

Bilaga 4 Beräkningsfall D

Datum 2009-11-12

Uppdrag Idéförslag – utveckling av Käppalaverket
Beställare Käppalaförbundet

Ramboll Sverige AB
Box 17009, Krukmakargatan 21
104 62 Stockholm

T: +46-10-615 60 00
D: +46 (0)10 615 64 66
F: +46-10-615 20 00
www.ramboll.se

Unr 613K0935156

Ramboll Sverige AB
Org nr 556133-0506

1. Översiktlig bedömning och dimensionering av reningssteg för läkemedelsrester för Käppala reningsverk

1.1 Bakgrund

Belastningen på Käppala reningsverk ökar och förväntas öka inom överskådlig framtid. En idéskiss till utformning av ett utvecklat Käppala reningsverk skall tas fram. Föreliggande del är underlag till processutformningen av läkemedelsreningen i Rambolls övergripande förslag.

1.2 Material och metoder

Dimensioneringen av läkemedelssteget är baserat på framtida Q_{dim} och Q_{max} för 900 000 pe.

Beräkningsfallet som används nedan är för 700 000 pe med Q_{dim} , 9 000 m³/h och Q_{max} 21 600 m³/h.

Beräkningsfallet som används nedan är för 900 000 pe med Q_{dim} , 11 500 m³/h och Q_{max} 32 400 m³/h.

1.3 Processval

Valet av reningsteknik för rening av läkemedelsrester står mellan ozonering och aktivt kol. Förbrukningen av aktivt kol är dock så stor att, även med regenerering på plats, bedöms kostnaden bli för stor. Nackdelen för ozonering är risken för bildning av biprodukter.

Bilaga 4

Idéförslag – utveckling av Käppalaverket

Unr 613K0935156

Genom att driva reningen vid en låg ozondos, företrädesvis vid 5 g O₃/m³, kan ozonering vara ett bra alternativ. Desinfektion av avloppsvatten erhålls "på köpet" med ozoneringen. Därför rekommenderas ozonering som huvudalternativ för Käpplas nya reningssteg för läkemedelsrester.

1.4 Anläggningsutformning – Maskin

Ozoneringsanläggningens storlek för Käppala kräver att syrgas anrikas på plats ur omgivningsluften. En eller flera syrekoncentratorer behövs för det. Hjärtat i ozon-anläggningen är en eller flera ozongenerator där ozon bildas vid elektriska urladdningar i syrgasen. Den ozoninnehållande syrgasen tillförs vattnet via injektorer eller dysor. Den största anläggningsdelen är kontaktbassängen, som i Käppalas fall föreslås ligga under det befintliga filtersteget. En destruktionsenhet för restozon i kontaktbassängens frånluft måste också installeras. Maskinkomponenterna placeras förslagsvis i en ny del av bergrum, i två olika plan. Ytbehovet är ca 80 kvm per plan. Se ritningsnummer N40-01-Da.

Ozoneringsteknik

Ozon produceras på plats i reningsverket genom elektriska urladdningar i en syrerik gasström, >95% O₂. Urladdningarna sker i en ozongenerator. Den ozoninnehållande syrgasen tillförs vatten via injektorer eller dysor. Reaktionerna med organiska ämnen sker i den efterföljande kontaktbassängen, en ordentlig uppehållstid är bra för reduktionen av restozon och efterreaktioner.

Avgörande för ozoneringen är den tillförda ozondosen. Processparametrar som temperatur, pH och ozonandel har en mindre betydelse. Uppehållstiden är dock viktig att försöka hålla på minst tio minuter, gärna 25 minuter så att ozonet förbrukas och reaktionerna ges tid att ske. Vi har dimensionerat för 25 minuters uppehållstid vid Q_{dim}.

I de försök som genomförts på Stockholm Vatten har en kompromiss mellan reningsgrad och minimal påverkan på ekotoxikologiska tester gjorts. Ozondosen bör ligga runt 5 gO₃/m³ och inte högre än 10 gO₃/m³. Ett trycksatt vattensystem är gynnsamt för reduktionen och 0,5-1 bars övertryck rekommenderas, vilket erhålls vid föreslagen utformning.

En optimering och uppföljning på plats, även med utvalda ekotoxikologiska tester i Käppala rekommenderas när ozoneringen skall trimmas in. Allt för att få så god rening som möjligt, utan att påverka vattenlevande organismer. Kunskapen är under uppbyggnad kring det ozonerade vattnets egenskaper. De ekotoxikologiska testerna, såsom rödalgen *Ceramium* och kräftdjuret *Nitocra*, bedömer vi utgöra den bästa uppföljningen vi har idag. En positiv effekt av ozoneringen är en effektiv desinfektion av avloppsvattnet.

1.5 Reningsgrader

Vid ozonering bryts de olika läkemedelsresterna ned olika mycket. Omfattande studier har bedrivits på Stockholm Vatten. En god indikation är de reduktionsgrader som redovisats offentligt på VA-mässan i september 2009. I studien, som lät analysera 95 olika läkemedelssubstanser från olika ATC koder, detekterades 46 ämnen i utgående vatten från Henriksdals reningsverk, se Tabell 2. Med de utvalda 46 ämnena utvärderades avskiljningen med olika reningsmetoder.

Tabell 2 Detekterade läkemedelsrester i utgående vatten från Henriksdals reningsverk.

Alimentary tract and metabolism	A10BB01	Glibenclamide	Dermatologicals	D11AX18	Diclofenac	Nervous system	N02BE01	Acetaminophen	
	A01AB17	Metronidazole		D10AF02	Erythromycin		N03AF01	Carbamazepine	
	A02BA02	Ranitidine	Genito-urinary system and sex hormones	G02CB01	Bromocriptine		N06AB04	Citalopram	
Blood	B01AA03	Warfarin		G02CC02	Naproxen		N05AH02	Clozapine	
	C03DB01	Amiloride	Antifungals	J01FA10	Azithromycin		N02AA08	Codeine	
Cardiovascular system	C08CA01	Amlodipine		J01DC02	Cefuroxime		N06AB03	Fluoxetine	
	C07AB03	Atenolol		J01MA02	Ciprofloxacin		N06AX11	Mirtazapine	
	C10AA05	Atorvastatin		J01MA01	Ofloxacin		N05BA04	Oxazepam	
	C08CA02	Felodipine		Antineoplastic and immunomodulating agents	J01EC01		Sulfamethoxazole	N02AC04	Propoxyphene
	C10AA04	Fluvastatin			J01EA01		Trimethoprim	N06AB06	Sertraline
	C03CA01	Furosemide		Musculo-skeletal system	Anti parasitic drug	L01AA01	Cyclophosphamide	N02AX02	Tramadol
	C10AB04	Gemfibrozil				Respiratory system	M01AE03	Ketoprofen	N05CF01
	C03AA03	Hydrochlorothiazide		Respiratory system	R06AE07		Cetirizine	□	
	C01EB16	Ibuprofen			R06AX27	Desloratadine			
	C01DA14	Isosorbide Mononitrate	R03AC02	Salbutamol					
C09AA03	Loratadine	R03AC03	Terbutaline						
C09CA01	Losartan								
C07AB02	Metoprolol								
C07AA05	Propranolol								
C09AA05	Ramipril								
C10AA01	Simvastatin								

Tabell 3 Avskiljning av läkemedelsrester med ozonering 5 respektive 15 g O₃/m³ jämfört med den bästa biologiska metoden (Membranbioreaktor, MBR L2) längst till vänster.

32 L2	10 Ozon 5 g/m ³	2 Ozon 15 g/m ³	
Klozapin	Ketoprofen	Desloratadin	
Propoxifen	Diklofenak	Propoxifen	
Cefuroxim	Isosorbidmononitrat		
Cetirizin	Cyklofosfamid		
Tramadol	Oxazepam		
Citalopram	Metronidazol		
Zopiklon	Citalopram		
Glibenklamid	Propoxifen		
Oxazepam	Metoprolol		
Hydroklortiazid	Hydroklortiazid		
Fluoxetin			
Cyklofosfamid			
Diklofenak			
Terbutalin			
Isosorbidmononitrat			
Sulfametoxazol			
Metoprolol			
Metronidazol			
Sertralin			
Amilorid			
Oflouxacin			
Ciprofloxacina			
Salbutamol			
Ranitidin			
Furosemid			
Trimetoprim			
Losartan			
Atenolol			
Warfarin			< 50%
Erytromycin			< 80%
Naproxen			< 95%
Ketoprofen			< 99,5%

Färgkoderna i tabell 3 säger att rött betyder < 50 % avskiljning, gult mellan 50 och 80 %, grönt mellan 80 och 95 % samt blått mellan 95 och 99,5 % avskiljning av läkemedelsresterna över den kompletterande reningen.

Tabell 3 visar att ketoprofen, diklofenac och isosorbidmononitrat bryts ned mindre än 50 % vid 5 g O₃/m³. Genom att något höja dosen, till max 10 g O₃/m³, förbättras avskiljningen. Mer data kommer att finnas tillgängligt i december 2009. Vid 15 g O₃/m³ har alla läkemedelsrester avlägsnats mer än 95 %, då säger däremot de ekotoxikologiska testerna ifrån att ozondosen är för hög. Detta beror på att det vid denna höga dos bildas toxiska organiska nedbrytningsprodukter av ozonet.

1.6 Dimensioneringsförutsättningar och driftkostnader

Tabell 4 Resursförbrukning för 700 000 pe

Beräkningsfall 700 000 pe, Qdim, 9 000 m ³ /h och Qmax 21 600 m ³ /h					
		Qdim	Qmax		
Energiförbrukning -	0,15 kWh/m ³	1350	3240	kWh/h	
Ozondos, normal	5 gO ₃ /m ³	45	108	kgO ₃ /h	
Ozondos, max	10 gO ₃ /m ³	90	216	kgO ₃ /h	

Tabell 5 Resursförbrukning för 900 000 pe.

Beräkningsfall 900 000 pe, Qdim, 11 500 m ³ /h och Qmax 32 400 m ³ /h					
		Qdim	Qmax		
Energiförbrukning -	0,15 kWh/m ³	1725	4860	kWh/h	
Ozondos, normal	5 gO ₃ /m ³	57,5	162	kgO ₃ /h	
Ozondos, max	10 gO ₃ /m ³	115	324	kgO ₃ /h	

Energiförbrukningen i tabell 4 och 5 består i huvudsak av elektrisk energi och kylvatten till ozongeneratoren.

1.7 Diskussion och slutsatser

Reduktionen av läkemedelsrester i utgående vatten från Käppala reningsverk rekommenderas ske med ozonering vid en dos av 5 g O₃/m³, med en uppehållstid av 25 minuter och vid ett över tryck av 1 bar. Driftkostnaden bedöms till ca 0,15 kr/m³.

Intrimning och uppföljning av processen skall göras, dels med kemiska analyser, dels med ekotoxikologiska tester. Det senare för att applikationen är så pass ny och behöver trimmas in och dokumenteras.

1.8 Anläggningsdata ozonkontaktbassäng

Ozonbassängen, som är ny, är uppdelad i två zoner. En första dödzon och en andra kontaktbassäng. Dödزونen har dimensionerats för 5 minuters uppehållstid. Ozonkontaktbassängen har dimensionerats för en uppehållstid av 25 minuter.

Vattnet från utloppskanalen efter filtren leds till en ny bassäng under kanalen, en så kallad dödzon. Dennas funktion är att inte ozon ska kunna nå uppåt till filterbotten. Denna dödzon avslutas med en mellanvägg i överkant för att få funktionen av en säkerhetsbarriär/vattenlås. Efter mellanväggen doseras ozon. Ozonkontaktbassängen avslutas med att vattnet leds in till utloppspumpstationen.

Total längd för ozonbassängen är gemensam för både 700 000 pe och 900 000 pe. För 700 000 pe har ozonkontakten ett tvärsnitt på 21 m² (4,6x4,6 meter). För 900 000 pe har ozonkontakten ett tvärsnitt på 27 m² (5,2x5,2 meter).

Tabell 6 Volym för läkemedelsreningen.

		700 000 pe	900 000 pe
Dödzon	m3	735	945
Ozonkontaktbassäng	m3	3675	4725
Totalvolym läkemedelsrening	m3	4410	5670

1.9 Referenser och mer att läsa

Björlenius "Läkemedel- förekomst i vattenmiljön, förebyggande åtgärder och möjliga reningsmetoder", Dokumentation från VA-mässan 2009

Björlenius et al " En jämförelse av olika reningsmetoder för avskiljning av läkemedelsrester – Resultat från Stockholm Vattens projekt", Dokumentation från Nordiwa 2009

Naturvårdsverket, rapport 5794, "Avloppsreningsverkens förmåga att ta hand om läkemedelsrester och andra farliga ämnen", februari 2008.