LUNDS FRAMTIDA AVLOPPSRENINGSVERK 2050

UTREDNING

2020-04-06

LUNDS FRAMTIDA AVLOPPSRENINGSVERK 2050

Utredning

KUND

VA SYD

KONSULT

WSP Process
Box 714
WSP Sverige AB
251 07 Helsingborg
Besök: Bredgatan 7
Tel: +46 10 7225000

wsp.com

KONTAKTPERSONER

Ulf Nyberg VASYD
Pascal Karlsson WSP

UPPDRAGSNAMN
Lunds framtida
Avloppsreningsverk 2050
Utredning

UPPDRAGSNUMMER
10296901

FÖRFATTARE
Laura Pacoste, Yingdi Chen,
Albulena Husaj, Pascal Karlsson

DATUM
2020-04-06

ÄNDRINGSDATUM
2020-04-06

Granskad av
Linda Källfelt, Franziska Grafe

Godkänd av
Pascal Karlsson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING 4

1 INLEDNING 5

1.1 SCENARIOBESKRIVNING 5

1.2 AVGRÄNSNINGAR 5

2 NULÄGE OCH FÖRUTSÄTTNINGAR 6

2.1 FÖRUTSÄTTNINGAR 6

2.2 BESKRIVNING KÄLLBY AVLOPPSRENINGSVERK 6

2.3 PROGNOSTISERAD BELASTNING 7

2.4 UTSLÄPPSKRAV 8

2.5 RENING AV LÄKEMEDELSRESTER 9

2.6 KLIMATNEUTRALITET OCH ENERGIPOSITIVITET 10

3 PROCESSUTREDNING OCH DIMENSIONERING 14

3.1 ARBETSPROCESS 14

3.2 VAL AV RENINGSPROCESS 14

3.3 UTFORMNING AV PROCESSDELARNA 17

3.4 UTVÄNDIG UTFORMNING 22

3.5 UPPSKATTAT YTBEHOV 22

4 KOSTNADSBERÄKNING 25

4.1 INVESTERINGSKOSTNAD 25

4.2 ÅRLIGA KOSTNADER 26

5 SLUTSATSER 27

6 REFERENSER 28

7 BILAGEFÖRTECKNING 30

7.1 BILAGA 1. UTJÄMNINGSMAGASIN FÖR HÖGFLÖDEN. 30

7.2 BILAGA 2. FÖRUTSÄTTNINGAR KOSTNADSKALKYL 30

SAMMANFATTNING

VA SYD arbetar med ett beslutsunderlag för att ta ett strategiskt beslut 2022 om vägval för Lunds framtida avloppsvattenrening. WSP har utrett scenariot att bygga om Källby ARV med ny beprövad teknik för att klara utsläppskrav och belastningar år 2050. Arbetet bygger på tidigare utförd utredning av WSP (2015), där process och kostnadsbedömning har uppdaterats efter aktuella belastningsprognoser och prisbilder.

Processutformningen från föregående utredning har kompletterats med granskning utifrån energiförbrukning och klimatpåverkan, samt möjligheten att uppfylla framtida utsläppskrav. Processen uppdaterades med en ny typ av förfiltrering (roterande bandfilter) och ett steg för läkemedelsrening. För läkemedelsrening valdes teknikkombinationen med ozonering (O3) följt av efterpolering med granulerat aktivt kol (GAK)-filter. Ozonering i kombination med GAK-filter resulterar generellt i en högre avskiljningsgrad av läkemedelsrester, jämfört med endast GAK-filter. Denna process bedömdes därför vara tillräcklig för att uppfylla hårda framtida utsläppskrav. Processen uppdaterades även med ett utjämningsmagasin vid högflöden (>2*Qdim) för att undvika bräddning förbi det biologiska reningssteget.

Det totala ytbehovet för en utbyggnad av Källby ARV har uppskattats till omkring 45 000 m^2, där totalt 28 250 m^2 täcks över för att minska skyddsavståndet. Den totala investeringskostnaden uppskattades till ca 1 800 MSEK. Investeringskostnaden har baserats på att samtliga anläggningsdelar byggs nya, med undantag för befintliga rötningskammare som behålls. Även rivning/avverkning av befintliga anläggningsdelar har inkluderats. Samtliga kostnader är beräknade efter kostnadsbilden 2020.

1 INLEDNING

VA SYD arbetar med ett beslutsunderlag för att ta ett strategiskt beslut 2022 om vägval för Lunds framtida avloppsvattenrening. Ett scenario är att Källby avloppsreningsverk (ARV) ligger kvar i Lund, men byggs om med ny beprövad och yteffektiv teknik för att klara framtida belastning och skärpta utsläppskrav.

WSP har tidigare utrett denna frågeställning i en rapport från 2015, som även inkluderade investeringsbehovet för upprustning av Källby ARV [1]. WSP har nu anlitats för att se över processförslag och uppdatera kostnadsberäkningen från föregående utredning. Tidshorisonten för utredningen är satt till 2050. I denna utredning kompletteras reningsprocessen med ett processteg för rening av läkemedelsrester. Utredningen utgår även ifrån att verket täcks över för att minska skyddsavståndet. Dessa faktorer betraktades endast som riskscenarier i föregående utredning.

1.1 SCENARIOBESKRIVNING

Scenariot syftar till att studera en utbyggnad av Källby ARV, för att klara framtida belastningar och skärpa utsläppskrav år 2050. I detta scenario täcks verket över i syfte att minska skyddsavståndet. Övertäckning möjliggör att bostads- och verksamhetsområden kan byggas närmare anläggningen. Området i närheten kan då även användas för rekreation eller annan verksamhet.

Detta scenario syftar även till att studera hur verket kan göras mer energi- och resurseffektivt, för att uppnå framtida målsättning och energipositivitet och klimatneutralitet.

1.2 AVGRÄNSNINGAR

Denna rapport ska inte fungera som ett projekteringsunderlag. Syftet med utredningen är att fungera som ett underlag för att bedöma vilka markarealer det framtida utbyggda avloppsverket kommer att kräva, med den processkonfiguration som har valts, samt vilka kostnader det medför. Inför en projektering måste noggrannare utredningar och beräkningar utföras.

Avgränsningen för ytbehovet har gjorts vid inloppen av reningsverket. Därför ingår inte dimensionering av inkommande ledningar i denna utredning.

I den föregående utredning av WSP [1] har hänsyn tagits till byggnadens estetik. Detta beaktas inte i denna utredning. Utredningen omfattar inte heller återvinning av näringsämnen.

Utredningen ska inte hantera utformning eller kostnader av en ny personalbyggnad. Denna ingår inte i dimensionering eller investeringskostnader.

Årliga kostnader (avskrivnings- respektive driftkostnader) tas fram i separat utredning och hanteras därför inte i denna utredning.

2 NULÄGE OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

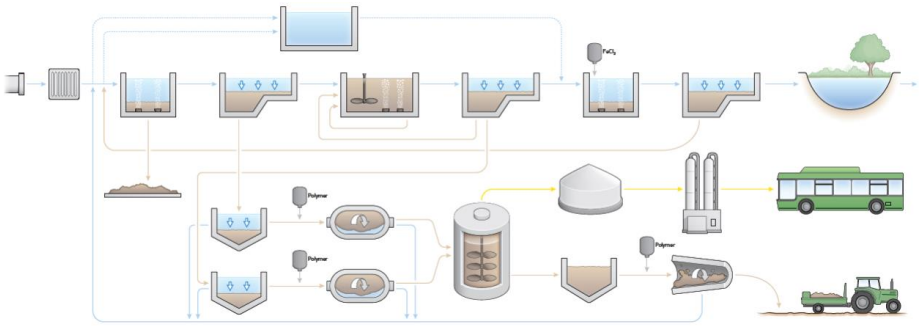
2.1 FÖRUTSÄTTNINGAR

Föreslagen process baseras på processval från tidigare utredning utförd av WSP 2015 [1], men har anpassats efter nya gällande förutsättningar. Följande förutsättningar har legat till grund för den aktuella utredningen:

- Samtliga processdelar ska vara dimensionerade för att klara prognostiserad belastning och förväntade utsläppskrav 2050.
- Processen anpassas, i så hög grad som möjligt, för att nå framtida mål gällande energipositivitet och klimatneutralitet.
- Rening av läkemedelsrester ska behandlas som ett framtida krav, till skillnad från föregående utredning där detta behandlades som en risk.
- För att hantera framtida utsläppskrav får inget vatten förbiledas reningsprocessen. Ett utjämningsmagasin ska inkluderas för att utjämna inkommande vatten vid högflöden.
- Samtliga delar för vatten- och slamavvattning byggs nytt, undantaget befintliga rötkammare som rustas upp.
- Kostnaden för att rusta upp befintliga rötkammare har behandlats i investeringskalkylen som 50% av nyinvesteringspriset för betongkonstruktion, samt 100% nyinvestering för maskinutrustning. Kapacitetsökning av rötkamrarna sker genom tillbyggnad av ytterligare rötkammare, som inkluderas i kostnadsberäkningen.
- Personalbyggnaden rustas upp, men den kostnaden hanteras inte i denna utredning.
- Byggnadsarbetet påbörjas efter inriktningsbeslut och samtliga delar är dimensionerade för att klara belastningen 2050.
- Anläggningen ska täckas över för att minimera skyddsavstånd med hänsyn till lukt.

2.2 BESKRIVNING KÄLLBY AVLOPPSRENINGSVERK

Källby består idag av förbehandling, mekanisk rening, biologisk rening, kemisk rening och en viss efterpolering i dammarna, samt en slambehandling bestående av förtjockning, rötning och avvattning enligt processchemat. Ett processchema över Källby ARV, som redovisad i miljörapport för Källby 2018 [2], visas i Figur 1.



Figur 1. Processchema över Källby ARV **[2]**.

Sedan föregående utredning från WSP [1] har flera förändringar genomförts på Källby ARV:

- Blåsmaskinerna som förser biosteg 3 och 4 med luft har bytts ut under 2018.
- Modernisering av slambehandlingsanläggningen för att höja kapaciteten på rötningsprocessen genom termofil-mesofil rötning (påbörjades under 2016 och avslutades 2019). Om termofil rötning används i båda rötkamrarna uppskattas processen klara slambelastningen till 2032.

2.3 PROGNOSTISERAD BELASTNING

Lunds befolkning förväntas växa kontinuerligt under den prognostiserade perioden 2017 - 2050, inledningsvis med 1.7%, för att sedan ligga på 1.3% i snitt per år.

Prognostiserat flöde och belastning baseras på befolkningsprognosen för Lunds kommun. År 2050 beräknas antalet invånare till 186 825 personer. Av dessa bedöms 11 500 personer inte vara anslutna till det kommunala reningsverket och 6 000 personer vara anslutna till Södra Sandby ARV. Således uppskattas 169 325 personer beräknas vara anslutna till Källby ARV. En säkerhetsmarginal på 10% används i befolkningsprognosen för att ta hänsyn till eventuellt tillkommande industrier. Detta ger även en viss reservkapacitet. Flödet beräknas således utifrån en kapacitet på 186 258 anslutna personer, vilket i denna utredning likställs med PE.

Årsmedelflödet till verket år 2017 (dagens flöde) har beräknats från en specifik tillrinning på 302 l/p,d. Detta innefattar både spillvattentillrinning och tillskottsvatten. År 2017 angavs 107 334 personer vara anslutna till verket.

Det framtida flödet beräknas utifrån en specifik tillrinning på 200 l/p,d, vilket innefattar både spillvattentillrinning och tillskottsvatten. Den specifika tillrinningen bedöms vara något lägre än dagsläget till följd av nya tätare ledningar samt lägre vattenförbrukning i hemmen.

Med specifik tillrinning 200 l/p,d och en fördelning av vattenförbrukningen över 20 h beräknas det tillkommande flödet till 789 m^3/h. Motsvarande medelflöde för verket 2017 beräknades till 1 600 m^3/h. Tillsammans med det tillkommande flödet erhålls ett dimensionerande flöde Q_{dim} = 2 400 m^3/h för Källby ARV 2050. För dimensionering av biosteget ($Q_{bio,max}$) samt förbehandling och förfällning (Q_{max}) antas följande:

- $Q_{bio,max} = 2*Q_{dim}$
- $Q_{max} = 4*Q_{dim}$

Flöden> $Q_{bio,max}$ samlas i ett utjämningsmagasin för att successivt renas vid lägre flöden. Inget vatten breddas, detta för att nå framtida utsläppskrav i det utgående vattnet från verket. Dimensionerande flöden för Källby ARV i dagsläget samt för 2050 listas i Tabell 1.

Tabell 1. Dimensionerande flöden (m^3/h) för Källby idag och 2050.

	Q_{dim}	$Q_{bio,max}$	Q_{max}
	m^3/h		
Idag[1]	1 600	3 200	6 500
2050	2 400	4 800	9 600

1) Beräknat årsmedelflöde från Källby ARV Miljörapport 2014 – 2018

Enligt överenskommelse med VA SYD beräknades inkommande belastningar 2050 från följande specifika belastningar:

BOD_7: 65,3 g/p,d,

SS = 60,5 g/p,d

P-tot: 1,5 g/p,d

N-tot: 13,1 g/p,d

$N\text{-}NH_4$: 9 g/p,d

Dimensionerande belastningar för Källby ARV i dagsläget samt prognostiserad belastning 2050 listas i Tabell 2.

Tabell 2. Dagens samt prognostiserad belastning (kg/dygn) för Källby ARV 2050.

	BOD_7	P-tot	N-tot
	kg/dygn		
Idag[1]	6 653	206	1 497
2050	12 053	311	2 460

1) Beräknat årsmedelbelastningar från Källby ARV Miljörapport 2014 – 2018

2.4 UTSLÄPPSKRAV

Riktvärden på utgående vatten antas vara följande för 2050:

BOD7: 6 mg/l

P-tot: 0.15 mg/l

N-tot: 6 mg/l

N-NH4: 2 mg/l

Inga utsläppskrav för läkemedelsrester har specificerats. Ingående halter av läkemedelsrester brukar förekomma i betydligt lägre koncentrationer (ng/L - µg/L) än ovan listade föroreningar. En avskiljning av läkemedelsrester på >80% bedöms vara en bra reningsgrad för de avancerade reningstekniker som finns tillgängliga [3]. Därför antas denna reningsgrad vara önskvärd för utformning av processteget för rening av läkemedelsrester.

2.5 RENING AV LÄKEMEDELSRESTER

Majoriteten av läkemedelsrester når de svenska avloppsreningsverken via urin och avföring från brukarna. Avloppsreningsverken har dock begränsad kapacitet att rena läkemedelsresterna med konventionella reningstekniker. En stor del hamnar därmed i vattendragen, där de kan ge allvarliga miljökonsekvenser vid för höga nivåer. I föregående utredning [1] har skärpta krav för utsläpp av läkemedelsrester endast betraktats som en risk. Detta bedöms dock bli aktuellt inom tidshorisonten 2050, sett till den utveckling som sker i Europa och Sverige.

På senare tid har mikroföroreningar, så som läkemedelsrester och mikroplaster, uppmärksammats som ett miljöproblem. Som en konsekvens av detta har frågan om avancerad rening av läkemedelsrester ur avloppsvatten fått högre prioritet. Året 2018 utlyste regeringen om bidrag på sammanlagt 90 miljoner kronor till kommuners förstudier och investeringar i ny teknik för avskiljning av läkemedelsrester i avloppsvatten. Bidragen delas ut till kommuner eller kommunalförbund för att investera i ny teknik och förstudier [4].

I dagsläget finns inga nationella riktlinjer gällande utsläpp av läkemedelsrester från avloppsreningsverk. Däremot förväntas ytterligare reglering för behandling av mikroföroreningar träda i kraft genom EU:s vattendirektiv (2000/60/EG), som är införlivad i den svenska lagstiftningen för vatten. EU kommissionen listar 33 prioriterade substanser som ska ligga till grund för bedömningen av den kemiska statusen i vattendrag, sjöar och kustvatten (2008/105/EG). En ytterligare ”övervakningslista” har även skapats för att belysa ytterligare substanser som kan ha skadliga effekter på miljön. Övervakningslistan uppdaterades senast 2018, och inkluderar nu åtta substanser eller grupper av substanser, bland dessa två hormoner samt tre olika typer av antibiotika [5]. I mars 2019 antog EU en ny strategisk approach för läkemedel i miljön. I denna ingår bland annat att överväga tillägg av ytterligare relevanta läkemedel, så som cytotoxiska läkemedel och kontrastmedel, i arbetet som stödjer översynen av vattendirektivens övervakningslista [6].

Diklofenak, östradiol och etinylöstradiol är även inkluderade i Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten [7]. Därmed finns bedömningsgrunder tillgängliga för dessa tre substanser. Vid utsläpp av höga koncentrationer av någon av dessa substanser bör bedömningsgrunderna användas för att utvärdera om en av substanserna är närvarande i sådan hög koncentration att den riskerar att försämra den ekologiska och/eller kemiska statusen i recipienten [8]. Miljökvalitetsnormerna är inte att betrakta som gränsvärden, utan utgör en miniminivå som måste beaktas vid tillståndsprövning och tillsyn. Avvikelse från en miljökvalitetsnorm kan i förlängningen leda till att tillstånd omprövas för en särskild verksamhet [9].

En parallell diskussion handlar även om vad som händer med läkemedelsresterna i slammet. Läkemedelsrester har uppmätts i orötat slam men efter rötning och avvattning via separeringsprocesser minskar mängden läkemedelsrester betydligt. [10] De kvarvarade mängderna läkemedelsrester kan spridas till jordbruksslam via slammet. Hur stora mängder som faktiskt sprids på detta vis är i dagsläget oklart liksom hur stor del som ackumuleras i grödorna. [11]

2.6 KLIMATNEUTRALITET OCH ENERGIPOSITIVITET

2.6.1 Klimatneutralitet

Enligt FN:s klimatpanel IPCC är avloppsrening en källa till utsläpp av växthusgaser. Metan- och lustgasemissioner (CH_4, N_2O) avges direkt under reningsprocesserna och koldioxid (CO_2) släpps ut indirekt genom hög kemikalie- och energiförbrukning.

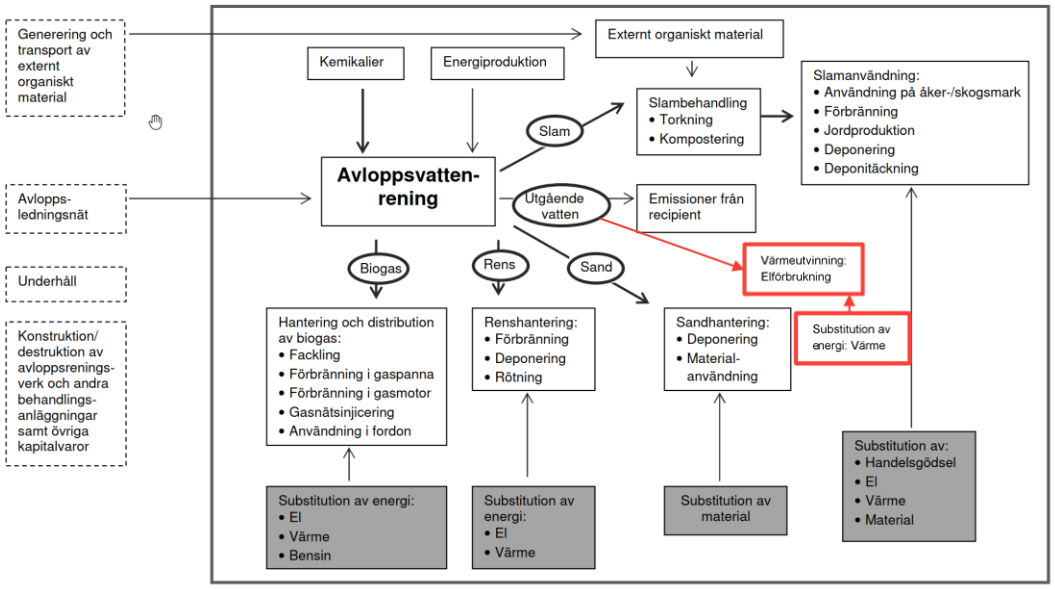
Klimatpåverkan från ett ARV kan definieras som den totala mängden direkta och indirekta växthusgasutsläpp inom en bestämd systemgräns. Påverkan kan beskrivas av CO_2-ekvivalenter (CO_{2e}). Detta innebär att emissioner som bidrar till växthuseffekten räknas om till CO_{2e} med hjälp av Global Warming Potentials (GWPs) med olika tidshorisonter.

Begreppet klimatneutral betyder att verksamheten inte producerar något nettotillskott av växthusgaser. Detta ska uppnås genom att reducera verksamhetens egna klimatpåverkan så mycket som möjligt och använda kompensation för att neutralisera återstående utsläpp.

Klimatpåverkan av Källby ARV beräknas för att förstå vilka processer som har störst påverkan på utsläppen, samt för att föreslå framtida förbättringsåtgärder för att uppnå klimatneutralitet. Beräkningarna utförs med hjälp av ett beräkningsverktyg som Svenskt Vatten har tagit fram i Forskningsprogrammet VA-teknik Södra [12].

Systemgräns

I Figur 2 visas gränsen vid beräkning av klimatpåverkan. Beräkningsverktyget tar hänsyn till emissioner från energiproduktion, kemikalieproduktion, avloppsvattenrening, slamhantering, rens- och sandhantering, biogasanvändning och recipientemissioner. En justering i beräkningsverktygets gräns har även utförts, där emissioner relaterade till värmeutvinning från utgående avloppsvatten tas med i analysen.



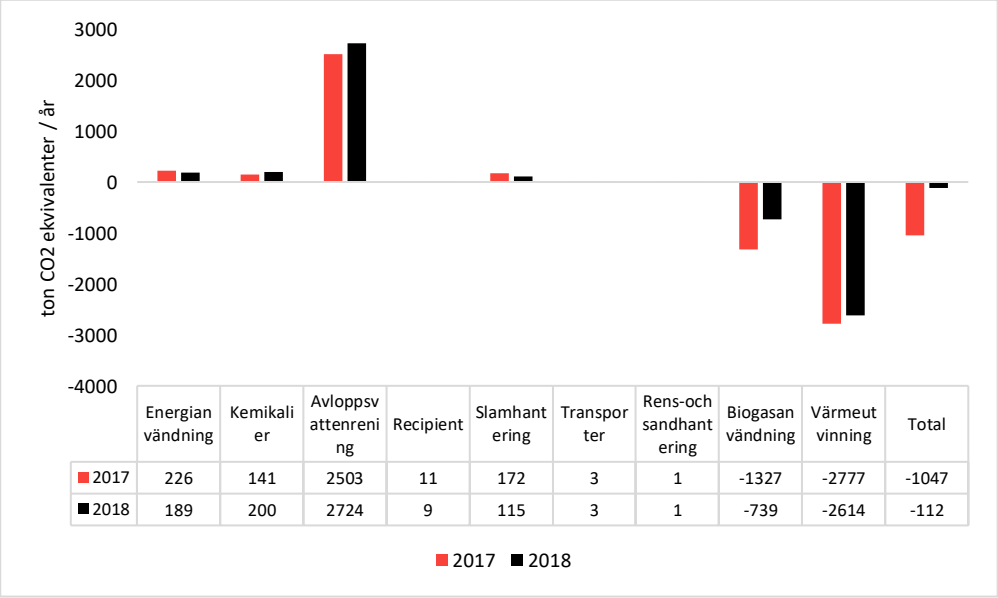
Figur 2. Systemgräns för beräkningsverktyg för klimatpåverkan

Resultat

Klimatpåverkan beräknas genom årliga värden i miljörapporterna för Källby ARV. Om ingen mätning har gjorts har antagna genomsnittsvärden använts istället. Resultat beskrivs som CO_{2e}-emissioner och delas upp i 9 kategorier (se tabell nedan). Observera att positiva CO_{2e}-emissioner innebär utsläpp av växthusgaser till atmosfären, vilket leder till negativ klimatpåverkan.

Tabell 3. Beskrivning av processer på Källby ARV som är inräknade i respektive stapelkategorier

Stapelkategori	Inräknad process
Energianvändning	Inköpt el Inköpt värme
Kemikalier	Kemikalieproduktion (anläggning)
Avloppsvattenrening	Direkta emissioner från vattenfas
Recipient	Emissioner sötvatten
Slamhantering	Avvattning Slamlagring Emission från åkermark
Transporter	Kemikalier Sand Rens
Rens- och sandhantering	Förbränning och ersatt material
Biogasanvändning	Läckage från uppgradering Läckage från rötning Substitution av bensin i fordon
Värmeutvinning	Utgående vatten



Figur 3. Klimatpåverkan av Källby ARV år 2017 och 2018

Den största faktorn till ökad klimatpåverkan är emissioner från avloppsreningsprocessen. Biogasproduktionen och värmeutvinning är de största faktorerna som påverkar balansen åt motsatt håll. Även om den totala CO_{2e}-emission är negativ, bör man komma ihåg att VA SYD använder el märkt med Bra Miljöval som baserats på förnybara energikällor, vilket anses ha noll klimatpåverkan i beräkningsverktyget.

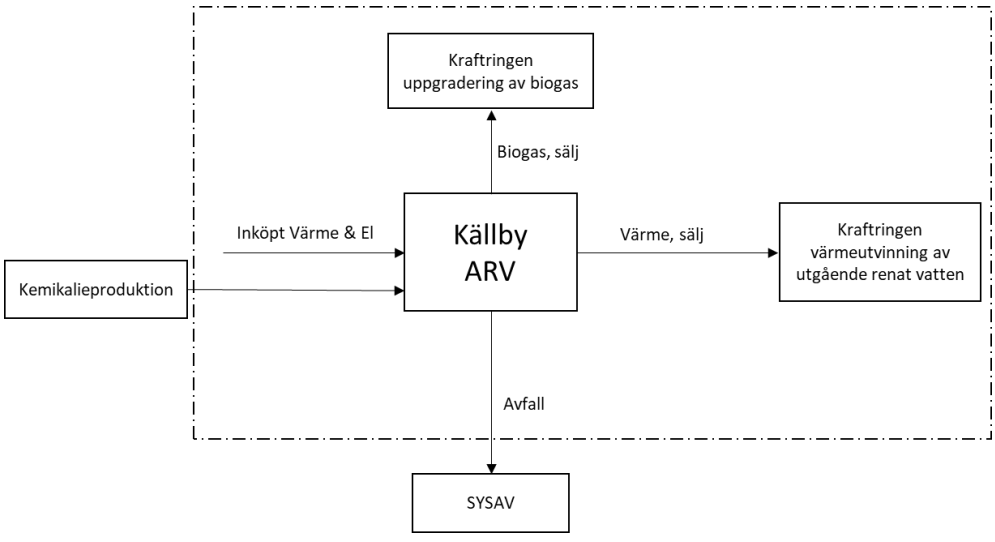
Klimatpåverkan är endast en av många typer av miljöpåverkan (så som bidrag till övergödning och ekotoxicitet) som är relevanta att ta hänsyn till i förhållande till avloppsvattenrening [13]. En minskning av andra typer av miljöpåverkan kan ibland ske på bekostnad av en ökad klimatpåverkan. Flera olika alternativa tekniker (MBR, kolfilter, ozon, samt UV-ljus) används för reduktion av ekotoxiska ämne (tungmetaller och organiska föroreningar) i utgående vatten. Nyttan med de olika teknikerna kan ställas mot den ökade miljöpåverkan i form av energi- och kemikalieanvändning.

2.6.2 Energipositivitet

Energipositivitet enligt Global Reporting Initiative (GRI)[1)] definieras efter såld egenproducerad energi som överstiger konsumerad energi (förbrukning + förluster). Energibalanser har beräknats för Källby ARV år 2017 och 2018. Systemgränsen inkluderar de industriella symbioser som reningsverket deltar i, såsom uppgradering till fordonsgas och värmeutvinning från utgående avloppsvatten.

Systemgräns

I Figur 4 illustreras gränsen vid beräkning av energibalansen. Industriella symbioser kopplade till SYSAV ansågs ha en liten påverkan i förhållande till helheten. Kemikalieproduktion har inte tagits med i beräkningen då det inte anses vara en direkt industriell symbios.



Figur 4. Systemgräns för beräkning av energibalansen

Energibalanser

Energi förekommer i olika former som kinetisk, elektrisk eller kemisk. Definitionen av energikvalitet, även kallad *exergi*, kopplas till hur bra energiformerna är på att utföra arbete genom att omvandlas till en annan

[1] GRI är en internationell redovisningsstandard för hallbarhetsstyrning. Den används av företag världen över och är den mest etablerade redovisningsstandarden för hållbarhet.

energiform. Förhållandet mellan energi och exergi kan uttryckas med en exergifaktor [14]. Såld biogas kategoriseras som högvärdig energi med en exergifaktor som ligger på 100%. Fjärrvärme är medelvärdig med en exergifaktor på 30%.

Källby ARV:s övergripande energibalans från respektive miljörapport år 2017 och 2018 är sammanställd i tabell nedan.

Tabell 4. Energibalanser av Källby ARV år 2017 och 2018

		2017		2018	
		Energi (MWh)	**Exergi (MWh)**	**Energi (MWh)**	**Exergi (MWh)**
Förbrukning	Elförbrukning anläggning	4510	4510	5007	5007
	Värmeförbrukning	2550	765	2132	640
	Elförbrukning uppgradering*	355	355	190	190
	Elförbrukning värmepumpar**	8860	8860	8350	8350
Förluster	Fackling	265	265	108	108
Produktion	Fordonsgas	7390	7390	3900	3900
	Fjärrvärme utgående spillvatten	31 300	9390	29 500	8850
Energibalans = Produktion - Förbrukning - Förluster		22 150	2025	17 612	-1545
Energiproduktion = Produktion/ (Förbrukning + Förluster)		234%	114%	212%	89%

* 0.3 kWh/Nm^3 uppgraderad biogas (Svenskt Gastekniskt Center)
** 2018 data beräknad med 2017 data från EnviDan [15]

Energibalansen med avseende på exergi är positiv under 2017 (114%) men negativ under 2018 (89%). Detta beror troligen till stor del på att luftningen till biosteget ökat till följd av årets renovering av rötkammare. Biogasproduktionen blev då 50% mindre år 2018 jämfört med 2017 [2].

För att öka energipositiviteten vore det mest miljömässigt fördelaktigt att optimera hur biogasen används på Källby avloppsreningsverk och prioritera uppgradering till fordonsgas. Ett nytt reningsverk med energieffektiva processer bör kunna reducera den totala energianvändningen. Detta kan dock komma att motverkas av skarpare utsläppskrav.

3 PROCESSUTREDNING OCH DIMENSIONERING

Principen i detta scenario är att erhålla en reningsgrad som uppfyller utsläppskraven som förväntas år 2050, se kapitel 2.4. Processen ska även väljas med hänsyn till minimal energianvändning och/eller annan klimatpåverkan.

För dimensioneringen antas att alla delar av vattenreningsprocessen byggs om för att klara den högre belastningen. Endast de två befintliga rötkamrarna behålls med befintliga dimensioner.

3.1 ARBETSPROCESS

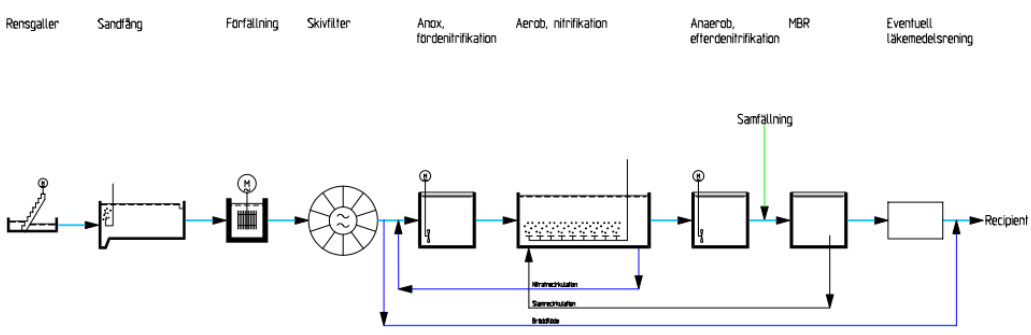
Arbetet har utgått från tidigare utredning av WSP 2015, där framtida flöden och belastningar har korrigerats till aktuella prognoser. Teknikvalen i föregående utredning har diskuterats med utgångspunkt för minimerad energianvändning och klimatpåverkan. I denna diskussion behandlades även teknikvalet för rening av läkemedelsrester. Från denna diskussion valde WSP att behålla den huvudsakliga processutformningen från tidigare utredning, med membranbioreaktor (MBR) som huvudalternativ för biologisk rening. Processen uppdaterades med ett steg för rening av läkemedelsrester samt ett utjämningsmagasin vid högflöden.

Dimensioneringen av de olika processtegen reviderades sedan med utgångspunkt i framtida belastningar. WSP har beräknat nya belastningar från aktuella prognoser, i samarbete med VA SYD. Baserat på framtagna ytbehov för 2050 tog WSP fram en investeringsbedömning för upprustning av Källby ARV.

3.2 VAL AV RENINGSPROCESS

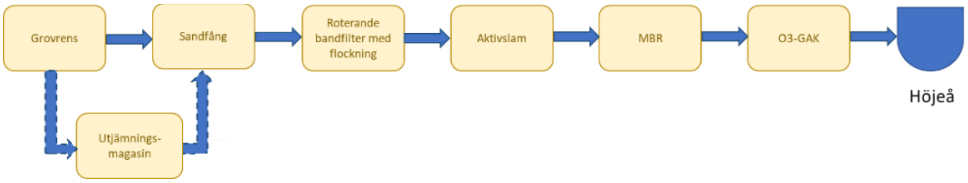
3.2.1 Processteg för vattenrening

I föregående utredning valdes processen som redovisas i Figur 5 [1]. Processen bestod av en förbehandling med grovrens och sandfång, flockning följt av filtrering genom skivfilter samt behandling med aktivt slam och MBR. Utredningen angav även ett processteg för rening av läkemedelsrester, bestående av filtrering genom granulerat aktivt kol (GAK)-filter.



Figur 5. Redovisad process från föregående utredning **[1]**.

Processutformningen från föregående utredning tog hänsyn till minimerat ytbehov, varför kompakta tekniker som trumfilter och MBR har valts för processen. I denna utredning har teknikvalen granskats utifrån energiförbrukning och klimatpåverkan, samt möjligheten att uppfylla framtida utsläppskrav. Den valda processutformningen för denna utredning visas i Figur 6.



Figur 6. Processförslag för utbyggnad av Källby ARV.

Till förbehandling kan roterande bandfilter, användas. Denna teknik är mer energikrävande än förbehandling i exempelvis sedimenteringsbassänger. Fördelen med bandfilter är dock materialvinsten. Det kräver stora mängder material för att bygga nya sedimenteringsbassänger, bl.a. behövs stora mängder betong som utgör en betydande andel av klimatpåverkan i byggprocessen. Således blir den totala miljöpåverkan mindre för bandfilter, varför denna används i processen. I tidigare utredning användes skivfilter istället för roterande band. Filter med roterande band har visats fördelaktiga gällande drift. En särskild fördel är att de inte behöver backspolas lika ofta.

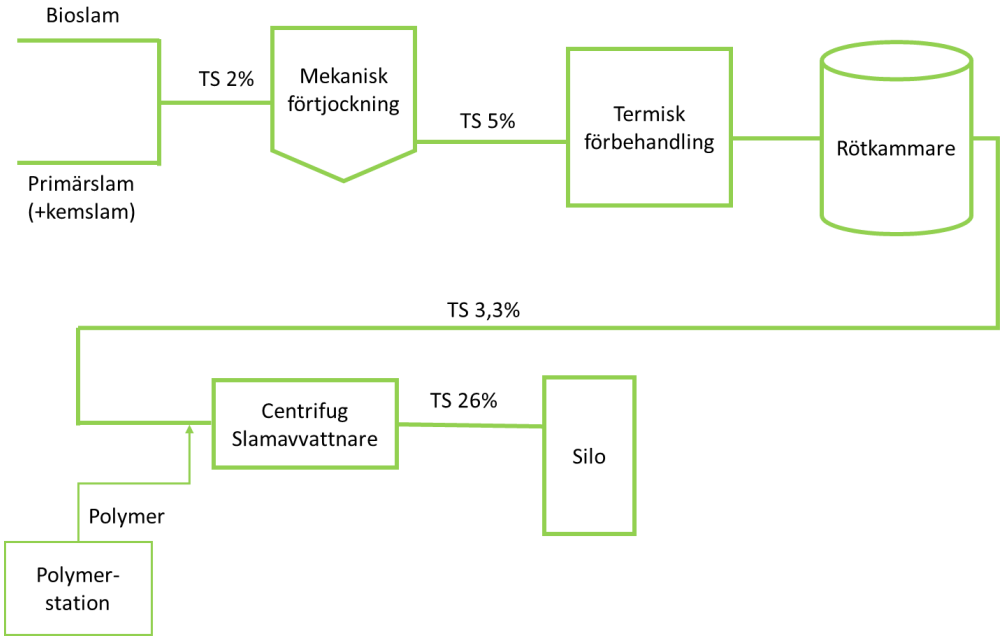
Även MBR är mer energikrävande än andra metoder, t.ex. eftersedimentering eller MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor). MBR är dock en mycket effektiv förbehandling för rening av läkemedelsrester. Används andra tekniker krävs ändå någon typ av förbehandling, exempelvis filtrering genom mikro- eller ultrafilter, men då utan fördelarna som MBR ger för den biologiska reningen. Således ansågs MBR fördelaktigt med hänsyn till framtida utsläppskrav.

Processen uppdaterades även med ett steg för läkemedelsrening, som valdes till ozonering följt av efterpolering med granulerat aktivt kol (GAK)-filter. I föregående utredning användes endast GAK-filter för rening av läkemedelsrester. Ozonering i kombination med GAK-filter resulterar generellt i en högre avskiljningsgrad av läkemedelsrester, jämfört med endast GAK-filter. Denna process bedöms vara tillräcklig för att uppfylla hårda framtida utsläppskrav.

Processen har även uppdaterats med en utjämningsbassäng vid högflöden (>2*Qdim) för att undvika bräddning förbi det biologiska reningssteget. Vattnet genomgår då förbehandling med rensgaller innan magasinering. Det vattnet som utjämnas vid högflöden pumpas sedan in i den biologiska reningen när tillflödet till reningsverket är lägre.

3.2.2 Slamhanteringsprocess

Föreslagen slamhanteringsprocess för reningsverket redovisas i Figur 7. Slammet från biologisk rening samt primärslam behandlas med mekanisk förtjockning följt av termisk förbehandlings och rötning i rötkammare. I den termiska förbehandlingen höjs temperaturen på slammet från 10 till 70 °C. Efter rötning tillsätts polymer, varpå slammet avvattnas i centrifuger och pumpas till slamsilon för lagring innan det körs bort.



Figur 7. Processförslag för slamhantering vid Källby ARV 2050.

3.2.3 Processteg för minskad klimatpåverkan

Åtgärder och alternativa processteg har diskuterats från perspektivet att minska energi- och kemikalieanvändningen.

Som det framgår i Figur 3 utgörs den absolut största klimatpåverkan av växthusgaser från reningsprocessen. Detta kan minimeras genom effektiv styr- och regler av det biologiska reningssteget. Målet är att driva systemet till fullständig denitrifikation. Eftersom hela verket ska byggas in finns även möjligheter till luktreduktion för att minimera spridning av dessa växthusgaser till atmosfären.

Den näst största klimatpåverkan utgörs av kemikalieanvändningen. Nedan listas några alternativ för att minska mängden kemikalier i processen:

- **Förfiltrering utan flockning:** Det finns även alternativ där förfiltrering inte föregås av flockning. Detta resulterar dock i en sämre avskiljningsgrad av BOD/COD och TSS, vilket påverkar utformningen av den biologiska reningen.
- **Biologisk fosforrening (Bio-P):** Bio-P kan användas som ett alternativ till kemisk fosforrening, för att minska kemikalieanvändningen i processen. Fördelen med Bio-P är även att det underlättar fosforåtervinning ur slammet, eftersom fosforn blir mer lättillgänglig. Användning av Bio-P ändrar dock utformningen av den biologiska kvävereningen. Detta alternativ kan vara intressant att utreda i ett framtida skede om VA SYD väljer att gå vidare med utbyggnad av Källby ARV.

En stor del av påverkan utgörs även av energianvändningen för anläggningen. Energianvändningen kan minskas genom följande åtgärder:

- **Förbehandling med bandfilter:** Att använda roterande bandfilter som förbehandling är energikrävande i jämförelse med traditionella sedimentationsbassänger. Avvägningen är ändå att den totala klimatpåverkan blir mindre för en filteranläggning jämfört med sedimentationsbassänger, eftersom det krävs en stor mängd betong

för att gjuta dessa. Det har även diskuterats att roterande bandfilter sammantaget ger en lägre klimatpåverkan än sedimentationsbassänger, trots den högre energiförbrukningen. Detta på grund av fördelar i slamkvaliteten, kvaliteten på det filtrerade vattnet samt möjligheten till energiutvinning från filterprodukten (genom förbränning). [16]

- **Sandfång:** I tidigare processutredning har luftade sandfång använts, vilket är mer energikrävande än sandfång utan luftning. Därför föreslås oluftade sandfång i denna process.
- **MBR:** MBR är mer energikrävande än andra typer av biologisk rening, exempelvis MBBR eller aktivt slam med eftersedimentation. MBR har valts i den föreslagna processen eftersom den är särskilt fördelaktig i kombination med efterkommande läkemedelsrening.

3.3 UTFORMNING AV PROCESSDELARNA

3.3.1 Rensgaller

Rensgaller dimensioneras efter beräknat Qmax 9 600 m3/h, men med en hydraulisk kapacitet på upp till 20 000 m3/h. Den hydrauliska kapaciteten baseras på modellerande inkomstflöden för Källby ARV 1999 – 2019, framtagna av Tyréns.

Efter diskussion med leverantör antas anläggningen utformas med två kanaler med hålplåtsgaller. Renshanteringen avses ske med renstvättar och pressar. [17]

Ytbehovet för rensgalleranläggningen har beräknats till 200 m^2 år 2050.

3.3.2 Utjämningsmagasin

Utjämningsmagasinet dimensioneras efter modellerade inkomstflöden framtagna av Tyréns. Till denna adderades beräknat tillkommande flöde på 789 m^3/h, för att representera flödet för 2050. En genomgående beskrivning av dimensionering visas i bilaga 1.

Utjämningsmagasinet ska lagra vatten vid högflöden (> 4 800 m^3/h). Den totala volymen för utjämningsmagasinet beräknades till 37 500 m^3. Detta ger ett totalt ytbehov av ca 6 250 m^2, vid ett djup av 6 m.

Ett alternativ är att dimensionera samtliga reningssteg efter Q_{max} (9 600 m3/h), istället för $Q_{bio,max}$. Detta skulle ge ett utjämningsbehov på ca 16 000 m^3, men skulle kräva ökade ytbehov för efterföljande processteg. Dimensioneringen av en sådan anläggning har inte dimensionerats i detalj, men har undersökts översiktligt i kostnadsbedömningen.

3.3.3 Sandfång

Sandfånget dimensioneras efter $Q_{bio,max}$ = 4 800 m^3/h, eftersom högre flöden kommer att utjämnas i utjämningsmagasinet. Dimensionerande faktorer anges i Tabell 5.

Tabell 5. Dimensionerande faktorer för sandfång.

Anläggningsdel	Ytbelastning (m/h)		Uppehållstid vid Q_{dim} (min)
	Q_{dim}	$Q_{bio,max}$	
Sandfång	<25	<50	14 - 15

Det totala volymbehovet för sandfången 2050 beräknades till 770 m^3 med en yta på 220 m^2, 22 m^2 per linje.

Antalet linjer måste utredas vidare i senare skede. I denna utredning har antalet linjer antagits till 10 st med ett djup 3,5 m.

3.3.4 Roterande bandfilter och flockning

Filteranläggningen dimensioneras efter $Q_{bio,max}$ = 4 800 m^3/h. Anläggningen utrustas med en flockningsbassäng för avskiljning av suspenderat material innan filtreringssteget. Anläggningen har tagits fram tillsammans med leverantör [18].

Dimensioneringsförutsättningarna listas i Tabell 6.

Tabell 6. Dimensioneringsförutsättningar för filteranläggning med flockning.

Parameter		Enhet
Qdim	2 400	m^3/h
Qbio,max	4 800	m^3/h
Inkommande TSS	203	mg/l
Inkommande BOD	226	mg/l
Inkommande COD	478	mg/l
Önskad renhetsgrad, TSS	60	%
Önskad renhetsgrad, BOD	40	%
Uppehållstid, flockningskammare	2	min

Ytbehovet för filteranläggningen uppskattades till ca 280 m^2.

3.3.5 Kväverening

Utformningen av kvävereningssteget baseras på beräkningar från tidigare utredning [1], som har korrigerats efter ändrade förutsättningar. Kvävereningen dimensioneras för $Q_{bio,max}$ = 4 800 m^3/h, övriga dimensioneringsförutsättningar redovisas i Tabell 7.

Tabell 7. Dimensioneringsförutsättningar för kvävereningen.

Parameter		Enhet
Fördenitrifikationshastighet	1,0	g NO_3-N/kgVSS h [1)]
Slamhalt	6 298	mg VSS/l
Aerobisk slamålder	8	dygn
Slamproduktion	0,73	kg SS/kg BOD7
Nitrifikationshastighet	2,0	g NH_4-N/kg VSS·h
Slamhalt i biosteget	8 000	mg/l

1) VSS = organisk suspenderad substans

Ovanstående dimensioneringsförutsättningar ger följande volymbehov för att klara belastningen 2050.

Tabell 8. Beräknat volymbehov för fördenitrifikation, nitrifikation och efterdenitrifikation.

Process	Volymbehov 2050 (m^3)
Aerob volym	2 400
Fördenitrifikation	7 300
Efterdenitrifikation	1 200
Första deoxbassäng	1 048
Andra deoxbassäng	892
Totalt volymbehov	19 397

Det totala volymbehovet för den biologiska reningen beräknades till 19 397 m^3. Vid ett bassängdjup av 4,2 m blir det totala ytbehovet ca 4 600 m^2. Aktivslambassängerna byggs i fyra linjer, vilket är att föredra t.ex. vid nedtömning vid underhållsarbete.

I Tabell 9 redogörs behovet av extern kolkälla till efterdenitrifikation i form av BOD och glycerol.

Tabell 9. Beräknat behov av kolkälla till efterdenitrifikationen.

	kg BOD/dygn	m3 glycerol/år
Behov av extern kolkälla	1 574	479

3.3.6 MBR

Utformningen av MBR anläggningen har gjorts i samarbete med leverantör. [19] Denna var dimensionerad efter ett maximalt flöde på 4 800 m3/h samt en slamhalt på 10 000 mg/L. Utformande parametrar för MBR anläggningen listas i Tabell 10. Luftbehovet för MBR steget har angivits av leverantör till 43 000 Nm^3/h.[1)]

Tabell 10. Följande utformning har använts för MBR anläggningen.

Parameter		Enhet
Filteryta per modul	34,37	m^2/modul
Antal moduler per anläggning	6240	st
Permeatflöde per modul	22	$l/m^2 \cdot h$

3.3.7 Recirkulation

I den biologiska kvävereningen recirkuleras nitratrikt vatten och slam, vilket kräver recirkulationspumpar. Recirkulationsflöden för nitrat- och slamrecirkulation listas i Tabell 11.

Tabell 11. Beräknat nitrat- och slamrecirkulationsflöde.

	Nitratrecirkulation	Slamrecirkulation	Enhet
Flöden	58 000	232 000	m^3/d
	2 400	9 650	m^3/h

[1] En normalkubikmeter (Nm3) avser 1 m^3 naturgas med trycket 101 325 Pa och temperaturen 0 °C.

3.3.8 Rening av läkemedelsrester

För rening av läkemedelsrester, och andra mikroföroreningar, används ozonering i kombination med efterföljande GAK-filter.

Ozonanläggningen har utformats i sammarbete med leverantör för kapaciteten Qdim,bio = 4 800 m^3/h och en uppehållstid på 20 min. [20] Två ozontankar med kapaciteten 2 400 m^3 används för redundans. För ozongenerering används en syrgasgenerator. Tankarnas höjd är satta till 6,5 m, där vattenhöjden uppgår till 6 m. En ozondos på 8 g/m^3 bedöms vara tillräcklig för att uppnå framtidautsläppskrav.

Efterföljande GAK-filter utformas med kapaciteten Qdim = 2 400 m^3/h, men med en hydraulisk kapacitet av 4 800 m^3/h. Dimensionerande parametrar listas i Tabell 12.

Tabell 12. Dimensionerande parametrar för utformning av GAK-filter.

	Qdim	Qbio,max	Enhet
Kontakttid	30	15	min
Filterhastighet	5	10	m/h

Anläggningen utformas med 16 parallella filter med ytan 30 m^2 och höjden 5,8 m. För backspolning av GAK-filtren används renat avloppsvatten som samlas i en backspolningstank. Backspolningstanken placeras på utsidan av anläggningen. I Tabell 13 listas dimensionerande parametrar för en backspolningstank.

Tabell 13. Dimensionerande parametrar för backspolningstank.

Parameter		Enhet
Backspolningstid	10	min
Backspolningshastighet	30	m/h

Ytbehovet för ozon- och GAK-filterbassänger samt backspolningstank visas i Tabell 14. Utöver dessa tillkommer ytor för maskinutrustning och rördragning.

Tabell 14. Yt- och volymbehov för ozon- och GAK-filterbassänger samt backspolningstank.

	Ytbehov (m^2)	Volym (m^3)
Ozontank	2x135	2x880
GAK-filter (total yta)	480	2760
Backspolningstank	38	150

Det totala ytbehovet för läkemedelsreningsanläggningen är preliminärt och behöver utredas ytterligare innan slutleverans.
Läkemedelsreningsanläggningen uppskattas till 1 700 m^2, vilket innefattar utrymme för kringutrustning för ozonering samt el-, blåsmaskin- och pumprum (24x70m).

3.3.9 Slamhantering

Det finns stora osäkerheter kring hur slamhanteringen kommer att se ut i framtiden. Återföring av fosfor kommer sannolikt att vara ett krav, men det

förutsätts tills vidare ske genom slamspridning på åkermark. I detta uppdrag har återföring av fosfor från slammet inte utretts.

Slamhanteringsanläggningen byggs med utrymme för mekaniska förtjockare, polymeranläggning och centrifuger för avvattning. Vid maximal belastning (186 258 pe) har slamsilon en lagringskapacitet på 4 dygn. Befintliga rötkammare (2x1500m^3) behålls och ytterligare två rötkammare byggs till för att klara behovet år 2050. Ytbehovet för anläggningsdelarna listas i Tabell 15.

Tabell 15. Yt- och volymbehov för slamhanteringsanläggning.

	Ytbehov (m^2)	Volym (m^3)
Slamförtjockare	491	1 473
Slamsilo	150	-
Tillkommande rötkammare	2x550	2x3 500

3.3.10 Gashantering

Antal och volym på gasklockorna beror på den framtida gasproduktionen samt utformning av gasuppgraderingsanläggningen. Gasklockorna utformas efter ett uppskattat gasflöde på 250 Nm^3/h (2 190 000 Nm^3/år) samt under förutsättningen att gasflödet går att reglera. Två gasklockor med volymen 300 m^3 respektive 500 m^3 bedöms vara tillräckligt för att hantera det framtida gasflödet. Gasklockorna består av ett dubbelmembran vilket medför en reglerande volym som är hälften av gasklockans volym, se Tabell 16.

Tabell 16. Yt- och volymbehov för gasklockor.

	Ytbehov (m^2)	Volym (m^3)	Regleområde (m^3)
Gasklocka 1	10x12	300	150
Gasklocka 2	11x14	500	250

I uppgraderingsanläggningen ingår tre kompressorer med olika kapacitet, se Tabell 17. Restgasen leds till en vocsidizer som reducerar metanhalten och således nödvändigt för att minska klimatpåverkan.

Tabell 17. Ytbehov för uppgraderingsanläggning samt kapacitet för kompressorer.

	Ytbehov (m^2)	Kapacitet (Nm^3/h)
Uppgraderingsanläggning med två kompressorer	56	270
Tillkommande kompressor	-	125

3.3.11 Processventilation och luktreduktion

För luktreduktion har en kombination av UV-teknik och kolfilter valts. Med denna teknik kan en reningsgrad >95% erhållas, vilket hindrar spridning av lukt och/eller skadliga smittoämnen till omgivningen.

Luktreduktion med UV och kolfilter sker vid bassänger (ej ozonering- och kolfilterbassänger) samt vid slamhanteringsanläggningen. Till dessa krävs även ställningar för luktreduktionsaggregaten. För resterande anläggningsdelar används konventionella ventilationssystem.

Luftreduktionsaggregaten placeras vid bassängerna men det finns en samlad anläggning centralt i reningsverket för teknikutrymmen, där även annan teknik kan placeras.

Genom luktreduktionen minskar även utsläppet av växthusgaser till atmosfären. Hur stor denna minskning blir har inte beräknats.

3.3.12 Övriga byggnader

Övriga byggnader som verkstad, kemikaliebyggnader, el-, ställverk och ventilationsbyggnad antas samma som föregående utredning [1], Dessa baserades i sin tur på en utredning från Sweco 2013 [21]. Notera att personalbyggnaden inte har inkluderats då den ligger utanför ramen för denna utredning.

3.4 UTVÄNDIG UTFORMNING

Utformningen av verket utgår från att hela verket ska täckas in för att minska skyddsbarriären till omgivningen. Byggnadens tak ska även göras tillgängligt för allmänheten och förses därför med ett lager av gräs.

3.5 UPPSKATTAT YTBEHOV

Det totala ytbehovet för en utbyggnad av Källby ARV har uppskattats till omkring 45 000 m^2, vilket innefattar samtliga anläggningsdelar, med undantag för gasuppgraderingsanläggningen. Av denna yta täcks totalt 28 250 m^2 över, för att minska skyddsavståndet. En översiktlig layout över anläggningen visas i Figur 8. Den övertäckta ytan markeras med ljusgult (22 000 m^2). Utjämningsmagasinet täcks över med en separat övertäckningsbyggnad (6 250 m^2). Rötkamrarna, gasuppgraderingsanläggningen samt gasklockorna täcks inte över på grund av säkerhetsskäl. I Tabell 18 listar ytbehovet för samtliga anläggningsdelar samt det totala ytbehovet för Källby ARV 2050.

Figur 8. Layout-idéskiss över Källby ARV 2050 för att kunna se ytbehovet.
Bassänger anges med blå markering, byggnader anges med orange markering, och den yttre övertäckningen visas med ljusgul markering. Observera att även utjämningsmagasinet täcks över.

Tabell 18. Uppskattat framtida ytbehov för Källby ARV 2050.

Anläggningsdelar	Ytbehov (m^2)	Volymbehov (m^3)	Dimensionerande flöde (m^3/h)
1. Rensgalleranläggning	300	-	9 600 (hydraulisk kapacitet 20 000)
2. Utjämningsmagasin	6 250	37 500	20 000
3. Sandfång			
3.1. Byggnad för sandfång och sandtvätt	300	-	
3.2. Bassänger för sandfång	200	700	4 800
4. Filteranläggning			
4.1. Filterbyggnad	300	-	-
4.2. Bassänger roterande bandfilter	60	150	4 800
4.3. Flockningsbassäng	50	160	4 800
5. Kväverening	5 500	19 400	4 800
6. MBR	850	3 980	4 800
7. Rening av läkemedelsrester			
7.1 Byggnad för rening av läkemedelsrester	1 700	-	
7.2. Ozoneringsbassänger	270	1 760	4 800
7.3. GAK-filter	480	3 360	2 400 (hydraulisk kapacitet 4 800)
8. Slambehandling			
8.1. Byggnad slamavvattning	610	-	-
8.2. Slamsilohall	150	-	-
8.3. Rötkammare (inkl. befintliga)	800	10 000	-
9. Gasklockor	270	800	250 Nm^3/h (gasflöde)
10. Gasuppgraderingsanläggning	60	-	-
11. Teknikutrymme (luktreduktion)	350	-	-
12. Övriga byggnader			
11.1. Kemikaliebyggnad	500	-	-
12.2. El- och ställverksbyggnad	300	-	-
12.3. Garage/spolplatta	230	-	-
12.4. Parkeringsplats	1 800	-	-
12.5. Verkstad	550	-	-
12.6. Förråd	180	-	-
Ytbehov process	15 740		
Yta övertäckning	28 250		
Totalt ytbehov	45 000		

4 KOSTNADSBERÄKNING

Detta kapitel presenterar en sammanfattning av beräknade kostnader för utbyggning av Källby ARV. En detaljerad beskrivning av förutsättningarna för investeringskostnader och årliga kostnader går att finna i bilaga 2.

4.1 INVESTERINGSKOSTNAD

Enligt överenskommelse har investeringskostnaden baserats på att samtliga anläggningsdelar för vatten- och slambehandling byggs nya, dvs kostnaderna innefattar inte reinvestering i befintliga anläggningsdelar. Undantaget de två befintliga rötkamrarna. Rivning/avverkning av befintliga anläggningsdelar har inkluderats och samtliga investeringar förväntas ske 2020. Hela anläggningen byggs in enligt skisserad byggnad i Figur 8. Investeringskostnaden sammanfattas i Tabell 19.

Tabell 19. Uppskattat investeringskostnad år 2020 för utbyggnad av Källby ARV.

1. Delsumma Maskin	**Investeringskostnad (MSEK)**
1.1. Delsumma Maskin utan påslag	299
1.2. Påslag El och automation (35%)	105
1.3. Delsumma Maskin, med el och automation	403
1.4. E-påslag (40%)	161
Totalt investeringskostnad Maskin, el, auto. med E-påslag	565
2. Delsumma Bygg & Mark	
2.1. Bygg & Mark	945
3. Delsumma Entreprenadkostnad (total kostnad Bygg, mark, VVS, Maskin, el, auto., E-påslag)	
3.1. Entreprenadkostnad inkl. Bygg, mark, VVS, Maskin, el, auto., E-påslag (MSEK)	1 510
3.2. Påslag Byggherrekostnader (20%) Projektering, projektledning, byggledning, tillstånd, försäkring.	302
Total anläggningskostnad (MSEK)	1 812

4.1.1 Kostnader för återfyllning

Flertalet befintliga bassängvolymer kommer att återfyllas med jordmassor. Samtidigt kommer utgrävning av nya bassängvolymer generera nya jordmassor som kan användas för återfyllnad. En massbalans togs fram där erhållna jordmassor ställdes mot behövd mängd jordmassor för återfyllnad. Totalt behövs fyllnadsmassor motsvarande ca 87 200 m^3, borträknat de jordmassor som erhålls vid utgrävning, för att fylla befintliga bassänger. Detta motsvarar en kostnad av 12 MSEK (inklusive påslag för entreprenad och byggherrekostnader), som har inkluderats i kostnaderna för markarbete.

4.1.2 Känslighetsanalys Spridning

Den uppskattade investeringskostnaden riskerar även att avvika till högre respektive lägre värden. Hur stor denna spridning blir beror på en rad

osäkerheter i investeringskostnaderna. Dessa utgörs t.ex. av variationer i entreprenörs- och leverantörskostnader, olika processutformningar av från leverantör, risk för oförutsedda kostnader för markarbete mm. Spridningen för ett antal olika delkostnader har beräknats från uppskattade procentsatser (se bilaga 2, tabell 2). Beräknad spridning för respektive delkostnad samt totalt investeringsbehov visas Tabell 20.

Tabell 20. Spridning för olika delkostnader samt totalt investeringsbehov. Tabellen listar även uppskattade investeringskostnader (medelkostnad) för respektive kostnad.

Delkostnader	Anläggningskostnad (MSEK)	Min (MSEK)	Max (MSEK)
Rivning	191	172	238
Övertäckning	292	263	379
Vanliga byggnader	178	160	222
Mark	62	56	90
Utjämningsmagasin	155	140	217
Betongbassänger exkl. utjämningsmagasin och läkemedelsrening	77	70	97
El	115	103	143
Styr	21	19	27
Maskin (exkl. läkemedelsrening)	457	389	640
Läkemedelsrening	90	72	130
Luktreduktion	174	140	262
Totalt investeringsbehov	1 812	1 581	2 446

En stor delkostnad utgörs av utjämningsmagasinet. Ett alternativ för att minska denna kostnad är att dimensionera samtliga reningssteg efter Q_{max} istället för $Q_{bio,max}$. Utjämningsbehovet skulle då bli 16 000 m^3, vilket skulle innebära en investeringskostnad av ca 66 MSEK. Samtidigt innebär det en fördubbling i kostnader för maskin och betongbassänger, samt ökade anläggningskostnader. Nettokostnaderna blir betydligt högre än investeringskostnaderna för nuvarande utformning.

4.2 ÅRLIGA KOSTNADER

Beräkning av årliga kostnader är utanför ramen av denna utredning och presenteras istället av Econet Vatten & Miljöteknik i en separat rapport.

5 SLUTSATSER

I denna utredning har processutformningen anpassats utifrån en framtida målsättning om klimatneutralitet och energipositivitet tillsammans med hårdare utsläppskrav. Processen har därför uppdaterats från föregående utredning med en ny typ av förfiltrering (roterande bandfilter) samt ett steg för läkemedelsrening. Den biologiska reningingen bestämdes till aktivt slam följt av MBR, vilket är samma som föregående utredning. MBR är en mer energikrävande metod än konventionella eftersedimenteringsbassänger, men är en mycket effektiv förbehandling för rening av läkemedelsrester. Således ansågs MBR fördelaktigt med hänsyn till framtida utsläppskrav. För rening av läkemedelsrester valdes teknikkombinationen O3-GAK, då detta generellt resulterar i en mycket hög avskiljningsgrad av mikroföroreningar. Denna process bedömdes därför tillräcklig för att uppfylla hårda framtida utsläppskrav. Processen uppdaterades även med ett utjämningsmagasin vid vid högflöden (>2*Qdim) för att undvika bräddning förbi det biologiska reningssteget.

Klimatpåverkan av Källby ARV beräknades med hjälp av ett beräkningsverktyg från Svenskt Vatten. Beräkningarna visade att de största negativa bidragen kommer från direkta metan- och lustgasemissioner från avloppsvattenreningen. De största positiva bidragen kommer främst från biogasproduktion och värmeutvinning från utgående vatten. Utifrån CO_{2e}-balansen visades att Källy ARV är klimatneutralt baserat på siffor från 2017 och 2018. Viktigt att notera är dock att åtgärder för att uppfylla framtidas utsläppskrav som MBR, kolfilter, ozon kommer att öka energi- och kemikalieförbrukningen därmed påverka klimatet negativt. Hur stor påverkan blir är svårt att uppskatta eftersom det behovs indata gällande t.ex. el- och kemikalieförbrukningen för verket i drift. En effektiv styr- och reglerprocess för den biologiska reningen är av stor vikt för att minimera utsläpp av växthusgaser till atmosfären, framförallt med avseende på $NO_{2(g)}$.

Det totala ytbehovet för en utbyggnad av Källby ARV har uppskattats till omkring 45 000 m^2. Av dessa utgör ca 15 740 m^2 ytbehovet för reningsprocessen. Totalt täcks 28 250 m^2 över för att minska skyddsavståndet, där 6 250 m^2 utgör övertäckning av utjämningsmagasinet. Ett alternativ till utjämningsmagasinet kan istället vara att bygga ett bergrum. Ett annat alternativ för att minska magasinvolymen är att skala upp kapaciteten av reningsverket till $3*Q_{dim}$ alternativt $4*Q_{dim}$. Ytbehov och kostnader skulle då minska för utjämningsmagasinet men samtidigt öka kraftigt för efterföljande processdelar. Att öka kapaciteten på processen blir dock sannolikt dyrare än kostnaderna för ett större utjämningsmagasin, eftersom det ökar ytbehovet för samtliga efterföljande processdelar.

Den totala investeringskostnaden uppskattades till ca 1 800 MSEK. Investeringskostnaden har baserats på att samtliga anläggningsdelar för vatten- och slambehandling byggs nya, med undantag för befintliga rötkammare. Även rivning/avverkning av befintliga anläggningsdelar har inkluderats. Samtliga investeringskostnader är beräknade efter 2020 års prisbild.

6 REFERENSER

[1] F. Christensson, ”Framtida avloppsvattenrening i Lund - Omgivningen styr, Scenario 2,” WSP, 2015.

[2] VA SYD, ”Källby Avloppsreningsverk miljörapport,” VA SYD, Lund, 2018.

[3] C. Baresel , J. Magnér , K. Magnusson och M. Olshammar, ”Tekniska lösningar för avancerad rening av avloppsvatten,” Svenska miljöinstitutet (IVL), Stockholm, 2017.

[4] *Förordning (2018:496) om bidrag för rening av avloppsvatten från läkemedelsrester,* 2018.

[5] J. R. Center, ”EU Science HUB,” 09 08 2016. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/jrc/en/news/first-watch-list-emerging-water-pollutants. [Använd 17 02 2020].

[6] European Comission, ”Communication from the Comission to the European Parliment, the Council and the European Economic and Social Comittee - European Union Strategic Approach to Pharmaceuticals in the Environment,” European Comission, Brussels, 2019.

[7] Havs och Vattenmyndigheten, ”Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten,” 2019.

[8] Naturvårdsverket , ”Advanced wastewater treatment for separation and removal of pharmaceutical residues and other hazardous substances - Needs technologies and impacts,” Naturvårdsverket, Stockholm, 2018.

[9] Naturvårdsverket, ”Miljökvalitetsnormer som styrmedel,” Naturvårdsverket, Stockholm, 2004.

[10] G. F. Fouad och K. Hagström, ”Förekomst av läkemedelsrester i dricksvatten, vattenmiljö och slam,” Universitetsjukhuset Örebro , Örebro , 2012.

[11] Naturvårdsverket , ”Läkemedel i miljön,” Naturvårdsverket , 15 08 2019. [Online]. Available: https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/Lakemedel/. [Använd 28 02 2020].

[12] VA-teknik Södra, ”Beräkningsverktyg för klimatpåverkan version 3,” 2013. [Online]. Available: https://va-tekniksodra.se/klimatpaverkan-berakningsverktyg/. [Använd 17 02 2020].

[13] Tumlin Susanne, D. Gustavsson och A. Bernstad Saravia Schott, ”Klimatpåverkan från avloppsreningsverk,” VA-teknik Södra, 2013.

[14] B. Peter och H. Daniel, ”Nyckeltal för reningsverk - verktyg för effectivare resursanvändning,” Svenskt Vatten Utveckling, 2011.

[15] J. K. Andersen, ”BAT-analys - Fas 1 - Förstudie Nya Sjölunda,” EnviDan, 2019.

[16] C. Ruiken, G. Breuer, E. Klaversma, T. Santiago och M. van Loosdrecht, ”Sieving wastewater - Cellulose recovery, economic and energy evaluation,” *Water Research,* vol. 47, pp. 43-38, 2013.

[17] Leverantörskontakt: Jacob Åman, Torell Pump [Rensgalleranläggning].

[18] Leverantörskontakt: Petter Kjolseth, Salsnes [Filteranläggning].

[19] Leverantörskontakt; Kalle Pakarinen, SUEZ [MBR].

[20] Leverantörskontakt: Claes Berg och Mattias Osterman, Christian Berner [Ozonanläggning].

[21] M. Cimbritz, ”Utbyggnad av Källby ARV,” Sweco, 2013.

[22] VA SYD, ”Källby Avloppsreningsverk miljörapport,” VA SYD, Lund , 2017.

[23] VA SYD, ”Utredning - Lunds framtida avloppsvattenrening,” VA SYD, Lund , 2016.

[24] B. Peter och H. Daniel, ”Nyckeltal för reningsverk - verktyg för effektivare resursanvändning,” Svenskt Vatten Utveckling, 2011.

[25] P. Balmér, ”Svenskt Vatten undersökning VASS reningsverk 2016-Resultatrapport för VASS,” Svenskt Vatten, 2018.

[26] C. Baresel, M. Ek, H. Ejhed, A.-S. Allard, J. Magnér, L. Dahlgren, K. Westling, C. Wahlberg, U. Fortkamp och S. Söhr, ”Handbok för rening av mikroföroreningar vid avloppsreningsverk,” Svenska Miljöinstitutet , Stockholm , 2017.

7 BILAGEFÖRTECKNING

7.1 BILAGA 1. UTJÄMNINGSMAGASIN FÖR HÖGFLÖDEN.

7.2 BILAGA 2. FÖRUTSÄTTNINGAR KOSTNADSKALKYL

VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. wsp.com

WSP Sverige AB
Box 714
251 07 Helsingborg
Besök: Bredgatan 7

T: +46 10 7225000
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
wsp.com