifterna reglerar kvalitet och kompetens utmed hela kontrollkedjan – provtagning, provbehandling, provförvaring, transport, förbehandling, analys – samt resultatdokumentation. Detta är viktigt eftersom den svagaste länken i kontrollkedjan kan avgöra slutresultatets kvalitet. Ett sådant kvalitetssäkrat upplägg på kontrollkedjan behövs om ett kontrollresultat på ett rättvisande och rättssäkert sätt ska kunna jämföras med ett rättsligt ställt krav, särskilt om det är straffbelagt att överträda kravet eller kan få allvarliga konsekvenser för reningsverkets tillåtlighet.

En viktig länk är analysmetoden. En standardiserad metod bygger på forskning och väl-dokumenterad kunskap om vad som analyseras och vad i ett prov som kan störa analysen och påverka resultatet. Med andra metoder blir analysresultaten mer osäkra och det kan vara oklart vad som egentligen har mätts. Genom att koppla ett villkorsreglerat och därmed straff-sanktionerat gränsvärde till en standardiserad metod eller till den metod som underlaget för villkorsskrivningen i tillståndsansökan bygger på, säkerställs att det som kontrolleras också är det som reglerats i villkoret och ingenting annat.

Naturvårdsverkets föreskriver i 4 § NFS 2000:15 att reningsverket ska använda en sådan analysmetod för utsläpps- och recipientkontrollen som är internationellt standardiserad av ISO, i Europa av CEN eller som Svensk standard (SS) förutsatt att ingen annan föreskrift eller myndighetsbeslut kräver något annat. I sista hand får en annan metod användas, exempelvis branschstandarder.

Kontroll för statusbedömning

Enligt artiklarna 3 och 6 i [EU:s direktiv 2009/90/EG](#) ska statusen av en vattenförekomst övervakas med hjälp av analysmetoder som är validerade och dokumenterade enligt ISO-standardEN ISO/IEC-17025 eller annan motsvarande standard som är internationellt accepterad. Anlitade laboratorier ska vara kvalitetssäkrade enligt samma internationella regelverk. Resultat som bygger på svenska standarder eller andra analysmetoder kan således inte användas för att bedöma ekologisk eller kemisk status.

Havs- och vattenmyndigheten föreskriver i 26-27 §§ HVMFS 2015:26 om övervakning av ytvatten enligt vattenförvaltningsförordningen att analysen ska utföras på ackrediterade laboratorier när resultatet ska användas för bedömning av status. Föreskrifterna kvalitets-säkrar enbart slutet på kontrollkedjan.

Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter riktar sig till vattenmyndigheterna, som enligt 7 kap 1 § vattenförvaltningsförordningen ansvarar för vattenförvaltningens miljöövervakning och för att bedöma recipientens status, som ofta fler källor än en verksamhet påverkar.

HaV:s föreskrifter definierar i 3 § begrepp som kan knytas till kontrollkedjans analys och har betydelse vid bedömningen av datakvalitet och status, nämligen: *detektionsgräns*, *konfidensnivå*, *kvantifieringsgräns*, *mätosäkerhet*, och *noggrannhetsnivå*.

Ackreditering har gränser

Ett laboratoriums ackreditering är avgränsat till omfattning och innehåll. För att kunna kontrollera villkor behöver det finnas laboratorier som är ackrediterade för analys av de läkemedel som HaV reglerat som SFÄ för bedömning av ekologisk status i matriserna inlandsvatten, kustvatten eller avloppsvatten.

En annan avgränsning kan vara vilken lägsta halt som de ackrediterade laboratorierna får rapportera om till reningsverket. HaV:s reglerade halter kan vara lägre än gränsen för ackrediteringen. För 17-beta-östradiol är exempelvis ett undersökt laboratoriums rapporteringsgräns 5 ng/l, att jämföra med HaV:s reglering för inlandsvatten på 0,4 ng/l och för kustvatten på 0,08 ng/l. För diklofenak är rapporteringsgränsen 10 ng/l att jämföra med regleringen på 100 ng/l för inlandsvatten och 10 ng/l för kustvatten. För 17-alfa-etinyl-östradiol är rapporteringsgränsen 1 ng/l mot reglerade 0,007 ng/l för kustvatten och 0,0035 för inlandsvatten och för ciprofloxacin gäller gränsen 100 ng/l mot reglerade 100 ng/l. Mätosäkerheterna kan vara mycket stora.

Exemplet ovan beskriver en ackreditering som reningsverket kan använda enbart för kontroll av ciprofloxacin och diklofenak medan reglerna för östrogenerna inte kan följas och kvaliteten kan inte säkras. Exemplet visar också att tillgången på laboratorier som är ackrediterade för det som ska regleras i ett tillstånd bör beaktas när straffbelagda utsläpps- eller recipientvillkor skrivs för alla slag av mikroföroreningar.

Särskilt viktigt är att beakta kvalitetssäkrings- och ackrediteringsaspekterna när tillåtligheten för ett reningsverk ska bedömas för att utsläppet riskerar försämra recipientens status.

Skillnader i kvalitetssäkringen

När ett vattenprov från ett utsläppt avloppsvatten ska analyseras med en annan metod än den som används för analysen av ett vattenprov från recipienten kan det vara bra att uppmärksamma i vilken utsträckning analyserna avser samma parameter (fångar in ämnet på samma sätt), liksom om ämnen som stör analyserna varierat så mycket att jämförbarheten påverkats samt hur kvaliteten i kontrollkedjorna har säkrats. Riskerna för att på fel sätt jämföra analyserade data med ställda krav ökar med ovanliga parametrar och låga halter samt när ackrediterade laboratorier saknas för ändamålet eller om kvaliteten längs kontrollkedjan brustit.

Till skillnad från Naturvårdsverkets föreskrifter omfattar Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter inte alla länkar i kontrollkedjan. Havs- och vattenmyndigheten reglerar heller inte vilka analysmetoder som ska användas vid övervakning i recipienter av läkemedlen diklofenak, ciprofloxacin och två östrogen - särskilda förorenande ämnen (SFÄ) - för bedömning av ekologisk status. De reglerade halterna som ska användas för bedömningen är årsmedel- och maxvärden i vatten på miljarddelar och biljondelar av ett gram, varför brister i endera eller båda kontrollkedjorna och kvalitetssäkringen lätt kan påverka resultaten.

Skillnaderna i kvalitetssäkring och brister i kontrollkedjan kan vara en källa till osäkerhet värd särskild uppmärksamhet när miljökvalitetsnormer ska tillämpas för att bedöma om ett reningsverks utsläpp är tillåtet enligt 2 kap. och 5 kap. miljöbalken eller om ett recipientvillkor följs liksom när ett utrednings- eller prøvotidsvillkor ska verkställas. Små fel skulle kunna få allvarliga konsekvenser.

För HaV:s och vattenmyndigheternas statusbedömning och centrala verks allmänna miljöövervakningsbehov är detta möjligen ett mindre stort problem jämfört med problemen för rättssäkerheten och de omfattande konsekvenserna för reningsverket eller samhällsutvecklingen på en ort. Sådana kan uppstå om reningsverket provas vara otillåtet eller om tillsynsmyndigheten måste anmäla reningsverket till polis eller åklagare vid misstänkt överträdelse av ett straffbelagt krav³.

Straffbara villkor, kontrollkvalitet och jämförbara gränsvärden

För att det ska vara möjligt att följa myndigheternas föreskrifter måste det finnas laboratorier som är ackrediterade i Sverige eller i ett annat land för den använda analysmetoden ner till reglerade halter för en specifik matris.

Sådana analyser som kan ha utförts inom forskningen när underlagen för Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om medel- och maxhalter för vissa mikroföroreningar togs fram omfattas inte av reglernas krav på kvalitetssäkring.

³ Skyldighet enligt 26 kap. 2 § miljöbalken

Svenska villkorskrav är straffsanktionerade. Det fordrar god kvalitet på hela kontrollkedjan – från provtagning, provbehandling, transport och förvaring till analys och dokumentation av resultat – samt sådana särskilda hänsyn som framgår av Högsta domstolens dom som nämns ovan. Svenskt Vatten känner inte till om krav i tillstånd eller lagstiftning är sanktionerade på samma sätt i andra länder och om krav på enskilda därför ställs utan sådana hänsyn. Det kan tilläggas att vattenmiljöer och utsläppskällor i Schweiz alplandskap och hur vattentäkter där ska kunna skyddas skiljer sig från förhållandena i Sverige.

Vad som är behövt samt möjligt att kräva och haltreglera i ett annat land kan således inte rakt av utan konsekvensbedömning införas som en lämplig reglering i Sverige.

Tillämpning av miljö kvalitetsnormer förutsätter mätmetoder

I propositionen till miljöbalken⁴ står om :

En användning av siffervärden för miljö kvalitet förutsätter emellertid att det finns klart definierade mätmetoder och mätparametrar. Det medför svårigheter att bedöma vilka mätparametrar som kan anses vara relevanta för miljö kvaliteten, eftersom ett ekosystem består av både levande och icke levande materia, det vill säga organismer som samspelar med varandra och en omgivning bestående av kemiska substanser och mineral. Systemet är inte statiskt utan förändras ständigt bl.a. på grund av mänsklig påverkan.

Lagstiftaren var tidigt klar över vikten av bra mät- och kontrollmetoder och de komplexa sambanden i miljön. Även om uttalandet ovan handlar om vad en MKN definieras vara visar den på frågans betydelse om villkor ska skrivas som behöver följas upp i recipienten. Ett stort antal mikroföroreningar som släpps ut från tätorter via reningsverk är reglerade som MKN.

Rimliga utredningsvillkor

Följande exempel på ett förekommande prövotidsvillkor kan användas för att belysa vad som kan vara ett krav på forskning eller utredning av forskningskaraktär och svårigheterna med tydlighet och gränsdragningar för att få nytta av resultaten utan att konsekvenserna för att genomföra kraven blir orimliga eller ogenomförbara.

U 1. Identifiera lämpliga parametrar, analysmetoder för uppföljning eller villkorsreglering av utsläpp läkemedelsrester, biocider och andra mikroföroreningar av relevans för valda reningstekniker.

U 2. Klarlägga reningseffekter för ovannämnda ämnesgrupper under olika tänkbara driftscenarier för anläggningen.

U 3. Klarlägga effekterna av reningen av ovannämnda ämnesgrupper på reningsresultatet av syreförbrukande ämnen, fosfor, kväve och ammonium samt det renade avloppsvattnets egenskaper med avseende på bioackumulerbarhet, nedbrytbarhet och toxicitet (akut och kronisk).

Redovisning ska ges in senast 5 år från den dag anläggningsdelen för läkemedelsrening tagits i drift.

⁴ Prop. 1997/98:45 om Miljöbalk, del 2, sidan 44.

I ärendet och av tillståndet som exemplet ovan är hämtat från framgår att det saknas identifierade platsspecifika miljöproblem att lösa som beror på mikroföroreningar, men ett straffsanktionerat särskilt villkor om avancerad rening har ändå ställts i tillståndet. Reningsverket får välja teknik. I det här fallet har domstolen även valt att föra in rening av smittämnen då detta nämnts i ansökan som en positiv bieffekt av ozoneringen. Rening av smittämnen bör bara regleras i villkor om det inte finns särskilda skäl för att göra det.

Eftersom kraven nr 2 och 3 förutsätter en lösning på krav nr 1 bör nr 1 vid en första anblick lösas först.

Krav nr 1 ska lösas utifrån relevansen för reningstekniken. Valet av teknik förutsätter att reningsverket antingen bortser från eventuell platsspecifik miljöpåverkan från smittämnen och mikroföroreningar och väljer passande teknik mer fritt, eller bestämmer sig för att vissa smittämnen och mikroföroreningar är eller framöver troligen blir viktigare att rena än andra och väljer teknik därefter. Mikroföroreningar renas olika effektivt beroende på val av teknik. I nästa steg bestäms sedan parametrar/analysmetoder för uppföljning eller villkorsreglering. Med tanke på provotidsvillkor 3 bör det senare alternativet, att välja ämnen före teknik, synas som den teoretiskt mest framkomliga vägen, men vägen är kantad av svårigheter.

Det tredje kravet innehåller två led. Det första ledet om att klarlägga effekterna på reningsresultaten för BOD7 (möjligen också COD men det är oklart), fosfor, kväve och ammonium när de valda ämnena renas är tydligt. Det andra ledet däremot är otydligt och svårt att följa och har en tydlig forskningsinriktning.

Avloppsvatten per se är inte bioackumulerbart eller onedbrytbart men skulle kunna vara toxiskt beroende på sin sammansättning av ämnen.

Det är mest troligt att utredning av bioackumulerbarhet bara kan syfta på enstaka ämnen i ämnesgrupperna men det är inte lika säkert om nedbrytbarhet även avser alla ämnen i gruppen samt gruppvisa mikroföroreningar som PFOS och det är ännu mindre tydligt om toxicitet avser enskilda ämnen i de valda grupperna, gruppens alla ämnen eller avloppsvattnet per se. Att ta reda på detta är i stort sett ogörligt för ett enskilt reningsverk. Förutom att vara otydligt saknar utredningskravets omfattning gränser.

Att var för sig utreda hundratals enskilda ämnen i avloppsvattnet med avseende på toxicitet, nedbrytbarhet och bioackumulerbarhet (ämnenas inre egenskaper) är en mycket forsknings tung uppgift, som fordrar mycket utredningsresurser och specialistkompetens under lång tid. Inte sällan behöver nationella statliga resurser tillföras. Utredningsansvaret ligger därför enligt EU:s förordning (EG) nr 1907/2006 om registrering, utvärdering, godkännande och begränsning av kemikalier (Reach) på tillverkaren eller importören som sätter ämnet på EU:s inre marknad. Efter registrering utvärderas vissa ämnen ytterligare genom samarbete mellan den Europeiska kemikalimyndigheten i Helsingfors (Echa) och medlemsländernas statliga myndigheter enligt förfarandet som är reglerat i Reach, avdelning VI, kap. 2. Forskningsprocesserna för detta är kostsamma och tar lång tid.

I den mån kunskaper om enskilda ämnen är tillgängliga på Echa hemsida kan reningsverket ta del av dessa som underlag som kan lämnas vidare till provningsmyndigheten. Men kravet i provotidsvillkoret ovan är fortfarande otydligt och gränslöst så länge det inte specifikt framgår vilka ämnen som underlaget ska avse.

Kravet på att klarlägga det renade avloppsvattnets egenskaper skulle också kunna avse cocktaileffekten, men fortfarande återstår att antingen avgränsa om det är en cocktaileffekt från vissa ämnen eller från alla förekommande ämnen i avloppsvattnet som avses. Att utröna sådana lokala effekter på ett lokalt utsläppt avloppsvatten fodrar försöksserier och vetenskaplig systematik under lång tid. Ska resultatet kunna användas för att reglera utsläpp av vissa ämnen måste dessa ämnens bidrag till cocktaileffekten kunnat identifieras och andra ämnens bidrag uteslutas. Även metod för att kunna bedöma cocktaileffekten på ett kvalitets-säkrat sätt behöver bestämmas. Här är forskningsläget långt från entydigt och det är fortfarande ett antal år kvar innan metoder finns framme för att bedöma reningsverkets påverkan från mikroföroreningar på recipienten. Ska resultatet användas för att villkorsreglera reningsverkets recipientpåverkan i det avseendet måste det också finnas en etablerad s.k. effekt-baserad metod att använda som kan kvalitetssäkras längs hela kontrollkedjan – från provuttag till analys på ackrediterat laboratorium.

Sammanfattningsvis är det ställda utrednings- och provotidsvillkoret ovan i stora delar orimligt eller omöjligt att följa, gränslöst och svårt att tolka. Det är inte säkert att det går att få fram resultatet som går att använda efter fem års utredande.

Några slutsatser

- Det är möjligt att ge tillstånd för reningsverk som inför avancerad rening och låta sådan rening omfattas av det inledande allmänna villkoret.
- Det saknas ännu förutsättningar för att skriva särskilda villkor med begränsningsvärden för utsläpp av mikroföroreningar. Efterlevnaden går inte att kontrollera på tillräckligt säkert sätt.
- Det saknas ofta förutsättningar för att skriva särskilda villkor för recipienten med halter för mikroföroreningar eller andra slags parametrar som kan påverkas av utsläppet. Metoder för kvalitetssäkrad villkorskontroll och uppföljning antingen saknas eller är ofullständiga och resultat kan vara svåra att relatera till just det tillståndsprövade reningsverket.
- Det är inte möjligt att tydligt definiera behoven av avancerad rening av avloppsutsläpp till en specifik ytvattenförekomst, inte ens utifrån förekomsten av sådana ämnen som reglerats som MKN i form av Särskilda Förorenande Ämnen (SFÄ) såsom för nuvarande reglerade läkemedel.
- Utrednings- och provotidsvillkor för ett reningsverk bör vara tydliga, avgränsade och genomförbara och så utformade att resultaten går att använda för att formulera särskilda villkor.
- Det är omöjligt för ett enskilt reningsverk att bedriva forskning eller utvärdera kemiska ämnens inneboende egenskaper och påverkan på människor och miljö. Ansvar för det faller på de som sätter ämnena på marknaden samt på Echa och EU:s medlemsstater.

Bilaga 3

Upphandling läkemedelsrening ozon

UPPHANDLING AV LÄKEMEDELSRENING MED OZON

SVENSKT VATTEN AB

Stöd för upprättande av förfrågningsunderlag inför upphandling av läkemedelsrening med ozon

UPPDRAGSNUMMER 13011509



2020-11-27

**SWECO ENVIRONMENT AB
JÖNKÖPING PROCESSANLÄGGNINGAR**

UPPRÄTTAD AV:
MATILDE KAMP
CARL DAHLBERG
KRISTIN BARKMAN

Innehållsförteckning

1	Inledning	3
1.1	Syfte	3
1.2	Ansvarsfördelning	3
2	Processbeskrivning	5
2.1	Ozonproduktion	7
2.2	Syrgasförsörjning	7
2.2.1	Flytande syrgas (LOX)	8
2.2.2	Egen syrgasproduktion	8
2.3	Doseringsutrustning	9
2.4	Kontakttank	9
2.5	Kylning och värmeåtervinning	10
2.5.1	Värmeväxlare	10
2.5.2	Värmepump	10
2.5.3	Beräkningar för val av kylsystem	10
2.6	Efterbehandling	11
2.6.1	MBBR	12
2.6.2	Sand- eller kolfilter	12
2.7	Styrning och instrument	12
2.8	Provtagning	13
3	Teknisk beskrivning maskin	15
3.1	Generella krav	15
3.1.1	Normer, allmänna krav och kvalitet	15
3.1.2	Krav på dokumentation	15
3.1.3	Montage och utförande	16
3.1.4	Svetsning	16
3.1.5	Märkning	16
3.1.6	Elektrisk utrustning	17
3.1.7	Ljudnivå och vibrationer	17
3.2	Ozongenerator	18
3.3	Doseringsutrustning	19
3.3.1	Doseringssystem (Alternativ B2: Diffusorer)	19
3.4	Syrgasgeneratorer (om tillämpligt)	20
3.4.1	Alternativ A2: PSA	20
3.5	Kylsystem	21
3.5.1	Alternativ C2: Kylväxlare	21
3.6	Ozondestruktör	22

3.7	Instrument	23
3.7.1	Generellt för instrument	23
3.7.2	Montage - elektrisk anslutning och intrimning	23
3.7.3	Ozonhaltmätare ozongenerator	24
3.7.4	Ozonhaltmätare frånluft kontakttank	25
3.7.5	Ozonhaltmätare destruktor	26
3.7.6	UV-absorbansmätare	27
3.7.7	Gasvarnarsystem	28
4	Rambeskrivning MBBR	29
5	Övriga rekommendationer	30
5.1	Bygg	30
5.2	VVS	30
5.2.1	Alternativ C1: Värmepump	31
5.3	Elinstallationer	31
5.3.1	Kanalisation	32
5.3.2	Jordning	32
5.3.3	Belysning	32
5.3.4	Kraft	32
5.3.5	Frekvensstyrda drifter	32
5.3.6	Övrigt	32
5.4	Styr	32
5.4.1	Kommunikation mot operatörssystem	33
5.4.2	Kommunikation mot befintliga styrsystem	33
5.4.3	Objekt	33
5.4.5	Dokumentation	34
6	Kontroll, driftsättning, provdrift och besiktning	35
6.1	Ordlista	35
6.2	Egenkontroll, provning, driftsättning och intrimning	35
6.3	Provdrift och prestandaprov	35
6.4	Besiktning och övertagande	37

1 Inledning

Sweco har på uppdrag av Svenskt Vattens *beställargrupp för minskade utsläpp av läkemedelsrester, mikroplaster och andra föroreningar via avloppsreningsverk* tagit fram två underlag för upprättande av förfrågningsunderlag för upphandling av läkemedelsrening. Beställargruppen består idag av drygt 30 personer från 26 VA-organisationer. Detta underlag rör upphandling av en ozoneringsanläggning samt en biologisk efterbehandling.

Innan en upphandling kan genomföras behöver processen utredas och utformas så att den passar det specifika reningsverket. För dimensionering av ozoneringsanläggningen (uppehållstid i reaktortank, ozondos etc.) hänvisas till Kapitel 3.1 i "Konsultrapport – kunskapsläget beträffande avancerad rening av mikro-föroreningar" (Michael Cimbritz, 2019) vilken är bifogad beställargruppens redovisning 2018-19 (M147).

När det gäller val av maskinell utrustning presenteras alternativ och rekommendationer i Kapitel 2 Processbeskrivning, tillsammans med en beskrivning av ozoneringsprocessen. Utvald utrustning beskrivs därefter detaljerat i Kapitel 3 Teknisk beskrivning maskin. En rambeskrivning för det efterföljande biologiska reningssteget redovisas i Kapitel 4.

Gällande övriga discipliner (bygg, VVS, el och styr) presenteras endast rekommendationer (Kapitel 5) eftersom utförandet av dessa blir mycket projektspecifika.

I Kapitel 6 ges rekommendationer för kontroll, driftsättning och besiktning.

1.1 Syfte

Syftet med detta dokument är att fungera som vägledning och stöd för kommuner och VA-organisationer som står inför upphandling av läkemedelsrening med ozon. Förfrågningsunderlaget fokuserar på de specifika maskinella komponenterna för just den aktuella processen som beskrivs i en detaljerad teknisk beskrivning (Kapitel 3).

De krav som ställs på anläggningen är prestandakrav och beskriver inte villkor eller krav på det utgående, renade vattnet. Det är en funktionsentreprenad i det avseende att en viss mängd ozon ska kunna levereras och doseras i reaktorn och beställaren behöver därför utföra dimensionering. Anledningen är att något reduktionskrav inte finns i Sverige idag och att Sweco har bedömt att det inte är rättssäkert att upphandla på funktion då både inkommande halter av föroreningar och analysnoggrannhet varier. I rapporten M147, Cimbritz (se ovan) finns exempel på hur krav har ställts i andra länder i Europa.

Upphandling av den maskinella utrustningen är tänkt att ske enligt ABT06, ABA99 eller NLM19. Även AB04 kan vara en aktuell upphandlingsform.

1.2 Ansvarsfördelning

Att som i detta dokument låta beställaren ansvara för dimensionering av anläggningen för läkemedelsrening har inte enbart att göra med att de specifika förutsättningarna skiljer från anläggning till anläggning. Det har också att göra med var risker och kostnader ska förläggas. Detta gäller oavsett entreprenadform.

I dessa underlag har Sweco bedömt att det inte är rimligt att göra upphandlingen på reningseffekt. Det beror både på att det i dagsläget inte finns några krav på reduktionsgrad och att analysmetoderna ännu inte är tillräckligt bra (noggranna) för att användas som prestandakontroll. Det finns också en risk att inkommande vatten varierar i sammansättning över tid.

Förutsättningarna för att kunna upphandla en vara eller en tjänst är att förfrågningsunderlaget är tydligt. Ju mer detaljerat underlaget är desto lägre riskpremie kan förväntas av den som ska lämna anbud. Men med ett mer detaljerat underlag tar också beställaren en större risk om de verkliga förutsättningarna avviker från förfrågningsunderlaget.

Ett mer generellt förfrågningsunderlag innebär att den som ska lämna anbud måste lägga ner tid och resurser på utredningsarbete, eventuellt redan innan anbud. Detta kan i sin tur leda till att färre lämnar anbud.

Det här dokumentet förutsätter att beställaren har utformat anläggningen baserat på egna antaganden, tester etc. Sweco anser inte att det är möjligt att lämna över detta till entreprenör och samtidigt kunna göra en rättvis utvärdering av inkomna anbud eller kontroll av att färdigställd anläggning uppfyller ställda krav.

2 Processbeskrivning

Processen beskrivs i korthet med att vattnet leds genom en sluten kontakttank med dosering av ozon som bryter ned läkemedelsresterna genom kemisk oxidation. Uppehållstiden i tanken ska vara tillräcklig för att allt ozon ska hinna reagera. Frånluften från kontakttanken leds genom en ozondestruktor för att säkerhetsställa att eventuella ozonrester inte ska släppas till atmosfären.

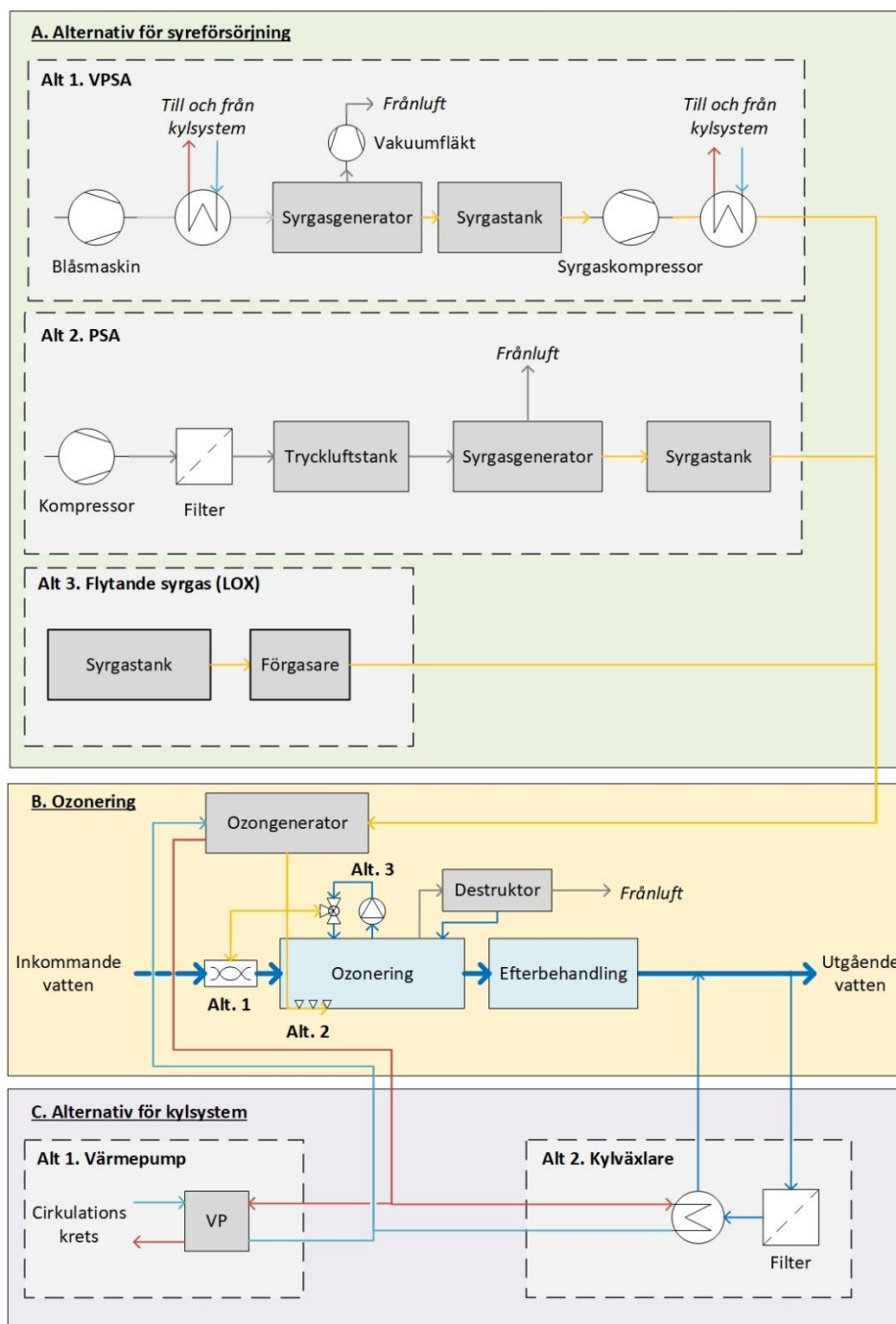
Efter ozonreaktorn finns det ett biologiskt reningssteg (kallad "Efterbehandling" i Figur 1) för att reducera nedbrytningsprodukter som bildas i ozoneringen. Mängden organiskt material som är tillgängligt kommer att vara mycket låg vilket gör att ett biofilmssystem som kan hålla kvar biomassan är lämpligt. Exempel på tekniska lösningar för biofilm är sandfilter, kolfilter, biobädd eller rörligt bärrmaterial (MBBR), men det skulle även kunna vara andra lösningar. I detta dokument föreslås en MBBR, vilket ska ses som ett exempel.

Systemet för ozonering kan byggas upp på flera sätt där Figur 1 illustrerar viktiga systemskillnader som ger påverkan på både investerings- och driftkostnader. Nedanstående vägval kan kombineras olika beroende på anläggningens förutsättningar och anläggningsägarens önskemål.

Ozonet produceras i generatorer som matas med syrgas, vilken antingen köps in i flytande form, LOX, (Alt. A3) eller skapas på plats från luften med hjälp av syrgasgeneratorer (PSA (Alt. A2) eller VPSA (Alt. A1)).

Dosering av ozon till vattnet sker med hjälp av statisk mixer (Alt. B1), diffusorer (Alt. B2) eller injektor (Alt. B3).

Ozongeneratorerna blir varma vid drift och behöver kylas, vilket normalt sker med kylvatten i en sluten krets. Kylkretsen kyls oftast med en värmeväxlare som använder behandlat avloppsvatten som kylmedia (Alt. C2). Alternativt kan kylkretsen kylas med den kalla sidan på en värmepump (Alt. C1).



Figur 1 Blockschema över en ozoneringsanläggning för läkemedelsrening med alternativ för syrgasförsörjning; VPSA (A1), PSA (A2) eller LOX (A3), dosering; statisk mixer (B1), diffusorer (B2) eller injektor (B3) och kylning; värmepump (C1) eller kylväxlare med utgående avloppsvatten (C2). Efter ozonreaktorn finns ett biologiskt reningssteg (Efterbehandling) som kan bestå av t.ex. sandfilter, kolfilter, biobädd eller MBBR.

2.1 Ozonproduktion

Ozon produceras i en eller flera ozongeneratorer som matas med syrgas. Generatorerna dimensioneras för hela maxbehovet av ozon. Ozonproduktionen skall vara reglerbar så att både min- och maxbehov kan tillgodoses. Redundans rekommenderas, vilket till exempel innebär tre eller fyra mindre generatorer istället för en eller två större (dimensionerade för det maximala flödet). Vid medelflöde kan då en generator stå still. Att bygga upp anläggningen med flera mindre maskiner istället för en stor kräver större golvyta, mer rördragning och en större investering, men medför också fördelar i driftfasen eftersom det medger service av utrustning under drift och anpassning av driften till behovet.

Det är önskvärt att ozonhalten kan justeras i ett intervall, t.ex. mellan 80–300 g O₃/Nm³ (6–20 wt%). En högre koncentration innebär en lägre förbrukning av syrgas men ökar risken för bromatformation. Bromat är ett cancerogent ämne som kan bildas om det finns bromid i inkommande vatten. För mer information om bromatformation och vilka halter av bromid som är godtagbara för ozonering se kapitel 6.3 i Cimbritz, 2019.

En låg ozonkoncentration kan behöva utnyttjas om inkommande avloppsvattenflöde är lågt och gasflödet som behövs för att upprätthålla ett tillräckligt tryck genom diffusorerna riskerar att bli för lågt med en högre ozonkoncentration.

2.2 Syrgasförsörjning

Ozongeneratoren behöver matas med syrgas. Syret kan levereras i flytande form (LOX – Liquid Oxygen) eller skapas på plats från tryckluft (hög- eller lågtryck) i ett PSA- respektive VPSA-system. Se Figur 1, alternativ A1-A3.

Har man en egen syrgasproduktion blir man oberoende av leverantörer och risker kopplade till hantering av det flytande syret (t ex transporter inom området) undviks. En egen syrgasproduktion kräver dock mer tillsyn och hantering av driftstopp, dvs ett större personalbehov, samt en större byggnad för att rymma all maskinell utrustning. Enligt Sweco Tysklands erfarenhet är syrgasproduktion från luft endast ekonomiskt försvarbart för mycket stora anläggningar runt 1 000 000 pe eller om stora mängder av överskottsenergi finns tillgänglig. I Schweiz finns dock en ozonanläggning (Klärwerk Werdhölzli, ca 500 000 pe) med egen syrgasproduktion i en VPSA-anläggning. Där gjorde statliga bidrag på investeringskostnaden för rening av mikroföroreningar att detta alternativ var det mest ekonomiskt fördelaktiga.

En egen produktion av syrgas kommer att innebära att elförbrukningen ökar på anläggningen. Erfarenheter från fullskalanläggningar i Schweiz är att produktionen av syrgas kräver lika mycket energi som omvandling av syrgas till ozon. Utifrån Swecos egna utredningar är energibehovet syrgasproduktion med PSA i samma storleksordning som energibehovet för att producera ozon från syrgas, medan syrgasproduktion med VPSA kräver ca 70% av behovet för att producera ozon från syrgas.

Att överföra information om vilket alternativ som är det mest fördelaktiga mellan olika anläggningar är vanskligt. Särskilt vanskligt är det att jämföra svenska anläggningar med

anläggningar från andra länder. En utredning (livscykelkostnadsanalys, LCC) kring vilket alternativ som passar bäst för det specifika reningsverket måste med andra ord göras från fall till fall och ta hänsyn till aktuellt pris på LOX, elpris och eventuella bidrag. Som med alla investeringar och vägval kommer ekonomiska förutsättningar som avskrivningstider och kalkylränta också att påverka vägvalet.

2.2.1 Flytande syrgas (LOX)

Syret levereras i ren och flytande form till en lagringstank som normalt hyrs från leverantören. Syret förgasas i ett förgasningssystem som är anslutet till lagringstanken, innan det leds till ozongeneratoren. En liten mängd kväve behöver även tillsättas till syrgasen för att ozongeneratoren ska fungera optimalt. Detta görs med hjälp av tryckluft (vanlig luft).

Lagringstanken placeras på en betongplatta i marknivå. Till detta kommer också en spillplatta av betong eller sten (ej asfalt) för påfyllning. Det behöver även finnas plats för tankbil att komma till för påfyllning. Syret är starkt brandunderhållande och många brännbara material blir explosiva i kontakt med flytande syre. Regler och krav (framför allt AFS 1997:7) på installationens utformning med avseende på skyddsavstånd etc. skall beaktas. Total yta som krävs är mellan 25–75 m² beroende på storlek, antal tankar och förgasningssystem.

2.2.2 Egen syrgasproduktion

Syrgas kan tillverkas på plats i ett PSA- eller VPSA-system. Varje PSA/VPSA-modul består av två tankar fyllda med adsorptionsmaterial som adsorberar kväve från luften och släpper igenom syrgas. Den ena tanken regenereras (desorberas) medan den andra är i drift. Syrgasen som produceras har en renhet på upp till 95%. Ozongeneratorerna kräver ca 93% renhet.

Skillnaden mellan PSA och VPSA är att PSA arbetar under ett högre tryck och kompressorer med en hög energiförbrukning förser systemet med tryckluft. I ett VPSA-system används blåsmaskiner istället för kompressorer och vakuumpumpar används för att regenerera adsorptionsmaterialet. Systemet är betydligt mindre energikrävande än PSA-systemet. För "mindre" anläggningar (enligt leverantör <200 Nm³ syrgas/h, motsvarar ca 100 000–200 000 pe) kan det dock vara så att den lägre energikostnaden inte väger upp för den högre investeringskostnaden som VPSA innebär. Detta beror såklart på elpriset och måste utredas från fall till fall.

En egen syrgasproduktion kräver att det finns, eller anläggs, en byggnad för att inrymma den maskinella utrustningen. Som exempel kan anges att en VPSA-anläggning för ett reningsverk på cirka 1 000 000 pe bedöms kunna inrymmas i en byggnad med en area på cirka 600–700 m². Ytbehovet är dock inte linjärt med anläggningsstorlek utan syrgasproduktionen kommer att kräva proportionellt mer yta för en liten anläggning. Ett PSA-system är också generellt mindre ytkrävande än ett VPSA-system.

I den tekniska beskrivning (Kapitel 3) beskrivs ett PSA-system. Kapacitet och kvalitet på utgående gas anpassas till ozongeneratorns behov. Antal linjer och redundans bestäms

från fall till fall – ett alternativ är att endast ha redundans på de mest sårbara delarna i systemet, t.ex. kompressorerna. Hur stor utjämningsvolym man anser sig behöva ha handlar om krav på tillgänglighet. Detta styrs i sin tur bland annat av hur tillståndskraven ser ut. Ur teknisk synvinkel är det tillräckligt med ca 10 minuter.

2.3 Doseringsutrustning

Inblandning av ozon i vattnet kan ske på olika sätt; med keramiska diffusorer, injektorer eller statiska mixers. Se Figur 1, alternativ B1-B3. Användning av statiska mixers är ovanligt. Diffusorer och injektorer har jämförts i ett forskningsprojekt i Duisberg-Vierlindens reningsverk i Tyskland (ARGE TP 6, 2014) – studien visade ingen signifikant skillnad mellan de två systemen.

Diffusorer är en billigare och mer yteffektiv lösning än statiska mixers och mer energieffektivt än en injektorlösning. Till fördel för injektorn är att det inte finns några särskilda krav gällande kontakttankens utformning och att de är oberoende av gasflödet, medan diffusorerna behöver minst 5 m vattendjup över diffusorerna och min- och maxflödet av gas måste beaktas så att ett tillräckligt tryck alltid hålls genom diffusorerna. Diffusorer erbjuder dock en mer flexibel design för att minska risken för bromatbildning, eftersom doseringen av ozon sprids över en större yta och risken för zoner med hög ozonkoncentration minskar. Om det finns bromid i inkommande vatten, och risk för bromatbildning därmed föreligger, är diffusorer den enda möjligheten att minska risken. I dessa fall bör med andra ord diffusorer väljas, snarare än injektor eller statisk mixer.

I den tekniska beskrivningen (Kapitel 3) ingår dosering med diffusorer. Diffusorerna placeras på botten av kontakttanken. De sprids ut för att undvika att få zoner med hög ozonkoncentration, samtidigt ska all tillsatt ozon hinna reagera innan vattnet når utloppet, och diffusorerna får därför inte placeras för nära utloppet.

2.4 Kontakttank

I kontakttanken reagerar ozonet med läkemedelsresterna (och andra mikroföroreningar) som bryts ned eller transformeras. Uppehållstiden i tanken ska vara tillräcklig för att allt ozon ska hinna reagera. Kontakttanken kan utformas på olika sätt för att undvika att vattnet tar genvägar: antingen som en lång, slingrande kanal eller med vertikala bafflar/väggar som tvingar vattnet att röra sig upp och ned i tanken.

För att säkerställa att uppehållstiden är tillräcklig rekommenderas flödesmodellering (CFD-modellering) alternativt att erfarenheter kan tas från tidigare modellerade kontakttankar eller befintliga anläggningar som utfört spårämnesförsök.

Frånluften från kontakttanken leds genom en ozondestruktor för att eventuella ozonrester inte ska släppas till atmosfären. En ozondestruktor kan dimensioneras för att klara frånluftsflödet från flera kontakttankar. Redundans bestäms från fall till fall. Destruktionen sker genom att frånluften värms upp och därefter leds genom en katalysatorbädd som omvandlar ozon till syrgas. Kondensat från destruktorn leds tillbaka till kontakttanken.

Kontakttanken förses med säkerhetsventil på ovasida tank.

2.5 Kylning och värmeåtervinning

Kylning av ozongeneratoren sker normalt med kylvatten i en sluten krets. Kylkretsen kylv oftast med en värmeväxlare som använder utgående avloppsvatten som kylmedia. Alternativt kan kylkretsen kylas med en värmepump. Se Figur 1, alternativ C1 och C2.

Även VPSA-systemet behöver kylas med kylvatten - oavsett om värmepumpar eller kylväxlare används kan samma system som för ozongeneratoren utnyttjas.

Momentan kylning är helt central för att en ozonreaktor skall kunna vara i drift. Liksom vid produktionen av ozon rekommenderas att kylningen är uppdelad i flera linjer med viss redundans om man önskar hög tillgänglighet. Behovet av tillgänglighet styrs av tillstånd och produktionsmål. Att bygga upp anläggningen med flera maskiner istället för en stor kräver större golvyta, mer rördragning och en större investering, men medför också fördelar i driftsfasen eftersom det medger service av utrustning och anpassning av driften till behovet.

2.5.1 Värmeväxlare

För alternativet med värmeväxlare rekommenderas att varje linje är försedd med två plattvärmeväxlare, där en klarar av hela kylbehovet. Anledningen är att en värmeväxlare kommer att behöva ställas av och rengöras med jämna mellanrum. Det behandlade avloppsvattnet behöver filtreras från partiklar innan värmeväxlaren. För detta installeras automatfilter (30 µm) eller membranfilter. Dessutom behövs ett tvättvattensystem (CIP) för att rengöra värmeväxlaren från påväxt av biologiskt material och igensättning. Kyleffekten hos det utgående avloppsvattnet kommer att avta när det är varmare och högsta utgående vattentemperatur kommer alltså att vara dimensionerande.

2.5.2 Värmepump

Installeras en värmepump för att kyla ozongeneratoren kan värmen återvinnas. En annan fördel med värmepump är att det går att ha en lägre temperatur på kylkretsen och därmed har ozongeneratoren ett lägre effektbehov än om den kylv med avloppsvatten. En värmepump kräver å andra sidan elenergi och dessutom behöver det finnas ett behov på anläggningen (eller någon annanstans) av den värme som genereras. Kylbehovet kommer att öka när det är varmare, särskilt om syrgasproduktionen sker på plats.

2.5.3 Beräkningar för val av kylsystem

För anläggningar med måttligt eller försumbart behov av ytterligare värme, där producerad biogas endast används till uppvärmning av lokaler och rötktammare kommer kylning med avloppsvatten normalt att vara det mest fördelaktiga. För övriga anläggningar bör en ekonomisk jämförelse (LCC, livscykelkostnadsanalys) göras. Följande data behöver tas fram:

1. Investeringskostnad för plattvärmeväxlare, filter, pumpar och rörledningar för kylning med utgående avloppsvatten
2. Investeringskostnad för värmepump och rörledningar

3. Värmeförbrukning för process och fastighet (kWh/år)
4. Kylbehov ozongenerator vid kylning med utgående avloppsvatten (kWh/år)
5. Kylbehov ozongenerator vid kylning med kylmedia från värmepump (kWh/år)
6. Differens elenergiebehov ozongenerator vid kylning med utgående avloppsvatten respektive värmepump (kWh)
7. Eventuellt kylbehov VPSA (kWh/år)
8. COP värmepump
9. Elkostnad (kr/kWh)
10. Alternativ värmekostnad (kr/kWh)
11. Eventuell kostnad/intäkt för kvittblivning av överskottsvärme (kr/kWh)

Vilken typ av kylning som skall installeras kan sedan beslutas på flera olika sätt enligt samma metodik som man gör vid andra investeringsbeslut. De två vanligaste metodikerna brukar vara nuvärdeskalkyl respektive att man beräknar den årliga driftkostnaden med kapitalkostnader och rörliga kostnader summerade.

Om det visar sig att kylning med värmepump är det mest ekonomiskt fördelaktiga kan det även vara av intresse att göra en LCA (livscykelanalys) för att avgöra vilken typ av köldmedia som, ur miljösynpunkt, bör användas.

2.6 Efterbehandling

Efter ozonreaktorn finns ett biologiskt steg för att reducera nedbrytningsprodukter som bildas i ozoneringen. Mängden organiskt material som är tillgängligt kommer att vara mycket låg vilket gör att ett reningssteg med biofilm som kan hålla kvar biomassan är lämplig. Exempel på tekniska lösningar där det finns yta för biofilmen att växa på är sandfilter, kolfilter, biobädd eller rörligt bärmaterial (MBBR), men det skulle även kunna vara andra lösningar.

Det finns idag relativt goda kunskaper om vilken reduktion man får av olika mikroföroreningar vid ozonering, men det finns lägre kunskaper om vilka nedbrytningsprodukter som bildas, hur de reduceras i en biologisk efterbehandling samt deras påverkan i recipienten. Med stor sannolikhet kommer det alltså nya kunskaper om hur efterbehandlingen ska utformas inom de närmaste åren. Sweco har utgått ifrån att det inte finns något biologiskt reningssteg efter ozoneringen och då bedöms MBBR som den teknik som kostar minst att implementera på anläggningen. Troligtvis är kostnaden för driften också lägre eftersom MBBR endast kräver omrörning, medan filter kräver backspolning.

Om anläggningen redan är utrustad med eller ska installera ett sandfilter är det naturligtvis den bästa lösningen eftersom kostnaden för implementera läkemedelsrening enbart kommer att vara ett ozoneringssteg. Att införa ett reningssteg med kolfilter efter

ozoneringen kommer att vara den bästa men också den dyraste lösningen. Notera att ett filter med aktivt kol både avskiljer mikroföroreningar i sig men också utgör en yta för mikroorganismer att växa på. Rambeskrivningen i kapitel 4 är anpassad till att användas om man väljer att ha MBBR som efterföljande biologiskt reningssteg.

2.6.1 MBBR

Efter ozoneringen föreslås ett steg med rörligt bärmaterial (MBBR) där oxidations- och transformationsprodukter som bildas vid ozoneringen ska brytas ned. En typisk dimensionering (i Tyskland) av en MBBR för efterbehandling efter ozonering är idag att volymen ska vara 50% av kontakttankens volym. Fyllnadsgrad antas vara 50% och den specifika ytan på bärmaterialet 500 m²/m³. Omblandning kan ske med hjälp av omrörare.

2.6.2 Sand- eller kolfilter

Sandfilter och kolfilter har betydligt större specifik yta per volymsenhet än rörligt bärmaterial. Vid dimensioneringen av ett sandfilter eller ett kolfilter som biologisk efterbehandling till ozonering kommer den hydrauliska kapaciteten att vara dimensionerande. Utifrån biologisk kapacitet är dessa filter troligen säkrare än en MBBR utformad enligt ovanstående dimensionering.

2.7 Styrning och instrument

Läkemedelsrening med ozon är en relativt ny process, och det pågår mycket forskning kring det bästa sättet att kontrollera och styra processen. Nedan presenteras ett förslag till instrumentering baserat på nuvarande kunskap och praktiska erfarenheter. Det är rimligt att förvänta sig att erfarenheterna kring styrning och instrumentering kommer att leda till att anläggningarna kommer att utrustas med annan instrumentering om ett par år.

Ozondoseringen sker flödesproportionellt. Så länge halten av löst organiska föreningar (**D**issolved **O**rganic **C**arbon) inte varierar alltför mycket är det fullt tillräckligt att styra ozondoseringen baserat på flöde. Om variationen är stor, t.ex. på grund av mycket tillskottsvatten med varierande tillflöde och anläggningen är tillräckligt stor, kan det vara av intresse att installera en mer avancerad styrning. Provtagning i befintlig anläggning eller onlinemätning i en pilotinstallation kan ge svar på om styrning på något annat än flöde är nödvändigt för att få ett bra reningsresultat till en rimlig kostnad.

Instrumenteringen i läkemedelsreningen föreslås minst bestå av:

- Flödesmätare för styrning av ozondos. Kan vara placerad innan eller efter kontakttanken, men dosen kan även styras på t.ex. inkommande flöde till reningsverket om allt flöde går genom ozoneringen.
- Ozonhaltmätare efter varje ozongenerator för att mäta koncentrationen i gasen. Dessa säkerställer att den valda ozonkoncentrationen upprätthålls i gasen från generatoren. Mätprincip: UV-ljus (254 nm).

- En ozonhaltmätare för att mäta ozonhalt i utgående luft från reaktorn. Denna halt korrelerar med ozonhalten i vattnet. Mätningen kan användas för att överreglera tillförseln av ozon till reaktorn – om halten är hög sänks ozontillförseln. Mätprincip: UV-ljus (254 nm).
- En ozonhaltmätare efter ozondestruktorerna för att mäta koncentration i utgående luft efter destruktorerna. Om halten är högre än 0,1 ppm går larm igång och nödvändiga förreglingar sker för att garantera säkerheten. Mätprincip: UV-ljus (254 nm).

En mer avancerad styrning av ozondoseringen kan uppnås genom att kontinuerligt mäta skillnaden i UV-absorbans i inkommande respektive utgående vatten. UV-absorbansen ger en indikation på mängden organiskt material i vattnet, eller mer precis – organiskt material som innehåller dubbelbindningar i molekylstrukturen. Studier har visat att UVA₂₅₄ inte direkt korrelerar med halten av mikroföroreningar, men skillnaden i UVA₂₅₄ i inkommande och utgående vatten från kontakttanken korrelerar med reduktionen av summan av mikroföroreningarna. Styrningen går ut på att hålla en konstant differens i UVA₂₅₄ mellan in- och utgående vatten för att undvika både över- och underdosering av ozon. Vilken differens som eftersträvas skiljer sig åt från anläggning till anläggning och behöver tas fram genom försök och provtagning. Denna typ av styrning är fortfarande ny och det finns både positiva och negativa erfarenheter av den. Några erfarenheter som bör beaktas:

- Det är viktigt att de två mätarna är identiska för både in- och utgående vatten. Alternativt kan samma mätare användas för både in- och utgående vatten genom att leda/pumpa respektive vatten till samma mätare i en genomströmningsarmatur. På detta sätt blir mätfelet likvärdigt för båda mätningarna.
- Flödet genom UV-mätaren ska vara laminärt (ingen turbulens).
- Mätningen fungerar bäst om vattnet är filtrerat. För detta ändamål installeras förslagsvis filter (100 µm) på ledningarna innan mätning i genomströmningsarmatur. Filtren behöver bytas med jämna mellanrum, hur ofta beror på hur smutsigt vattnet är, men för att uppnå likvärdig mätning i båda mätningarna bör filtren för både in- och utgående vatten bytas samtidigt.

Av säkerhetsskäl installeras två gasvarnare i ozonrummet. Dessa ska detektera ozon- eller syrgasläckage och kopplas till varningslampa och signalhorn. Vid läckage stoppas ozonproduktionen.

2.8 Provtagning

Möjlighet till provuttag ska finnas före och efter kontakttanken, samt efter den biologiska efterbehandlingen. Provtuttaget bör utformas på samma sätt som på inkommande eller utgående vatten, dvs flödesproportionellt provuttag under en viss provperiod där provet förvaras kylt i väntan på att samlingsprovet tas ut och transporteras till laboratorium.

Provtagning skall kunna göras utan risk för ozon i vattnet. Provuttag efter kontakttanken bör därmed ligga så nära efterbehandlingssteget som möjligt.

3 Teknisk beskrivning maskin

Den tekniska beskrivningen för maskinell utrustning inleds med generella krav för kvalitet, dokumentation, montage etc. Därpå följer beskrivningar för de olika maskinerna – i dessa beskrivningar finns blanka celler "___" med information som behöver bestämmas från fall till fall, t.ex. antal, kapacitet eller måtområde. De blanka cellerna ska fyllas i av beställaren innan upphandling. Till höger på varje sida finns hänvisningar till var det går att hitta vägledning om hur informationen i dessa celler tas fram.

3.1 Generella krav

I detta kapitel anges generella krav för maskinell utrustning. Underrubrikerna nedan kan användas som disposition och under respektive rubrik finns förslag på innehåll (*i kursivt*) samt ett antal lämpliga formuleringar hämtade från upphandlingar av maskinutrustning till avloppsreningsverk. Kraven är inte kompletta utan skall endast fungera som stöd och vägledning.

3.1.1 Normer, allmänna krav och kvalitet

Angivna kvalitetskrav är minsta krav vilket betyder att entreprenör kan föreslå alternativt utförande med bättre materialkvalitet och/eller funktion.

Föreskrift om arbetsutförande eller vara med tillägget "eller likvärdigt" innebär rätt för entreprenören att i stället för det föreskrivna välja annat som är likvärdigt till funktion, prestanda och kvalitet. Anbudsgivaren ska tillhandahålla erforderligt underlag för prövning av likvärdighet på offererad utrustning.

Angivna kapaciteter avser färdiginstallerad utrustning i aktuell anläggning.

All utrustning som kommer i kontakt med ozon skall vara av ozonbeständigt material.

Anbudsgivare skall i sitt anbud ange fabrikat och material för all offererad utrustning.

För samtliga utrustningar och installationer skall gällande svenska normer och bestämmelser tillämpas vad gäller t.ex. skyddsanordningar, lyftanordningar, svetsningsarbeten etc.

Pumpar, motorer och övrig mekanisk utrustning skall vara av fabrikat som har ett utbyggt servicenät och reservdelshållning i Sverige.

All utrustning skall kunna underhållas och bytas ut utan nya ursparningar, håltagningar etc.

3.1.2 Krav på dokumentation

T.ex. krav på motor- och apparatlista, montageritningar, bygghandlingar, drift- och skötselinstruktion, relationsritningar samt krav på programvara.

3.1.3 Montage och utförande

T.ex. krav på rörsystem och upphängningsanordningar, potentialutjämning, armaturer och ytbehandling.

I maskinspecifikationerna angivet material skall monteras av erfarna, yrkeskunniga montörer till fullt driftfärdig anläggning.

Rörsystem

Komplett ledningssystem skall ingå. Ledningar ska dimensioneras och mängdas av anbudsgivaren med hänsyn till maskinval samt dragning av ledningar i lokalen.

Ledningsdragning m.m. anpassas till vald maskinell utrustning och väljs av anbudsgivaren efter samråd och godkännande från beställaren.

Hävertverkan ska förhindras genom luftgap på ledningar efter pumpar.

Rörsystemet ska vara anpassat för aktuellt transporterat media.

Spolanslutning inkl. kulventil och klokoppling skall monteras vid rörlednings och apparats/maskinell utrustnings lågpunkt, så att slang kan anslutas.

Ventiler

Där ej annat anges skall ventiler ha samma dimension som tillhörande ledning. Manövrering skall kunna ske från ovansida gångplan. Ventil, som placeras under bjälklag, förses med förlängd spindel. Ventilnyckel skall ingå.

Ventiler skall anpassas till de aktuella tryck och media som kan förekomma i varje anläggningsdel.

Anbudsgivare skall i sitt anbud ange fabrikat och material för offererad utrustning.

Samtliga ventiler ska anpassas och dimensioneras av anbudsgivare till ledningssystem och aktuellt media.

3.1.4 Svetsning

Krav på utförande och kontroll av svetsning.

Svetsarbetet ska utföras av företag certifierat enligt lägst EN ISO 3834-3 "Kvalitetskrav för smältsvetsning av metalliska material".

3.1.5 Märkning

T.ex. krav på utformning och placering av märkning av utrustning, rör och ventiler.

Märkning av den maskinella utrustningen utförs med beteckningar enligt teknisk beskrivning. All utrustning ska märkas.

Märkning och teknisk dokumentation skall överensstämma.

Märkning ska överensstämma med lagar och myndighetsföreskrifter.

3.1.6 Elektrisk utrustning

T.ex krav på elmotorer (kapslingsklass, verkningsgradsklass etc.)

3.1.7 Ljudnivå och vibrationer

T.ex. krav på och kontroll av buller- och vibrationsnivå.

3.2 Ozongenerator

Maskin:	Ozongenerator	
Antal:	__ st	Se kap. 2.1
Kapacitet:	Min __ kg/h vid __ g O ₃ /Nm ³ (__ wt%) Max __ kg/h vid __ g O ₃ /Nm ³ (__ wt%) Vid 20 grader	Se kap 2.1
Material:	Material i kontakt med ozon och syrgas skall vara av ozon- resp. syrgasbeständigt material. Material i kontakt med avloppsvatten: rostfritt stål minst 1.4404 eller likvärdigt	
Kringutrustning:	Komplett system för produktion av ozon från syrgas. Leveransen skall inkludera: • Ozongenerator • Power Supply Unit (PSU) • Tryckgivare för mätning av tryck på utgående gas från ozongeneratoren • Gasflödesmätare för mätning av utgående gasflöde från ozongeneratoren • Automatisk avstängningsventil på utgående gasledning • (Om syreförsörjning med LOX: Kvävebooster) • Komplet automatikskåp	Se kap 2.1
Utförande:	Ozonhalten skall vara inställbar mellan __ - __ g O ₃ /Nm ³ (__ - __ wt%) Ozongeneratoren skall kylas med kylmedia i ett slutet system. Energiförbrukningen skall vara < __ kWh/kg O ₃	Se Cimbritz, 2019
Funktion:	Generera ozon från syrgas.	

3.3 Doseringsutrustning

Beskrivningen nedan är ett exempel och gäller för dosering med diffusorer. Enligt avsnitt 2.3 finns andra typer av doseringssystem som också kan användas.

3.3.1 Doseringssystem (Alternativ B2: Diffusorer)

För dosering av ozon till avloppsvatten skall ett finblåsiggt bottenluftarsystem av typen keramiska diffusorer installeras.

Leverantören skall, utifrån nedan angivna gasmängder, dimensionera antal diffusorer och stammar, samt visa med skisser hur systemet är uppbyggt med angivande av rördimensioner, antal nedledare, antal diffusorer, diffusorernas placering i kontakttanken etc.

Ledningar och ventiler för ozon skall vara av rostfritt stål EN 1.4571 med tätningar av PTFE.

Diffusorerna skall spridas ut i vattenflödesriktningen för att undvika zoner med hög ozonkoncentration. All tillsatt ozon skall dock hinna reagera innan vattnet når utloppet. Gas- och vattenflöde i kontakttanken skall modelleras i en CFD-modell för att garantera att ingen gas följer med utgående vattenflöde från tanken (se även kap. 5.1).

Kontakttankens volym är ___ m³. Vattendjupet är ___ mvp. Flödet genom kontakttanken är maximalt ___ m³/h.

Dosersystemet skall dimensioneras för följande gasmängder enligt Tabell 1. Ozonhalten varierar mellan ___ - ___ wt%.

Tabell 1. Gasflöde till doseringssystem. Angivna värden avser totalt gasflöde till kontakttanken.

	Min	Max	Enhet
Gasflöde	___	___	Nm ³ /h

Se Cimbritz, 2019 och kap 5.1

Se kap 2.1

Se Cimbritz, 2019

3.4 Syrgasgeneratorer (om tillämpligt)

3.4.1 Alternativ A2: PSA

Maskin:	Syrgasgenerator med PSA-teknik (Pressure Swing Adsorption)	
Antal:	___ st	Se kap 2.2.2
Material:	Material i kontakt med syrgas skall vara av syrgasbeständigt material	
Utförande:	Komplett system för produktion av syrgas från högtrycksluft. Leveransen skall inkludera: • Kompressor • Filter • Tryckluftstank • Adsorptionskolonner • Syrgastank, ___ liter • Tryckgivare för mätning av tryck i syrgastanken • Syrehaltmätare för mätning av renhet i utgående gasflöde • Gasflödesmätare för mätning av utgående gasflöde från syrgastanken • Komplett automatikskåp Systemet anpassas till ozongeneratorns krav med avseende på gasflöde, gastryck samt kvalitet i inkommande gas till ozongeneratoren.	Se kap 2.2.2 Se kap 2.2.2
Funktion:	Generera syrgas från högtrycksluft och förse ozongenerator med syrgas.	

3.5 Kylsystem

3.5.1 Alternativ C2: Kylväxlare

Maskin:	Plattvärmewäxlare, vatten/vatten	
Antal:	___ st (där 1 st värmewäxlare kan vara avställd vid maximalt kylbehov)	Se kap 2.5
Kapacitet:	Samtliga uppgifter per växlare	Generator
	Kylvattenkapacitet enl. lev.	Generator
	Kylvattenflöde enl. lev.	Högsta temp
	Kylvattentemperatur, framledning xxx °C	Generator
	Dim. Vattentemperatur, retur, min enl. lev.	Krav VVS
	Tryckfall kylvatten, max (5) mvp	Generator
	Tryckfall cirkulationskrets, max enl. lev.	Krav VVS
	Designtryck VVX kylvatten(ensidigt) (2) bar	Krav VVS
	Designtryck VVX cirkulation(ensidigt) (2) bar	Krav VVS
	max k-värde xx W/m ³ , °C	
	(Värden inom parantes är rekommenderade värden, exakta och erforderliga värden tas fram och redovisas av entreprenören och anges i anbudet).	
Material:	Rostfritt stål 1.4404 eller likvärdigt	
Media:	Utgående, filtrerat avloppsvatten (<1 mg SS/l) samt kylmedia från ozongenerator	
Kringutrustning:	Förfilter automatfilter (30 µm) eller membranfilter	
	Tvättutrustning för rengöring av värmewäxlaren på plats (CIP)	
Utförande:	Anslutning för CIP.	
	Kylväxlare anpassas till vald utrustning för ozongenerering	
Funktion:	Kylning av ozongenerator (och PSA-system)	

3.6 Ozondestruktor

Maskin:	Termisk katalytisk ozondestruktor	Se kap. 2.4
Antal:	___ st	
Media:	Frånluft från kontakttank	
Utförande/ kringutrustning:	Komplett system för ozondestruktion inkl. kondensavskiljare och frånluftsfläkt. Kapacitet anpassas till kontakttankens/-tankarnas volym samt kapacitet ozongenerator.	
Funktion:	Avskilt kondensat leds tillbaka till kontakttanken. Destruktion av eventuella ozonrester i frånluft från kontakttanken. Ozonhalten i utgående luft från ozondestruktor ska vara <0,1 ppm.	

3.7 Instrument

Standardmätare så som flödesmätare, nivågivare, syrehaltmätare och tryckgivare beskrivs ej.

Strömförsörjning kan vara 230 V eller 24 V. I detta stycke har vi föreslagit 24 V. Kommunikation med PLC kan ske på flera sätt, bland annat Profibus. I detta stycke har vi föreslagit tvåtrådsmatning.

3.7.1 Generellt för instrument

Instrument ska vara för matning 24 V DC i tvåtrådsutförande med utsignal 4 - 20 mA. För givare som inte kan tillhandahållas med denna spänning: 1x230 V AC.

Mätinstrument skall levereras med display för lokal avläsning. Instrument som saknar display skall levereras med extern lokal display inkl. nödvändigt kablage. Extern display skall dessutom levereras, där instrument och dess display är så placerat att lokal avläsning på instrument ej kan utföras. Extern display skall vara i tvåtrådsutförande för 4-20 mA mätvärdesignal. Displayer monteras enligt beställarens anvisningar.

Vakter skall vara utförda med potentialfria växlingskontakter.

Material i vätskeberörda delar skall vara i syrafast stål EN 1.4404 eller likvärdigt om inget annat anges.

Alla processinstrument skall monteras fackmannamässigt till fullt driftklar status.

Alla processinstrument skall levereras med komplett svensk manual.

3.7.2 Montage - elektrisk anslutning och intrimning

Alla instrument skall efter montage kalibreras för respektive mätställe och kontroll och verifiering av mätområde skall ske med mätare i drift i samband med idrifttagning. Instrument skall vara fullständigt intrimmade för att tas i drift.

3.7.3 Ozonhaltmätare ozongenerator

Maskin:	Ozonhaltmätare	<i>En per ozongenerator</i>
Fabrikat/typ:	Mätprincip: UV-absorption vid 254 nm.	
Antal:	___ st	
Placering:	På gasledning från ozongenerator	<i>Se kap 2.1</i>
Media:	Ozon, ___-___ wt%	
Funktion:	Givaren säkerställer att den valda ozonkoncentrationen upprätthålls i gasen från ozongeneratoren.	
Utsignal:	4–20 mA	<i>Se kap 2.1</i>
Mätområde:	___-___ wt%	
Mätnoggrannhet:	± 1 % av uppmätt värde	

3.7.4 Ozonhaltmätare frånluft kontakttank

Maskin:	Ozonhaltmätare	<i>En per kontakttank.</i>
Fabrikat/typ:	Mätprincip: UV-absorption vid 254 nm	
Antal:	___ st	
Placering:	På frånluftsledning från kontakttank.	
Media:	Luft	
Funktion:	Givaren mäter ozonhalt i utgående luft från kontakttanken. Mätningen kan användas för att överreglera tillförseln av ozon till reaktorn – om halten är hög sänks ozontillförseln.	
Utsignal:	4–20 mA	
Mätområde:	0–5 wt%	
Mätnoggrannhet:	± 1 % av uppmätt värde	

3.7.5 Ozonhaltmätare destruktör

Maskin:	Ozonhaltmätare	<i>En per destruktör</i>
Fabrikat/typ:	Mätprincip: UV-absorption vid 254 nm	
Antal:	___ st	
Placering:	På frånluftsledning från ozondestruktör	
Media:	Luft	
Funktion:	Givaren mäter ozonhalt i utgående luft från ozondestruktören. Om halten är högre än 0,1 ppm går larm igång.	
Utsignal:	4–20 mA	
Mätområde:	0–10 ppm	
Mätnoggrannhet:	± 1 % av uppmätt värde	

3.7.6 UV-absorbansmätare

Maskin:	UV-absorbansmätare	2 st per kontakttank
Fabrikat/typ:	UV-absorbansmätning vid 254 nm	
Antal:	___ st	
Placering:	Mätning skall göras i inlopp till och utlopp från kontakttanken.	
Media:	Avloppsvatten	
Kringutrustning:	Givaren skall levereras komplett med automatisk rengöring. Genomströmningsarmatur. Filter (100 µm) innan genomströmningsarmatur.	Bestäms beroende på vattnets kvalitet
Funktion:	Mätning av UV-absorbansen vid 254 nm i inkommande respektive utgående vatten från kontakttanken. Mätning görs på filtrerat vatten. Differensen mellan in- och utgående UVA ₂₅₄ kan användas för att styra ozondoseringen.	
Utsignal:	4–20 mA	
Mätområde:	0– ___ m ⁻¹	
Mätnoggrannhet:	± 2 % av fullt skalutslag	

3.7.7 Gasvarnarsystem

Maskin:	Gasvarnarsystem inkl. gasvarnare för ozon och syre.	
Fabrikat/typ:	Samtliga enheter/detektorer skall anslutas till 1 st automatiskåp.	
Antal:	1 detektor för respektive instrument (ozon respektive syre), central enhet.	
Placering:	I rum för ozonproduktion	
Kringutrustning:	Komplett gasvarnarsystem enl. lev. Komplett automatiskåp skall ingå i leveransen, vilket skall vara förberett med funktion för akustisk och optisk signal. I anbudet redovisas valt system, samt hur det är uppbyggt. Varningslampa och signalhorn UPS-matning	
Funktion:	Larmar vid gasläckage. Vid läckage stoppas ozonproduktionen.	

4 Rambeskrivning MBBR

Generella byggnadskrav MBBR är enligt samma som konventionella bassänger för avloppsrening med MBBR. Se även 5.1. Det innebär nödvändiga silar, nivåövervakning, renblåsningsfunktioner etc för att inte bärmaterialet ska kunna komma ut från reaktorn samtidigt som erforderlig flödeskapacitet erhålls. Reaktorn bör inte ha ett flux (en tvärsnittshastighet) som överstiger 20 m/h.

Bypassmöjlighet av vattnet bör finnas, antingen förbi hela läkemedelsreningen och eller MBBR.

Den effektiva volymen i MBBR ska vara minst 50% av kontakttankens effektiva volym.

Bärmaterialets effektiva yta är satt till $500 \text{ m}^2/\text{m}^3$ men på grund av den korta uppehållstiden bör man inte tillgodoräkna sig en eventuellt ökad effektiv yta och minska volymen på reaktorn. Bärmaterialet skall ha en densitet och utformning som är anpassad till vara i en oluftad volym.

Reaktorn skall vara omrörd och totalomblandad. Periferihastighet omrörare skall vara enligt rekommendation från tillverkare av bärmaterialet.

Om reaktorn skall användas som efterdenitrifikation bör den dimensioneras så att kapacitet för detta enligt konventionell dimensionering av efterdenitrifikation med MBBR. Man bör vara medveten om att syrehalten efter en ozonreaktor blir mycket hög, uppemot 18 mg/l vilket måste hanteras antingen med bypassflöde förbi ozonering eller styrning av biosteget så att syrekrävande ammoniumkväve kvarstår när vattnet kommer till ozoneringen. Ammonium kommer inte att brytas ned av ozonet, men kommer att brytas ner i MBBR.

5 Övriga rekommendationer

I detta kapitel finns rekommendationer för upphandling av bygg-, VVS-, el- och styrentreprenader.

5.1 Bygg

Kontakttanken utförs i platsgjuten vattentät betong. Krav på sprickbredd sätts till 0,15 mm. Botten utförs stålslipad och väggar utförs i klass A enligt AMA-Hus. För att uppnå detta bör gjutformar av skivor eller formluckor användas.

Fogband för vattentätthet placeras i samtliga gjutfogar även mellan överkant vägg och bjälklag. Vid anslutning mot bottenplattan används svällande fogband och injekteringsslang. I överkant används fogband av PVC.

Krav på vattnets minsta tillåtna uppehållstid i kontakttanken vid ett visst avloppsvattenflöde skall specificeras i förfrågningsunderlaget, samt minsta tillåtna vattendjup i tanken. För att säkerställa att uppehållstiden är tillräcklig ska flödesmodellering (CFD-modellering) utföras av entreprenören, se även kap 3.3.1, alternativt att erfarenheter kan tas från tidigare modellerade kontakttankar med likvärdig storlek och utformning.

Tanken ska ha anslutningar för:

- In- och utlopp vatten
- Inlopp ozon (om dosering med diffusorer)
- Frånluft
- Inlopp kondensat från ozondestruktor
- Tömning tank
- Instrumentering
- Säkerhetsventil

Tillträde till tanken sker genom manluckor som monteras så att varje separat zon blir tillgänglig. Dessa skall utföras gastäta och vara skruvade till ingjuten luckram. Det är lämpligt att luckorna är placerade utomhus. Manluckor kan vara placerade både över och under vattenytan, detta beror på tankens utformning (om den är nedgrävd eller inte).

Inspektionsfönster kan övervägas men är inget krav.

Om LOX används som syrgasförsörjning skall lagrings- och påfyllningsplats utformas enligt leverantörens riktlinjer.

5.2 VVS

Reaktor samt lokal för generatorer skall vara försedda med undertryck. Gasvarnare och förreglingar skall finnas enligt tidigare.

Då kylvattnet är en central funktion i ozoneringen skall denna vara utformad med samma krav som man ställer på övrig processutrustning i ozoneringen. Det gäller materialkrav, tillgänglighet, redundans och övervakning.

5.2.1 Alternativ C1: Värmepump

Värmepumpen skall vara anpassad dels till kylningen av ozongeneratoren (och eventuell syreproduktion) men också till temperaturerna i det värmesystem som det varma vattnet skall avyttras till. Följande uppgifter är alltså dimensionerande:

På den varma sidan

- Inkommande varmvatten (till värmepump)
- Utgående varmvatten (från värmepump)

På den kalla sidan

- Inkommande kylkrets (till ozongenerator/syreproduktion)
- Utgående kylkrets (från ozongenerator/syreproduktion)

Beroende på storlek, redundansbehov och arbetsområde kan det behövas flera värmepumpar.

Kapacitet kylning är beroende av behovet från ozongenerator och syreproduktion. Om inga andra kylmöjligheter finns är det dimensionerande kylbehovet när maskinerna är maximalt belastade då det är som varmast.

Då kylvattnet är en central funktion i ozoneringen skall denna vara utformad med samma krav som man ställer på övrig processutrustning i ozoneringen. Det gäller materialkrav, tillgänglighet, redundans och övervakning.

Leveransgränsen är gentemot den punkt där värmen avyttras.

5.3 Elinstallationer

Entreprenaden omfattar all el- och styrutrustning i anläggningen.

Anläggningen ska anslutas som en utökning av befintlig anläggning. Det innebär att funktioner och standarder som finns i befintligt el-anläggning, ska också gälla för denna anläggning. Om befintlig anläggning inte har en enhetlig standard, ska senaste installation gälla om inte beställaren anvisar annat.

Om befintlig el/styr-utrustning är olämplig att bygga vidare på, ska istället ny fristående utrustning installeras. El-central och styrutrustning kan byggas i ett gemensamt apparatskåp.

Ny elanläggning ska byggas som TN-S system.

5.3.1 Kanalisation

Kanalisation i form av trådstegar alternativt kabelstegar installeras där 3 eller fler kablar dras parallellt.

5.3.2 Jordning

Potentialutjämning och åskskydd, utförs lika som befintlig anläggning (om inte nyare regler kräver annat).

5.3.3 Belysning

För nya utrymmen ska belysning sättas upp, ljuskapacitet enligt ljuskulturs rekommendationer. Armaturer ska vara av LED-typ.

5.3.4 Kraft

Dubbla vägguttag 230V installeras i erforderlig omfattning, dock minst ett i varje lokal.

5.3.5 Frekvensstyrda drifter

Frekvensomvandlare ska vara försedda med lokal operatörspanel.

Motorer som förses med frekvensstyrning ska anslutas, så att förreglingar är verksamma även vid lokalstyrning direkt på operatörspanelen. Om arbetsbrytare monteras mellan frekvensomvandlare och motor, ska brytarens läge anslutas till frekvensomvandlare så att den förreglas om brytaren stängs av, även vid lokaldrift.

Kablage ska vara emc-klassat

5.3.6 Övrigt

Passagesystem/brandlarm utökas enligt befintlig standard.

5.4 Styr

Anläggningen ska byggas så att ett enhetligt system uppstår. Det innebär att funktioner och standarder som finns i befintligt styrsystem, ska också gälla för denna anläggning. Om befintligt system inte har en enhetlig standard, ska den senaste installation gälla om inte beställaren anvisar annat.

Om befintlig el/styr-utrustning är olämplig att bygga vidare på, ska istället ny fristående utrustning installeras.

Färdiga standard automatikskåp för ny utrustning eller anläggningsdelar som har sådana, kan användas som komplement till befintligt system. Dessa ska då kunna kommunicera med befintliga styrsystem och operatörssystem, enligt nedan.

Nya styrsystem ska vara av i Sverige väletablerade tillverkare och vara väl representerade i Sverige med reservdelar, underhåll och programmeringskompetens.

Programmet ska vara öppet för läsning och redigering, inga låsta block tillåts.

5.4.1 Kommunikation mot operatörssystem

Styrsystemet ska anslutas till beställarens operatörssystem. Snabba nätverkslösningar förordas.

Alla mätvärden såväl analogt anslutna som beräknade, ska finnas tillgängliga för kommunikation.

Larmstatus och indikeringar för samtliga objekt ska finnas tillgängliga för presentation operatörssystemet.

Styrande objekt ska kunna manövreras från operatörssystemet.

Börvärden, gränsvärden och timers o.dyl. ska vara inställbara från operatörssystemet.

Mätvärden ska skalas i ingenjörsenheter i operatörssystemet, med fyra gällande siffror.

Alla analoga variabler ska loggas till historik, i operatörssystemet.

Om programmering/bildbygge i operatörssystemet inte ingår i entreprenaden ska samtliga underlag såsom variabellistor, processchema, etc. överlämnas till beställaren.

5.4.2 Kommunikation mot befintliga styrsystem

Signaler som krävs för styrningen, ska kunna kommuniceras mot befintliga system. Om det inte finns något enkelt gemensamt kommunikationsgränssnitt mellan systemen så kan I/O-kommunikation användas. Kommunikation mellan styrsystem, via operatörssystem ska undvikas.

Man kan som alternativ också dela signaler via skiljeförstärkare från befintliga givare och ansluta dem till det nya systemet, och vice versa.

5.4.3 Objekt

Styrda objekt såsom motorer och ventiler, ska vara manövrerbara via omkopplare Fjärr-0-Lokal, beställarens standardbenämning ska användas. Där fjärr innebär att styrsystemet styr, 0 innebär att objektet är avställt och lokal innebär att objektet är i drift och enbart förreglas av rena säkerhetsföreglingar såsom motorskydd eller ändlägesbrytare.

I då objektet är fjärr styrs det av styrsystemet. Från operatörssystemet ska objektet kunna manövreras i Auto-Hand och Start-Stopp (öppna-stäng, etc.)

Analoga objekt såsom analoga insignaler, analoga utsignaler eller beräknade värden ska förses med relevanta larm. För larm ska larmgränser, hystereser och larmfördröjning vara individuellt inställbara från operatörssystemet.

5.4.4 Övriga funktioner

Nedan följer några exempel på funktioner som bör ingå, listorna ska kompletteras med relevanta signaler.

Beräknade mätvärden

Flödesmätare. Volymer beräknas genom summering av volympulser.

Datainsamling

Energiförbrukning. Totalt dygnsvis (kWh) och i relation till volym rent avloppsvatten (kWh/m³). Utförs enskilt för varje mätpunkt.

Larm

Objektfel

Mätvärde högt / lågt

Datainsamling

kWh/m³

kWh/kg O₃

g O₃/m³

5.4.5 Dokumentation

Uppdaterade ritningar, listor, mm. ska överlämnas. Program ska finnas i på USB eller annat lämpligt media.

6 Kontroll, driftsättning, provdrift och besiktning

I detta kapitel beskrivs krav på samt ansvars- och kostnadsfördelning (entreprenör/beställare) för kontroll, provning, driftsättning, intrimning, provdrift, prestandaprov och besiktning. Kontroll och provning avser att testa gränsvärden och säkerställa att garanterade prestandakrav och andra ställda krav på monterad utrustning, armatur och instrument uppfylls. Upplägget kan användas oavsett entreprenadform.

Underrubrikerna nedan kan användas som disposition och under respektive rubrik finns förslag på innehåll (*i kursivt*) samt ett antal lämpliga formuleringar hämtade från upphandlingar av maskinutrustning till avloppsreningsverk. Kraven är inte kompletta utan skall endast fungera som stöd och vägledning.

6.1 Ordlista

Egenkontroll	Entreprenörens egenkontroll.
Provning	Kontroll av objekt och funktioner med media.
Driftsättning	Driftsättning av anläggningen med avloppsvatten. Kontroll av objekt och funktioner som ej kunnat testas tidigare.
Intrimning	Under driftsättningskedet skall viss maskinell utrustning trimmas in för att nå ställda prestandakrav enligt teknisk beskrivning.
Provdrift och prestandaprov	Efter driftsättning och intrimning drivs anläggningen med de av entreprenören angivna inställningarna från intrimningen, s.k. provdrift. I slutet av provdriften genomförs prestandaprov för att kontrollera att begärda egenskaper i teknisk beskrivning uppfylls.

6.2 Egenkontroll, provning, driftsättning och intrimning

Krav på samt ansvars- och kostnadsfördelning för egenkontroll, provning, driftsättning och intrimning.

6.3 Provdrift och prestandaprov

Krav på samt ansvars- och kostnadsfördelning för provdrift och prestandaprov. Beskrivning av prestandaprovet utförande och konsekvenser för ej godkänt prestandaprov.

Syftet med provdriften är att visa att anläggningen under produktion har de driftegenskaper som den enligt avtalet skall ha vid övertagandet och syftet med

prestandaprov är att avgöra att anläggningen under produktion uppfyller de särskilda krav avseende prestanda och andra egenskaper som anges i avtalet.

Provdrift och prestandaprov genomförs under cirka en månad.

Beställaren ansvarar för och utför provdrift. Entreprenören utför prestandaprov. Beställaren medverkar och för protokoll.¹

Mätning och kontroll av resultat

Prestandaprov avseende den maskinella utrustningen kommer att mätas m.a.p. kapaciteter, energiförbrukning samt övriga krav angivna i den tekniska beskrivningen.

Resultatet från prestandaprovet kan antingen bli:

- Godkänt
- Ej godkänt

Godkänt prestandaprov

Anläggningen anses uppfylla prestandaprovet, om den i kontinuerlig drift visar att de uppmätta värdena är lika med eller bättre än de garanterade värdena.

Ej godkänt prestandaprov

Skulle ej prestandaprovet godkännas skall entreprenören åtgärda de komponenter som ej uppfyller garanterade prestanda. Följande princip kommer att tillämpas:

1. I första hand åtgärdas den enskilda komponenten så att den uppfyller garanterad prestanda.
2. Om inte punkt 1 skulle vara möjlig byts den aktuella komponenten ut.
3. Entreprenören skall genomföra punkt 1 alt punkt 2 före slutbesiktning dock senast inom 1 mån
4. Skulle den aktuella utrustningen ej uppfylla garanterade prestanda har beställaren rätt att byta ut den felande utrustningen på entreprenörens bekostnad.

Punkt 1 t.o.m. 4 bekostas av entreprenören.

Sedan anläggningen åtgärdats, skall ett nytt prestandaprov genomföras. Har ej de garanterade värdena uppfyllts inom 2 månader räknat från den tidpunkt som första prestandaprovet startade, skall prestandakontrollen avslutas och punkt 4 utföras.

Kompletterande prestandaprov bekostas av entreprenören.

¹ Ansvarsfördelning beror på entreprenadform och beställarens kapacitet avseende resurser.

6.4 Besiktning och övertagande

Godkänd egenkontroll, provning, intrimning, provdrift och prestandaprov är en förutsättning för godkänd slutbesiktning. Förutsättning för övertagande är godkänd slutbesiktning.

Bilaga 4

Upphandling läkemedelsrening GAK

UPPHANDLING AV LÄKEMEDELSRENING MED GRANULERAT AKTIVT KOL

SVENSKT VATTEN AB

Stöd för upprättande av förfrågningsunderlag inför upphandling av läkemedelsrening med granulerat aktivt kol

UPPDRAGSNUMMER 13011509



2020-11-27

**SWECO ENVIRONMENT AB
JÖNKÖPING PROCESSANLÄGGNINGAR**

UPPRÄTTAD AV:
MATILDE KAMP
CARL DAHLBERG
KRISTIN BARKMAN

Innehållsförteckning

1	Inledning	3
1.1	Syfte	3
1.2	Ansvarsfördelning	3
2	Processbeskrivning	5
2.1	Filter	7
2.2	Backspolning	8
2.3	Utbyte av filtermedia	8
2.4	Styrning och instrument	9
2.5	Provtagning	10
2.6	Förbehandling	11
3	Teknisk beskrivning maskin	12
3.1	Generella krav	12
3.1.1	Normer, allmänna krav och kvalitet	12
3.1.2	Krav på dokumentation	12
3.1.3	Montage och utförande	12
3.1.4	Svetsning	13
3.1.5	Märkning	13
3.1.6	Elektrisk utrustning	13
3.1.7	Ljudnivå och vibrationer	14
3.2	GAK-filter	14
3.2.1	Filter	15
3.2.2	Spolvattentank	16
3.2.3	Spolvattenpumpar	17
3.2.4	Blåsmaskiner	18
3.3	Instrument	19
3.3.1	Generellt för instrument	19
3.3.2	Montage - elektrisk anslutning och intrimning	19
3.3.3	UV-absorbansmätare	20
3.3.4	Differenstryckmätare	21
4	Rambeskrivning förfiltrering	22
5	Övriga rekommendationer	23
5.1	Bygg	23
5.2	VVS	23
5.3	Elinstallationer	23

5.3.1	Kanalisation	24
5.3.2	Jordning	24
5.3.3	Belysning	24
5.3.4	Kraft	24
5.3.5	Frekvensstyrda drifter	24
5.3.6	Övrigt	24
5.4	Styr	24
5.4.4	Styrning av filter vid normaldrift	25
5.4.5	Backspolning	26
5.4.6	Kolbyte	26
5.4.7	Övriga funktioner	26
5.4.8	Dokumentation	27
6	Kontroll, driftsättning, provdrift och besiktning	28
6.1	Ordlista	28
6.2	Egenkontroll, provning, driftsättning och intrimning	28
6.3	Provdrift och prestandaprov	28
6.4	Besiktning och övertagande	30

1 Inledning

Sweco har på uppdrag av Svenskt Vattens *beställargrupp för minskade utsläpp av läkemedelsrester, mikroplaster och andra föroreningar via avloppsreningsverk* tagit fram två underlag för upprättande av förfrågningsunderlag för upphandling av läkemedelsrening. Beställargruppen består idag av drygt 30 personer från 26 VA-organisationer. Detta underlag rör upphandling av en filteranläggning med granulerat aktivt kol, GAK.

Innan en upphandling kan genomföras behöver processen utredas och utformas så att den passar det specifika reningsverket. För dimensionering av filteranläggningen (uppehållstid i filter, filtreringshastighet etc.) hänvisas till *"Konsultrapport – kunskapsläget beträffande avancerad rening av mikroföroreningar"* (Michael Cimbritz, 2019) vilken är bifogad beställargruppens redovisning 2018-19 (M147).

När det gäller val av maskinell utrustning presenteras alternativ och rekommendationer i Kapitel 2 Processbeskrivning, tillsammans med en beskrivning av filtreringsprocessen. Utvald utrustning beskrivs därefter detaljerat i Kapitel 3 Teknisk beskrivning maskin. I kapitel 4 redovisas en kort rambeskrivning för förbehandlingssteget som föregår kolfiltren.

För övriga discipliner (bygg, VVS, el och styr) presenteras endast kortare rekommendationer (Kapitel 5) eftersom utförandet av dessa blir mycket projektspecifika.

I Kapitel 6 ges rekommendationer för kontroll, driftsättning och besiktning.

1.1 Syfte

Syftet med detta dokument är att fungera som vägledning och stöd för kommuner och VA-organisationer som står inför upphandling av läkemedelsrening med GAK. Förfrågningsunderlaget fokuserar på funktion och till viss del de maskinella komponenterna som beskrivs i en detaljerad teknisk beskrivning (Kapitel 3).

De krav som ställs på anläggningen är prestandakrav och beskriver inte villkor eller krav på det utgående, renade vattnet. Detta innebär att beställaren behöver utföra dimensionering av GAK-filtret och förfrågningsunderlaget innehåller därför inte heller förutsättningar i form av inkommande halter. Anledningen är att något reduktionskrav inte finns i Sverige idag och att Sweco har bedömt att det inte är rättssäkert att upphandla på funktion då både inkommande halter av föroreningar och analysnoggrannhet varier. I rapporten M147, Cimbritz (se ovan) finns exempel på hur krav har ställts i andra länder i Europa.

Upphandling av den maskinella utrustningen är tänkt att ske enligt ABT06, ABA99 eller NLM19. Även AB04 kan vara en aktuell upphandlingsform. Arbetet skulle också kunna handlas upp som någon form av samverkansentreprenad.

1.2 Ansvarsfördelning

Att som i detta dokument låta beställaren ansvara för dimensionering av anläggningen för läkemedelsrening har inte enbart att göra med att de specifika förutsättningarna skiljer

från anläggning till anläggning. Det har också att göra med var risker och kostnader ska förläggas. Detta gäller oavsett entreprenadform.

I dessa underlag har Sweco bedömt att det inte är rimligt att göra upphandlingen på reningseffekt. Det beror både på att det i dagsläget inte finns några krav på reduktionsgrad och att analysmetoderna ännu inte är tillräckligt bra (noggranna) för att användas som prestandakontroll. Det finns också en risk att inkommande vatten varierar i sammansättning över tid.

Förutsättningarna för att kunna upphandla en vara eller en tjänst är att förfrågningsunderlaget är tydligt. Ju mer detaljerat underlaget är desto lägre riskpremie kan förväntas av den som ska lämna anbud. Men med ett mer detaljerat underlag tar också beställaren en större risk om de verkliga förutsättningarna avviker från förfrågningsunderlaget.

Ett mer generellt förfrågningsunderlag innebär att den som ska lämna anbud måste lägga ner tid och resurser på utredningsarbete, eventuellt redan innan anbud. Detta kan i sin tur leda till att färre lämnar anbud.

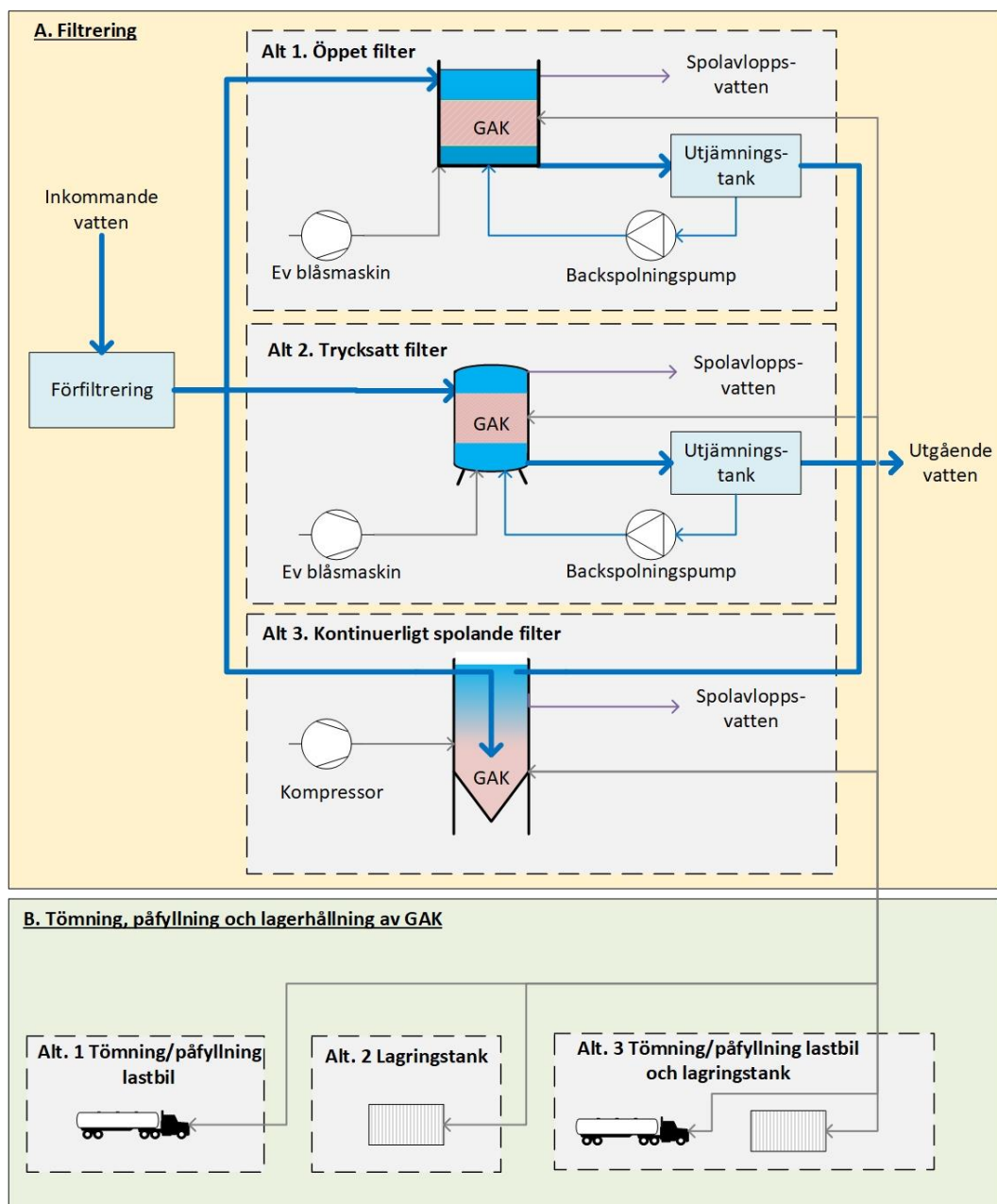
Det här dokumentet förutsätter att beställaren har utformat anläggningen baserat på egna antaganden, tester etc. Sweco anser inte att det är möjligt att lämna över detta till entreprenör och samtidigt kunna göra en rättvis utvärdering av inkomna anbud eller kontroll av att färdigställd anläggning uppfyller ställda krav.

2 Processbeskrivning

Processen beskrivs i korthet med att vattnet filtreras genom en bädd av granulerat aktivt kol (GAK) och föroreningar adsorberas på den aktiva kolytan. Avskiljningsgraden avtar med tiden och efter en viss tid nås ett genombrott för ett eller flera ämnen. Vid genombrott måste kolet ersättas med nytt eller reaktiveras.

GAK-filtret kan vara utformat som ett öppet eller trycksatt system eller ett kontinuerligt spolande filter.

Funktionen i ett kolfilter kan sättas i relation till hur bra förbehandlingen av inkommande vatten är. Driften underlättas i och med ett renare vatten och livslängden på kolet blir också längre vid god avskiljning av partiklar och organiskt material. Förbehandling, i form av ett poleringssteg, kan ske på olika sätt; sandfilter eller membranfilter men även skivfilter är studerade alternativ.



Figur 1. Blockschema med olika alternativa lösningar för hur GAK-filtrering kan se ut.

Eftersom funktionen i ett granulerat aktivt kol bestäms av vad inkommande vatten innehåller förordas att dimensionering alltid föregås av ett pilotförsök på aktuell plats med det vatten som kommer att belasta kolet. Då det vid byte av leverantör kan vara svårt att få ett likvärdigt kol om det inte ingått i inledande pilotförsök kan det vara bra att kunna göra mindre försök även efter idrifttagning. I förfrågningsunderlaget kan då anges att

"Pilotförsök kommer att utföras på kol från vinnande anbud innan leverans, för att säkerställa kvaliteten".

2.1 Filter

Det är möjligt att använda olika typer av GAK-filter för avskiljning av läkemedelsrester och mikroföroreningar. Troligen blir det en avvägning från fall till fall där typ av föregående reningsprocess, utrymme och behandlingsmål blir avgörande. I de försök som genomförts (och genomförs) i Sverige finns uppställning med öppet nedströms filter, trycksatt filter samt kontinuerligt spolande filter. Som jämförelse är öppna nedströms kolfilter det vanligaste på dricksvattensidan. Fördelen med ett öppet system är att processen går att övervaka vilket kan vara bra särskilt vid backspolning då det också går att kontrollera att hela bädden expanderar. Trycksatt filter kan vara en lösning om det är viktigt att behålla trycket genom hela processen och undvika extra pumpsteg. Kontinuerligt spolande filter har fördelen att de i normalfallet kan köras intermittent (utan den kontinuerliga spolningen) men vid ökat tryck, beroende av ökad föroreningshalt i inkommande vatten, kan spolningen startas automatiskt och igensättning undvikas. Själva filtret kan vara en fyrkantig eller rund behållare av betong, stål eller plast med anslutningar för vatten och spolvatten. Hur många filter som behövs bestäms från fall till fall och beror av flöde, utrymme, önskemål om redundans m.m. Filtren installeras parallellt eller i serie. Ett alternativ som förordats vid ett par anläggningar är filter i serie om två. Parallell uppställning utefter hur stor anläggningen är men varje filter är installerade i par. När genombrott detekteras i det första ändras styrningen så att det blir det andra i paret. Detta filter fungerar då som polersteg.

Filterbädden består av granulerat aktivt kol. Det finns olika typer av GAK på marknaden, både avseende ursprung och utformning av granulerna. Typ av GAK behöver beslutas i det enskilda fallet vid ett pilotförsök. Storleken på filteranläggningen bestäms av dimensioneringsflödet, kontakttiden och höjden i kolbädden. Enligt en leverantör bör höjden på kolbädden vara ca 1,2–1,3 m. I dricksvattensammanhang är det inte ovanligt att bädden är ca 2 m. Att placera ett stöd-lager som består av grovt GAK i botten av filtret har gett positiva effekter i försök i Tyskland avseende robust drift. Vattenytan ovan filterbädden, i ett öppet filter, hålls konstant minst 1 m över kolytan för att säkerställa tillräckligt högt tryck genom filtret.

Som en fingervisning har nyckeltal för dimensionering tagits fram från de försök som genomförts i Sverige, se *Konsultrapport – kunskapsläget beträffande avancerad rening av mikroföroreningar* (Michael Cimbritz, 2019) vilken är bifogad beställargruppens redovisning 2018-19 (M147). Varje filter bör dimensioneras så att genombrott (och därmed behov av reaktivering av kolet) inte förväntas uppnås förrän efter minst ett års drift.

Filterbädden vilar på en filterbotten som ska fördela vattnet jämt både vid filtrering och vid spolning samt förhindra att kolet följer med vattnet ut. Det är viktigt att filtrering och spolning sker likformigt över hela filterytan samt att alla öppningar i filterbotten ligger på samma nivå och inte är större än själva granulerna. Dysbotten, rörbotten, Leopold eller Tritonsystem är exempel på använda filterbottnar.

2.2 Backspolning

Eftersom det riskerar att följa med material i vattnet som sätter igen GAK-filtret kan det behövas backspolas regelbundet. Till detta används filtrerat vatten.

Behov och frekvens av backspolning bestäms av hur den föregående reningsprocessen är konfigurerad och fungerar. I de försök som genomförts i olika svenska projekt har backspolningsfrekvensen varierat stort, från några dagars mellanrum till ingen backspolning alls. Hur och om backspolning ska ske behöver bestämmas från fall till fall men det bör finnas möjlighet att genomföra det. Ett förslag till inställning av backspolningen, som används vid dricksvattenanläggningar, är:

- Backspolningsflöde: ca 30 m/h (under 5-10 min)
- Första filtrat: ca 5-10 min

Huruvida första filtrat behövs behöver bestämmas från fall till fall utefter resultat från backspolning och givna krav på utgående vatten. Tiden bör kunna minskas jämfört med dricksvattenapplikationen.

Hur stora volymer som går åt vid backspolning behöver inte skilja beroende på vilken typ av filter som används; öppet nedströms eller kontinuerligt spolande. Hur mycket backspolning som behövs i termer av % av inkommande flöde styrs till största delen av hur mycket susp som tillförs filtret och beror således på föregående process. Anledningen till att välja den ena eller andra typen av filter bestäms av andra faktorer.

I sandfilter sker rensning även med luft. För kolfilter kan luften orsaka problem eftersom den riskerar att mala sönder granulerna. Om det uppstår problem med mycket slam i filtret kan det i vissa fall ändå behövas. Därför rekommenderas installationer som möjliggör luftspolning men hur ofta och när den ska tas i bruk måste bestämmas från fall till fall.

Längre mellanrum mellan backspolningarna kan innebära att det utvecklas en biofilm i kolet. Biofilmen kan ge en mer långtgående reduktion av vissa mikroföroreningar genom biologisk nedbrytning och kan på så sett vara positiv. Å andra sidan kan biofilmen hindra adsorptionen. De positiva och negativa aspekterna av biofilm är substans-specifika och driften med ex. backspolningsintervall måste testas vid pilotförsök och bestämmas från fall till fall.

2.3 Utbyte av filtermedia

Efter tid mättas det aktiva kolet och adsorptionskapaciteten avtar vilket leder till att föroreningsrester passerar igenom filtret. Detta kallas genombrott och när detta händer varierar från fall till fall. Som en fingervisning har nyckeltal för dimensionering av antal bäddvolym innan utbyte av kol tagits fram från de försök som genomförts i Sverige, se *Konsultrapport – kunskapsläget beträffande avancerad rening av mikroföroreningar* (Michael Cimbritz, 2019).

Vid genombrott måste kolet ersättas med nytt eller reaktiveras. Vid reaktivering upphettas kolet och de ämnen som adsorberats mineraliseras, dvs. de tas bort från kolet. Efter

reaktivering måste ungefär tio procent nytt aktivt kol tillsättas för att kompensera för förluster. Kolet kan även regenereras vilket innebär genomströmnings av het ånga. Efter en sådan behandling blir kolet "renare" men inte alls lika aktivt som ett nytt eller reaktiverat. Det finns idag ingen anläggning för reaktivering av förbrukat aktivt kol i Sverige utan kolet måste fraktas ned i Europa. Förbrukat kol destrueras, förbränns, vid exempelvis ett värmeverk.

För att förenkla hanteringen av kol vid utbyte av filtermedia förordas att ett platsbyggt system utformas. Ett förslag är ett system där granulerat aktivt kol transporteras direkt från lastbil till respektive filter genom ett vattenbaserat system med interna ledningar. På så vis behöver inte torrt kol hanteras vilket medför stora fördelar ur arbetsmiljösynpunkt. Observera att fyllning ska göras uppifrån så att det inte blir ett mottryck av vatten och kol. Transport in till och ut från filter sköts vanligtvis med vattenejektorer där leverantören av kol har själva ejektorerna. Till ejektorerna behövs vatten med tillräckligt tryck och flöde, förslagsvis används utgående, renat vatten. Enligt en leverantör handlar det storleksmässigt om ca 5 bars tryck och ett flöde på 20 m³/h. Med de förutsättningarna kan de transportera ca 6 m³ kol per timme.

Eventuellt behov av lagerhållning av GAK måste bestämmas från fall till fall vilket även gäller utformning i antal linjer och redundans. Ett förslag som tagits fram i ett av de pilotförsök som genomförts i Sverige är en uppställning med fyra linjer där tre klarar dimensionerande flöde. På så sätt kan ett filter ställas av när det är dags för utbyte. För att undvika längre driftstopp av GAK-filter kan ett lagringsutrymme för kolmängd motsvarande ett filter byggas samt en volym för förbrukat kol. När kolet i ett filter är förbrukat och behöver bytas, sugas det upp ur filtret och skickas till reaktivering eller destruktion. Lagrat kol kan då direkt fyllas i filtret och tas i drift. Nytt kol som ska lagras levereras och förvaras torrt, gärna i ett separat utrymme, och ouppackat i väntan på fyllning i filter. För att inte vara beroende av transportör kan ytterligare en volym anläggas för förbrukat kol som dräneras i väntan på bortforsling.

Ett filter som fyllts med nytt kol behöver stå vattenfyllt i ca 24-48 timmar och sedan backspolas med viss volym innan det kan tas i bruk. Då spolas finmalt kol "fines" bort och syret som är bundet i kolet bubblar bort. Spolvattnet som innehåller finmalt kol ska inte ledas ut till recipient utan tillbaka in i reningsprocessen. För att garantera att tillräcklig mängd kol levereras kan krav ställas på att efterfrågad mängd (volym) ska finnas efter denna inledande urtvättning.

GAK ska inte lagras tillsammans med starka oxidationsmedel och vid hantering av torr GAK finns en stor brandfara.

Efter pilotförsök men innan projektering behöver en livscykelkostnad, LCC, för anläggningen och driften beräknas. Detta för att optimera hanteringen med lagerhållning, byte av kol, transporter och antal enheter i drift.

2.4 Styrning och instrument

För att hålla vattennivån i filtren måste flödet i utloppet regleras på något sätt. Det går till exempel att använda en manuell reglerventil men det finns mer moderna självreglerande

9(30)

regleringar; automatventiler med pneumatisk, hydraulisk eller elektrisk styrning. Om filtren är flera är det viktigt att de belastas lika så att filtratkvaliteten bli jämn.

För filterspolning behövs flera till- och frånledningar med tillhörande ventiler för respektive filter. Spolningen manövreras via styrprogrammet. Som beskrivs nedan kommer det att behövs en idrifttagning med omfattande provtagning innan det går att bestämma erforderligt spolintervall för en enskild anläggning. En variant är att spolning sker vid indikation av ökat differenstryck över filtret. Då behövs tryckgivare.

Instrumentering behövs i form av nivågivare i och flödesmätare ut från respektive filter. Efter filtren sätts en turbiditetsmätare som övervakar eventuella fel i filtreringsprocessen som ger förhöjd turbiditet.

En mer avancerad styrning, eller övervakning, kan uppnås genom att kontinuerligt mäta UV-absorbans i inkommande respektive utgående vatten. Övervakningen kan användas för att bedöma när genombrott i filtret uppstått, se avsnitt 2.5 nedan. UV-absorbansen ger en indikation på mängden organiskt material i vattnet, eller mer precis – organiskt material som innehåller dubbelbindningar i molekylstrukturen. Studier har visat att UVA₂₅₄ inte direkt korrelerar med halten av mikroföroreningar, men skillnaden i UVA₂₅₄ i inkommande och utgående vatten från GAK-filtret korrelerar med reduktionen av summan av mikroföroreningarna. Hur differensen av UVA₂₅₄ korrelerar till läkemedelsreduktionen skiljer sig troligen åt från anläggning till anläggning och behöver studeras genom försök och provtagning. Denna typ av övervakning är fortfarande ny och det finns både positiva och negativa erfarenheter av den. Några erfarenheter som bör beaktas:

- Det är viktigt att de två mätarna är identiska för både in- och utgående vatten. Alternativt kan samma mätare användas för både in- och utgående vatten genom att leda/pumpa respektive vatten till samma mätare i en genomströmningsarmatur. På detta sätt blir mätfelet likvärdigt för båda mätningarna.
- Flödet genom UV-mätaren ska vara laminärt (ingen turbulens).
- Mätningen fungerar bäst om vattnet är filtrerat. För detta ändamål installeras förslagsvis filter (100 µm) på ledningarna innan mätning i genomströmningsarmatur. Filtren behöver bytas med jämna mellanrum, hur ofta beror på hur smutsigt vattnet är, men för att uppnå likvärdig mätning i båda mätpunkterna bör filtren för både in- och utgående vatten bytas samtidigt.

2.5 Provtagning

Vid pilotförsök bestäms behov och frekvens av backspolning samt hur ofta reaktivering behövs. I dagsläget finns ingen kontinuerlig mätmetod som kan övervaka reningseffektiviteten och därmed tidpunkten för när filtermaterialet behöver bytas ut. Det enklaste och mest praktiska blir därför fasta bytesintervaller, räknat i antal bäddvolymer, eller så kan det bli fråga om att göra provtagning, exempelvis varje vecka, för att detektera genombrott av indikatorparameter (den förening som tidigast går igenom filtret eller den parameter som enklast/billigast kan mätas). Eftersom det inte är säkert att kolet

har samma egenskaper som det som använts och testats fram vid ett pilotförsök kommer en mer omfattande provtagningskampanj att krävas initialt.

2.6 Förbehandling

För att kolfiltreringen ska fungera så effektivt som möjligt krävs en bra förbehandling av vattnet. Förbehandlingen ska minimera såväl innehåll av partiklar som organiskt material för att förhindra igensättning och mikrobiologisk tillväxt. I de pilotförsök som genomförts i Sverige har såväl sandfiltrering som ultrafiltreringsmembran använts med gott resultat. Det finns också utredningar där skivfilter föreslås som förbehandling. Enligt erfarenheter från tyska anläggningar med GAK-filtrering behövs dock ingen extra förfiltrering om slutsedimentationen (tidigare reningsprocess) fungerar bra. På många (äldre) svenska avloppsreningsverk finns mellansedimentering följt av kemisk fällning och slutsedimentering. Med korrekt dimensionering och god kontroll på den kemiska fällningen är detta en förbehandling som normalt ger mycket låga partikelhalter och bör vara en fullgod förbehandling.

Vilka krav som ska ställas på förbehandlingen beror således av hur föregående reningsprocess är utformad men för att kunna utnyttja kolets adsorptionsförmåga fullt ut bör den kunna leverera ett vatten med låga halter suspenderat material in till GAK-filtren. Befintlig reningsprocess kan således vara tillräcklig men det kan behövas ett kompletterande förbehandlings-/förfiltreringssteg. Vid utformning av förbehandlingen kan utgångspunkten vara i stort sett den samma som förbehandling framför ett sandfilter, med avseende på risk för igensättning av bädden. Kontinuerligt spolande filter klarar en högre susp-belastning (max 70-100 mg/l enligt en leverantör) men om de ska köras intermittert, vilket troligtvis är det ordinarie driftsättet, ska de inte belastas med mer än 10-15 mg/l (enligt samma leverantör).

3 Teknisk beskrivning maskin

Den tekniska beskrivningen för maskinell utrustning inleds med generella krav för kvalitet, dokumentation, montage etc. Därpå följer beskrivningar för de olika maskinerna – i dessa beskrivningar finns blanka celler "___" med information som behöver bestämmas från fall till fall, t.ex. antal, kapacitet eller måtområde. De blanka cellerna ska fyllas i av beställaren. Till höger på varje sida finns hänvisningar till var det går att hitta vägledning om hur informationen i dessa celler tas fram.

3.1 Generella krav

I detta kapitel anges generella krav för maskinell utrustning. Underrubrikerna nedan kan användas som disposition och under respektive rubrik finns förslag på innehåll (*i kursivt*) samt ett antal lämpliga formuleringar hämtade från upphandlingar av maskinutrustning till avloppsreningsverk. Kraven är inte kompletta utan skall endast fungera som stöd och vägledning.

3.1.1 Normer, allmänna krav och kvalitet

Angivna kvalitetskrav är minsta krav vilket betyder att entreprenör kan föreslå alternativt utförande med bättre materialkvalitet och/eller funktion.

Föreskrift om arbetsutförande eller vara med tillägget "eller likvärdigt" innebär rätt för entreprenören att i stället för det föreskrivna välja annat som är likvärdigt till funktion, prestanda och kvalitet. Anbudsgivaren ska tillhandahålla erforderligt underlag för prövning av likvärdighet på offererad utrustning.

Angivna kapaciteter avser färdiginstallerad utrustning i aktuell anläggning.

Anbudsgivare skall i sitt anbud ange fabrikat och material för all offererad utrustning.

För samtliga utrustningar och installationer skall gällande svenska normer och bestämmelser tillämpas vad gäller t.ex. skyddsanordningar, lyftanordningar, svetsningsarbeten etc.

Pumpar, motorer och övrig mekanisk utrustning skall vara av fabrikat som har ett utbyggt servicenät och reservdelshållning i Sverige.

All utrustning skall kunna underhållas och bytas ut utan nya ursparningar, håltagningar etc.

3.1.2 Krav på dokumentation

T.ex. krav på motor- och apparatlista, montageritningar, bygghandlingar, drift- och skötselinstruktion, relationsritningar samt krav på programvara.

3.1.3 Montage och utförande

T.ex. krav på rörsystem och upphängningsanordningar, potentialutjämning, armaturer och ytbehandling.

I maskinspecifikationerna angivet material skall monteras av erfarna, yrkeskunniga montörer till fullt driftfärdig anläggning.

Rörsystem

Komplett ledningssystem skall ingå. Ledningar ska dimensioneras och mängdas av anbudsgivaren med hänsyn till maskinval samt dragning av ledningar i lokalen.

Ledningsdragning m.m. anpassas till vald maskinell utrustning och väljs av anbudsgivaren efter samråd och godkännande från beställaren.

Hävertverkan ska förhindras genom luftgap på ledningar efter pumpar.

Rörsystemet ska vara anpassat för aktuellt transporterat media.

Spolanslutning inkl. kulventil och klokoppling skall monteras vid rörlednings och apparats/maskinell utrustnings lågpunkt, så att slang kan anslutas.

Ventiler

Där ej annat anges skall ventiler ha samma dimension som tillhörande ledning. Manövrering skall kunna ske från ovansida gångplan. Ventil, som placeras under bjälklag, förses med förlängd spindel. Ventilnyckel skall ingå.

Ventiler skall anpassas till de aktuella tryck och media som kan förekomma i varje anläggningsdel.

Anbudsgivare skall i sitt anbud ange fabrikat och material för offererad utrustning.

Samtliga ventiler ska anpassas och dimensioneras av anbudsgivare till ledningssystem och aktuellt media.

3.1.4 Svetsning

Krav på utförande och kontroll av svetsning.

Svetsarbetet ska utföras av företag certifierat enligt lägst EN ISO 3834-3 "Kvalitetskrav för smältsvetsning av metalliska material".

3.1.5 Märkning

T.ex. krav på utformning och placering av märkning av utrustning, rör och ventiler.

Märkning av den maskinella utrustningen utförs med beteckningar enligt teknisk beskrivning. All utrustning ska märkas.

Märkning och teknisk dokumentation skall överensstämma.

Märkning ska överensstämma med lagar och myndighetsföreskrifter.

3.1.6 Elektrisk utrustning

T.ex krav på elmotorer (kapslingsklass, verkningsgradsklass etc.)

3.1.7 Ljudnivå och vibrationer

T.ex. krav på och kontroll av buller- och vibrationsnivå.

3.2 GAK-filter

Beskrivningen nedan är ett exempel och gäller för ett öppet nedströms filter i stål. Enligt avsnitt 2.1 finns andra typer av filter som också kan användas. Används ett filter i betong finns vissa rekommendationer kring detta i avsnitt 5.1.

I nedan beskrivning ingår kol som "kringutrustning". Ett alternativ är att kolet upphandlas av beställaren och tillhandahålls till maskin-/byggentreprenaden, bl.a. för att säkerställa framtida leveranser och priser. Detta kan göras enligt ALOS 05.

3.2.1 Filter

Maskin:	Öppet nedströms kolfilter	Se Cimbritz rapport i M147 samt kap. 2.1
Antal:	___ st	
Material:	Rostfritt stål minst EN 1.4404 detta gäller även anslutningar och kringutrustning.	Se Cimbritz rapport i M147 samt kap. 2.1
Mått:	Invändig diameter ___ mm, höjd ___ mm.	
Kringutrustning:	Aktivt kol med följande egenskaper: - Iodine number; min mg/g _____ - Abrasion number; min _____ - Moisture content; max % w/w _____ - Particle size; mesh _____ Bäddhöjd ___ mm. Mellanbotten med filterdysor (60 dysor per m²), för anslutning av spolvatten/luft. Inspektionslucka (under mellanbotten) Bräddränna	Bestäms vid pilotförsök.
Anslutningar:	Inkommande Spolvattenavlopp Luft Utlöpp/spolinlopp Ev. anslutning för tömning /ilastning av kol	Se kap 2.1
Funktion:	Avskiljning av partiklar/slam i avloppsvatten efter läkemedelsreningens förbehandlingssteg.	

3.2.2 Spolvattentank

Beroende på reningsanläggningens utformning kan det behövas ytterligare en tank för fördröjning av förbrukat spolvatten som ska ledas tillbaka till reningsprocessen.

Maskin:	Tank för lagring av renat avloppsvatten.	<i>Se Cimbritz rapport i M147 samt kap. 2.1</i>
Antal:	___ st	
Media:	Renat avloppsvatten	
Kapacitet:	___ m ³	
Funktion:	Tank för lagring av spolvatten till backspolning av kolfilter.	

3.2.3 Spolvattenpumpar

Maskin:	Spolvattenpump anpassad för frekvensomriktare.	Se Cimbritz rapport i M147 samt kap. 2.1
Antal:	__ st	
Media:	Renat avloppsvatten	
Kapacitet:	__ m ³ /h vid __ mvp. Pumpen ska kunna begränsas av flödesmätare och tryckgivare (sätts på pumpledningen).	
Kringutrustning:	Flödesmätare Tryckgivare	
Funktion:	Spolvattenpump för backspolning av kolfilter.	

3.2.4 Blåsmaskiner

Maskin:	Blåsmaskin anpassad för frekvensomriktare	<i>Dimensioneras likt sandfilter</i>
Antal:	__ st	
Media:	Luft	
Kapacitet:	60 Nm ³ /m ² , h per blåsmaskin vid ~ __ mvp	
Funktion:	Tryckuppsättning ska dimensioneras efter vattendjup och tryckfall över rörsystem och mellanbotten i kolfilter. Förse kolfilter med spilluft vid backspolning. Ett filter spolas åt gången.	

3.3 Instrument

Standardmätare så som flödesmätare, nivågivare, tryckgivare och turbiditetsmätare beskrivs ej.

Strömförsörjning kan vara 230 V eller 24 V. I detta stycke har vi föreslagit 24 V. Kommunikation med PLC kan ske på flera sätt, bland annat Profibus. I detta stycke har vi föreslagit tvåtrådsmatning.

3.3.1 Generellt för instrument

Instrument ska vara för matning 24 V DC i tvåtrådsutförande med utsignal 4–20 mA. För givare som inte kan tillhandahållas med denna spänning: 1x230 V AC.

Mätinstrument skall levereras med display för lokal avläsning. Instrument som saknar display skall levereras med extern lokal display inkl. nödvändigt kablage. Extern display skall dessutom levereras, där instrument och dess display är så placerat att lokal avläsning på instrument ej kan utföras. Extern display skall vara i tvåtrådsutförande för 4–20 mA mätvärdessignal. Displayer monteras enligt beställarens anvisningar.

Vakter skall vara utförda med potentialfria växlingskontakter.

Material i vätskeberörda delar skall vara i syrafast stål EN 1.4404 eller likvärdigt om inget annat anges.

Alla processinstrument skall monteras fackmannamässigt till fullt driftklar status.

Alla processinstrument skall levereras med komplett svensk manual.

3.3.2 Montage - elektrisk anslutning och intrimning

Alla instrument skall efter montage kalibreras för respektive mätställe och kontroll och verifiering av mätområde skall ske med mätare i drift i samband med idrifttagning. Instrument skall vara fullständigt intrimmade för att tas i drift.

3.3.3 UV-absorbansmätare

Maskin:	UV-absorbansmätare	<i>Bestäms beroende på vattnets kvalitet</i>
Fabrikat/typ:	UV-absorbansmätning vid 254 nm	
Antal:	___ st	
Placering:	Mätning skall göras i inlopp till och utlopp från respektive GAK-filter.	
Media:	Avloppsvatten	
Kringutrustning:	Givaren skall levereras komplett med automatisk rengöring. Genomströmningsarmatur. Filter (100 µm) innan genomströmningsarmatur.	
Funktion:	Mätning av UV-absorbansen vid 254 nm i inkommande respektive utgående vatten från GAK-filter. Mätning görs på filtrerat vatten. Differensen mellan in- och utgående UVA ₂₅₄ kan användas för att övervaka filtreringsfunktionen.	
Utsignal:	4–20 mA	
Mätområde:	0– ___ m ⁻¹	
Mätnoggrannhet:	± 2 % av fullt skalutslag	

3.3.4 Differenstryckmätare

Maskin:	Differenstryckmätare	
Antal:	__ st	
Placering:	Mätning skall göras in och ut från respektive GAK-filter.	
Media:	Avloppsvatten	
Funktion:	Mäter tryckfall över filtren för att styra när det är dags för spolning.	
Utsignal:	4–20 mA	
Mätområde:	0– __ mvp	
Mätnoggrannhet:	$\leq \pm 0,5 \%$	
Utförande:	Kapslingsklass IP65 eller högre	

4 Rambeskrivning förfiltrering

Om den aktuella anläggningen saknar tillräcklig förbehandling inför en kolfiltrering kan ett förfilter ingå i entreprenaden, enligt nedan.

För att möjliggöra och optimera adsorption av läkemedelsrester i GAK-filter ska ett reningssteg med förfiltrering ingå i entreprenaden. Anläggningen ska vara helautomatisk och utformad så att kontinuerlig drift, 24 h per dygn, är möjlig. Styrning ska kunna ske från överordnat system.

För eventuell spolning ska vatten som passerat förfiltret användas (ej kolfiltrerat vatten). Varje anläggningsenhet ska vara försedd med intern brädd.

Avskilt slam leds tillbaka till processen och det renade vattnet leds till kolfilteranläggningen.

Anbudsgivare skall föreslå en anläggning som med utgångspunkt från dimensioneringsförutsättningarna (nedan) kan leva upp till följande krav:

- Maximal utgående SS-halt skall understiga 10 mg/l beräknat som flödesproportionellt dygnsprov.

Dimensioneringsförutsättningar:

- Inkommande flöde: Q_{dim} om ___ m³/h
 Q_{max} om ___ m³/h
- SS-halt: medel ___ mg/l
max ___ mg/l
- Medeltemperatur avloppsvatten: ___ °C

Eventuell kemikalie- och spolvattenförbrukning ska anges i anbud.

Energiförbrukning ska anges i anbud.

Övriga eventuella behov eller förutsättningar, exempelvis tryckluft, brutet vatten etc. ska anges i anbud.

5 Övriga rekommendationer

I detta kapitel finns rekommendationer för upphandling av bygg-, VVS-, el- och styrentreprenader.

5.1 Bygg

I överkant på filtren behövs gångbryggor för att komma åt att inspektera filtrets funktion och även för att spola rent de utloppsrännor som är placerade i vattenytan.

I filtrens omgivning bör insläpp av dagsljus undvikas. Detta för att undvika påväxt av alger o dyl. Eventuellt kan behov finnas att bygga en tät vägg runt filtren.

Vid val av filter placerade i bassänger av betong bör man tänka på hur dessa skall utföras och vilka krav som skall ställas. Filtren utförs i platsgjuten vattentät betong. Krav på sprickbredd sätts till 0,15 mm. Botten utförs stålslipad och väggar utförs i klass A enligt AMA-Hus. För att uppnå detta bör gjutformar av skivor eller formluckor användas.

Fogband för vattentäthet placeras i samtliga gjutfogar. Vid anslutning mot bottenplattan används typen svällande fogband och injekteringsslang. Ingjutna rör skall ska förses med ingjutningsflänsar kompletterade med fogband.

Då filtren backspolas ska filterbottnar förankras för de uppåtriktade krafter som uppkommer (detta gäller alla typer av filter). Typ av botten avgör också vilken typ av behandling som bör göras på betongytan under filterbottnarna. Att behandla anslutningen vägg-golv med extra tätskikt på ytan under filterbottnar är något att tänka på då botten av typen ingjutna filtersektioner, typ Leopold, används. Detta för att eventuella läckage är omöjliga att åtgärda från insidan utan att förstöra filterbottnarna.

5.2 VVS

Avseende VVS så innebär installation av kolfilter inga särskilda krav förutom de som gäller inomhusmiljö vid övrig konventionell avloppsvattenrening med öppna bassänger.

5.3 Elinstallationer

Entreprenaden omfattar all el- och styrutrustning i anläggningen.

Anläggningen ska anslutas som en utökning av befintlig anläggning. Det innebär att funktioner och standarder som finns i befintligt el-anläggning också ska gälla för denna anläggning. Om befintlig anläggning inte har en enhetlig standard ska senaste installation gälla om inte beställaren anvisar annat.

Om befintlig el/styr-utrustning är olämplig att bygga vidare på ska istället ny fristående utrustning installeras. El-central och styrutrustning kan byggas i ett gemensamt apparatskåp.

Ny elanläggning ska byggas som TN-S system.

5.3.1 Kanalisation

Kanalisation i form av trådstegar alternativt kabelstegar installeras där 3 eller fler kablar dras parallellt.

5.3.2 Jordning

Potentialutjämning och åskskydd, utförs lika som befintlig anläggning (om inte nyare regler kräver annat).

5.3.3 Belysning

För nya utrymmen ska belysning sättas upp, ljuskapacitet enligt ljuskulturs rekommendationer. Armaturer ska vara av LED-typ.

5.3.4 Kraft

Dubbla vägguttag 230V installeras i erforderlig omfattning, dock minst ett i varje lokal.

5.3.5 Frekvensstyrda drifter

Frekvensomvandlare ska vara försedda med lokal operatörspanel.

Motorer som förses med frekvensstyrning ska anslutas så att förreglingar är verksamma även vid lokalstyrning direkt på operatörspanelen. Om arbetsbrytare monteras mellan frekvensomvandlare och motor ska brytarens läge anslutas till frekvensomvandlare så att den förreglas om brytaren stängs av, även vid lokaldrift.

Kablage ska vara emc-klassat

5.3.6 Övrigt

Passagesystem/brandlarm utökas enligt befintlig standard.

5.4 Styr

Anläggningen ska byggas så att ett enhetligt system uppstår. Det innebär att funktioner och standarder som finns i befintligt styrsystem också ska gälla för denna anläggning. Om befintligt system inte har en enhetlig standard ska den senaste installation gälla om inte beställaren anvisar annat.

Om befintlig el/styr-utrustning är olämplig att bygga vidare på ska istället ny fristående utrustning installeras.

Färdiga standard automatiskåp för ny utrustning eller anläggningsdelar som har sådana kan användas som komplement till befintligt system. Dessa ska då kunna kommunicera med befintliga styrsystem och operatörssystem enligt nedan.

Nya styrsystem ska vara av i Sverige väletablerade tillverkare och vara väl representerade i Sverige med reservdelar, underhåll och programmeringskompetens.

Programmet ska vara öppet för läsning och redigering, inga låsta block tillåts.

5.4.1 Kommunikation mot operatörssystem

Styrsystemet ska anslutas till beställarens operatörssystem. Snabba nätverkslösningar förordas.

Alla mätvärden såväl analogt anslutna som beräknade, ska finnas tillgängliga för kommunikation.

Larmstatus och indikeringar för samtliga objekt ska finnas tillgängliga för presentation operatörssystemet.

Styrande objekt ska kunna manövreras från operatörssystemet.

Börvärden, gränsvärden och timers o.dyl. ska vara inställbara från operatörssystemet.

Mätvärden ska skalas i ingenjörsenheter i operatörssystemet, med fyra gällande siffror.

Alla analoga variabler ska loggas till historik, i operatörssystemet.

Om programmering/bildbygge i operatörssystemet inte ingår i entreprenaden ska samtliga underlag såsom variabellistor, processchema, etc. överlämnas till beställaren.

5.4.2 Kommunikation mot befintliga styrsystem

Signaler som krävs för styrningen, ska kunna kommuniceras mot befintliga system. Om det inte finns något enkelt gemensamt kommunikationsgränssnitt mellan systemen så kan I/O-kommunikation användas. Kommunikation mellan styrsystem, via operatörssystem ska undvikas.

Man kan som alternativ också dela signaler via skiljeförstärkare från befintliga givare och ansluta dem till det nya systemet, och vice versa.

5.4.3 Objekt

Styrda objekt såsom motorer och ventiler, ska vara manövrerbara via omkopplare Fjärr-0-Lokal, beställarens standardbenämning ska användas. Där fjärr innebär att styrsystemet styr, 0 innebär att objektet är avställt och lokal innebär att objektet är i drift och enbart förreglas av rena säkerhetsförreglingar såsom motorskydd eller ändlägesbrytare.

I då objektet är fjärr styrs det av styrsystemet. Från operatörssystemet ska objektet kunna manövreras i Auto-Hand och Start-Stopp (öppna-stäng, etc.)

Analoga objekt såsom analoga insignaler, analoga utsignaler eller beräknade värden ska förses med relevanta larm. För larm ska larmgränser, hystereser och larmfördröjning vara individuellt inställbara från operatörssystemet.

5.4.4 Styrning av filter vid normaldrift

För att inte få snedbelastning, ska parallella filter ska regleras så att flödena genom filtren är lika. Likaså måste även nivån i filtren regleras så att filtren kan fungera optimalt.

Nivå och flödesregleringarna påverkar varandra och måste därför lösas i ett system. Regleringarna går att genomföra på olika sätt bland annat beroende på den mekaniska och hydrauliska utformningen.

- Den enklaste flödesfördelningen är att leda vattnet till filtren via varsitt skibord, flödena blir då lika till alla filter. I detta fall krävs en nivåskillnad mellan skibordet och vattenytan i filtret. Nivån i filtret kan regleras med reglerventil på utgående från filtret.
- Om filtren är kommuniserande kärl på inkommande, kommer även nivåerna i dem vara lika. I detta fall regleras flödena med reglerventilerna på utgående från filtren. Nivån i filtren regleras med en gemensam P-regulator, utsignalen används som börvärde till flödesregulatorerna.
I detta fall måste filtren även förses med en differenstryckgivare. Det krävs även att vattnet släpps via egen ledning direkt i utjämningstanken, så att ett tryck som påverkar nivåmätningen inte byggs upp.

5.4.5 Backspolning

Då filtren sätts igen kommer nivån alternativt differenstrycket att stiga och när den ökande igensättningen inte längre kan kompenseras med att öppna utgående reglerventil ska filtret backspolas.

Filterspolning görs av ett filter i taget, övriga filter måste kunna fungera normalt under spolningen.

För att starta en spolning ska tillgång på spolvatten kontrolleras, likaså att alla i spolningen ingående objekt fungerar och inte har felindikeringar. Spolning genomförs i sekvens. Sekvensen övervakas och larm ges vid överskriden spoltid.

5.4.6 Kolbyte

Byte av aktivt kol utförs semiautomatisk. Det innebär i huvudsak att funktioner som kan styras, startas manuellt men övervakas och avslutas med automatik.

5.4.7 Övriga funktioner

Nedan följer några exempel på funktioner som bör ingå, listorna ska kompletteras med relevanta signaler.

Beräknade mätvärden

Absorbansdifferens. Skillnaden mellan absorbansen mellan inkommande och utgående.

Flödesmätare. Volymen beräknas genom summering av volympulser.

Datainsamling

Antal bäddvolymen (GAK)

Energiförbrukning. Totalt dygnsvis (kWh) och i relation till volym rent avloppsvatten (kWh/m³). Utförs enskilt för varje mätpunkt.

Larm

Objektfel

Mätvärde högt / lågt

Låg absorbansdifferens

Lång backspolningstid

Hög turbiditet

5.4.8 Dokumentation

Uppdaterade ritningar, listor, mm. ska överlämnas. Program ska finnas i på USB eller annat lämpligt media.

6 Kontroll, driftsättning, provdrift och besiktning

I detta kapitel beskrivs krav på samt ansvars- och kostnadsfördelning (entreprenör/beställare) för kontroll, provning, driftsättning, intrimning, provdrift, prestandaprov och besiktning. Kontroll och provning avser att testa gränsvärden och säkerställa att garanterade prestandakrav och andra ställda krav på monterad utrustning, armatur och instrument uppfylls. Upplägget kan användas oavsett entreprenadform.

Underrubrikerna nedan kan användas som disposition och under respektive rubrik finns förslag på innehåll (*i kursivt*) samt ett antal lämpliga formuleringar hämtade från upphandlingar av maskinutrustning till avloppsreningsverk. Kraven är inte kompletta utan skall endast fungera som stöd och vägledning.

6.1 Ordlista

Egenkontroll	Entreprenörens egenkontroll.
Provning	Kontroll av objekt och funktioner med media.
Driftsättning	Driftsättning av anläggningen med avloppsvatten. Kontroll av objekt och funktioner som ej kunnat testas tidigare.
Intrimning	Under driftsättningsskedet skall viss maskinell utrustning trimmas in för att nå ställda prestandakrav enligt teknisk beskrivning.
Provdrift och prestandaprov	Efter driftsättning och intrimning drivs anläggningen med de av entreprenören angivna inställningarna från intrimningen, s.k. provdrift. I slutet av provdriften genomförs prestandaprov för att kontrollera att begärda egenskaper i teknisk beskrivning uppfylls.

6.2 Egenkontroll, provning, driftsättning och intrimning

Krav på samt ansvars- och kostnadsfördelning för egenkontroll, provning, driftsättning och intrimning.

6.3 Provdrift och prestandaprov

Krav på samt ansvars- och kostnadsfördelning för provdrift och prestandaprov. Beskrivning av prestandaprovet utförande och konsekvenser för ej godkänt prestandaprov.

Syftet med provdriften är att visa att anläggningen under produktion har de driftegenskaper som den enligt avtalet skall ha vid övertagandet och syftet med

prestandaprov är att avgöra att anläggningen under produktion uppfyller de särskilda krav avseende prestanda och andra egenskaper som anges i avtalet.

Provdrift och prestandaprov genomförs under cirka en månad.

Beställaren ansvarar för och utför provdrift. Entreprenören utför prestandaprov. Beställaren medverkar och för protokoll.¹

Mätning och kontroll av resultat

Prestandaprov avseende den maskinella utrustningen kommer att mätas m.a.p. kapaciteter, energiförbrukning samt övriga krav angivna i den tekniska beskrivningen.

Resultatet från prestandaprovet kan antingen bli:

- Godkänt
- Ej godkänt

Godkänt prestandaprov

Anläggningen anses uppfylla prestandaprovet, om den i kontinuerlig drift visar att de uppmätta värdena är lika med eller bättre än de garanterade värdena.

Ej godkänt prestandaprov

Skulle prestandaprovet ej godkännas skall entreprenören åtgärda de komponenter som ej uppfyller garanterade prestanda. Följande princip kommer att tillämpas:

1. I första hand åtgärdas den enskilda komponenten så att den uppfyller garanterad prestanda.
2. Om inte punkt 1 skulle vara möjlig byts den aktuella komponenten ut.
3. Entreprenören skall genomföra punkt 1 alt punkt 2 före slutbesiktning dock senast inom 1 mån
4. Skulle den aktuella utrustningen ej uppfylla garanterade prestanda har beställaren rätt att byta ut den felande utrustningen på entreprenörens bekostnad.

Punkt 1 t.o.m. 4 bekostas av entreprenören.

Sedan anläggningen åtgärdats, skall ett nytt prestandaprov genomföras. Har ej de garanterade värdena uppfyllts inom 2 månader räknat från den tidpunkt som första prestandaprovet startade, skall prestandakontrollen avslutas och punkt 4 utföras.

Kompletterande prestandaprov bekostas av entreprenören.

¹ Ansvarsfördelning beror på entreprenadform och beställarens kapacitet avseende resurser.

6.4 Besiktning och övertagande

Godkänd egenkontroll, provning, intrimning, provdrift och prestandaprov är en förutsättning för godkänd slutbesiktning. Förutsättning för övertagande är godkänd slutbesiktning.

Bilaga 5
Beviljade statliga bidrag för
läkemedelsrening 2019-2020 – Tabell

Namn	Projekttyp	Teknik	Slutrapporterar
Alingsås	Förstudieprojekt	Obestämt	2021
Borlänge	Förstudieprojekt	Aktiverat kol	2020
Borås	Förstudieprojekt	Obestämt	2020
Falun	Förstudieprojekt	Aktiverat kol	2020
Gotland	Förstudieprojekt	Ozon, Aktiverat kol	2020
Gryaab	Förstudieprojekt	Obestämt	2020
Haninge	Förstudieprojekt	Ozon	2020
Karlstad	Förstudieprojekt	Obestämt	2020
Kristianstad	Investeringsprojekt	Aktiverat kol	2020
Kungsbacka	Förstudieprojekt	Ozon, Aktiverat kol	2020
Lidköping	Investeringsprojekt	Ozon	2021
NSVA (H+)	Investeringsprojekt	Ozon	2020
NSVA (Lundåkra)	Förstudieprojekt	Ozon	2019
NSVA (Öresund)	Förstudieprojekt	Ozon	2019
Ronneby (Bräkne-Hoby)	Investeringsprojekt	Ozon, Aktiverat kol	2021
Ronneby (Rustorp)	Förstudieprojekt	Ozon, Aktiverat kol	2020
Simrishamn (Kivik)	Investeringsprojekt	Aktiverat kol	2020
Simrishamn (St Olof)	Investeringsprojekt	Aktiverat kol	2021
Sorsele	Investeringsprojekt	Obestämt	2022
Sundsvall	Förstudieprojekt	Obestämt	2020
Syvab	Förstudieprojekt	Aktiverat kol	2019
Syvab	Förstudieprojekt	Aktiverat kol	2020
Syvab	Förstudieprojekt	Aktiverat kol	2021
Tierp	Investeringsprojekt	Ozon	2020
Uppsala Vatten och Avfall AB	Förstudieprojekt	Aktiverat kol	2021
VA Syd	Förstudieprojekt	Obestämt	2021
VA Syd (Sjölunda)	Förstudieprojekt	Obestämt	2020
VAKIM (Umeå)	Förstudieprojekt	Ozon, Aktiverat kol	2020
VIVAB	Förstudieprojekt	Ozon, Aktiverat kol	2019
VIVAB	Förstudieprojekt	Ozon, Aktiverat kol	2021
Växjö	Förstudieprojekt	Obestämt	2020
Växjö	Förstudieprojekt	Obestämt	2020
Åre	Förstudieprojekt	Obestämt	2020
Örebro	Förstudieprojekt	Obestämt	2019
Örebro	Förstudieprojekt	Obestämt	2021
Östra Göinge	Investeringsprojekt	Aktiverat kol	2020

Bilaga 6
Beviljade statliga bidrag för
läkemedelsrening 2019-2020 – Karta



Svenskt Vatten

Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 167 14 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 167 51 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se