

Rapport

Diarienummer
KF2019-045

Projektnummer
8142

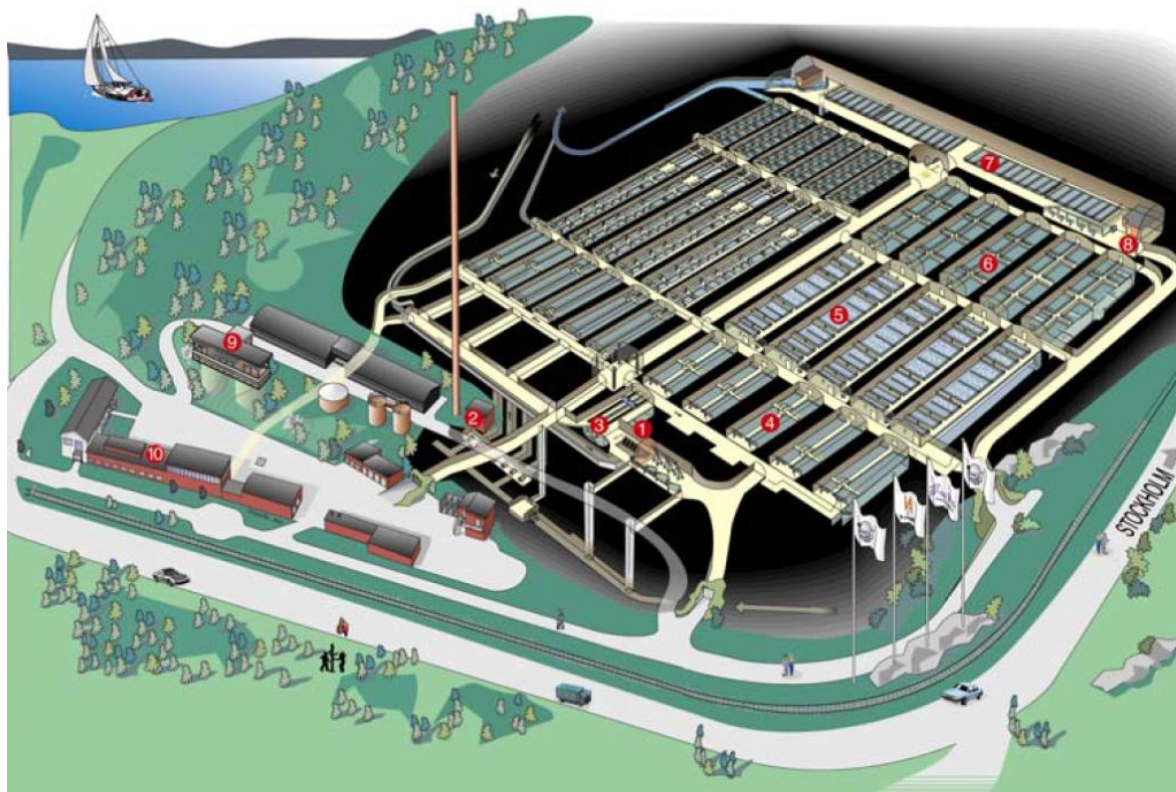
Projektamn
Käppala 900k

Version
1.0

Status
SLUTGILTIG

Principförslag Käppala 900k

Huvudrapport Principförslag



Utfärdad av: *Eva-Marie Lindström*

Granskad av: *Andreas Lindgren*

Datum: 2020-08-28

Sammanfattning

Käppalaverkets upptagsområde står inför en fortsatt befolkningstillväxt och Käppalaförbundet har sökt och fått tillstånd för en framtida utökad verksamhet vid Käppala reningsverk motsvarande 900 000 pe vilket förväntas uppnås år 2050. Det nya villkoret börjar gälla under år 2026.

Detta principförslag redovisar en ombyggnad av Käppalaverkets reningsprocess för att möta upp den ökade belastningen och de hårdare utsläppskraven. Principförslaget redovisar en teknisk lösning för att till år 2029 bygga om verket och klara beräknad belastningen för år 2040. Principförslaget har även studerat och tagit hänsyn till ytterligare ombyggnadsbehov som finns för att klara belastningen år 2050.

Processförutsättningarna i principförslaget är att linje 1 - 6 får en förbättrad aktivslam-process genom en mindre ombyggnad. Ombyggnaden innebär bland annat en komplettering av en mellanvägg i bassängblocket samt flytt av returslampumpar. Även tillsats av kolkälla krävs för att förbättra processen. För att förbättra sedimenteringsegenskaperna doseras polymer innan eftersedimenteringssteget. Ombyggnaden för linje 1 – 6 dimensioneras för beräknad belastning år 2040. Därefter är bedömningen att även dessa linjer måste byggas om till en MBBR-process för att klara kraven till år 2050. På grund av ökad belastning på linjerna 1 – 6 ökar även luftbehovet vilket innebär att blåsmaskiner ersätts med nya.

Linje 7 - 11 föreslås byggas om från aktivslamprocess till en MBBR-process. MBBR är en teknik som använder ett bärrmaterial i den biologiska reningen i bioblocket (Moving Bed Biofilm Reactor). Befintliga mellanväggar och omrörare, i bioblocken BB07 till BB11, rivs för att ge plats åt nya mellanväggar, silväggar, omrörare samt bottenluftarsystem. Nya installationer är dimensionerade utifrån de krav som ställs på anläggningen år 2050. De fyra blåsmaskinerna för linje 7-11 ersätts med nya större maskiner för att kunna tillgodose det ökade luftbehovet som processen har.

För att hantera de ökade luftflödena i BB07-BB11 uppgraderas även luftbehandlingen för luft till blåsmaskinerna samt även till- och frånluft i bassängblocken. För att tillgodose god arbetsmiljö i bassängsalarnas vistelsezon föreslås att en glasvägg byggs mot de öppna vattenytorna och tilluft koncentreras till dessa gångstråk.

På grund av större blåsmaskiner och omrörare ökar effektbehovet och en ny högspänningsmatning ovan mark är föreslagen. Befintliga el/styrrum i bergutrymmet kompletteras för utökade drifter av omrörare och pumpar.

För att få funktion i processen krävs kemikalier. En anläggning för hantering av extern kolkälla tillkommer ovan mark. Befintlig byggnad för beredning och hantering järnsulfat föreslås ersättas med ny byggnad då renoveringsbehovet för den gamla byggnaden är stort. Med ombyggnaden ökar även behovet av järnklorid så befintlig järnkloridanläggning måste utökas med ytterligare lagringsvolym.

I projektet K900k ingår även en förstudie kring rejektivattenrening och denna förstudie ingår i den fördjupade processutredning som fortlöpt parallellt och hanteras inte i detta principförslag.

En genomförandebeskrivning har upprättats utifrån att Käppalaverket 2026 ska vara ombyggt och kunna klara de nya kraven som då börjar gälla. Aktivslamprocessen BB01 – BB06 byggs om i ett initialt skede, skede 0, i samband med byte av bottenskrapor i ES01 – ES06 vilket påbörjas hösten 2020 för att stå klart när ombyggnaden av linje 7 till 11 påbörjas år 2023. Ombyggnationerna i sin helhet ska vara klara år 2029.

Kostnaderna för de åtgärder som föreslås inom ramen för projekt Käppala 900k beräknas till ca 2Mdr SEK beräknat i kostnadsläget 2020-01. Kostnaderna är baserade på underliggande handlingar inom ramen för principförslaget.

Innehållsförteckning

1. Inledning	8
1.1. Bakgrund	8
1.2. Projekt mål Käppala 900k	9
1.3. Principförslagets syfte	10
1.4. Organisation	10
1.5. Förutsättningar	11
1.5.1. Omfattning	11
1.5.2. Avgränsningar	12
2. Dimensionerande förutsättningar	14
2.1. Tillståndsgivna reningskrav	14
2.2. Flöden och temperatur	15
2.3. Föroreningsbelastning	16
2.4. Övriga förutsättningar	16
2.5. Utblick 2050	16
3. Befintlig anläggning	17
3.1. Tunnelsystem och inlopp	18
3.2. Grovrening	18
3.3. Försedimentering	19
3.4. Bioblock	19
3.5. Eftersedimentering	19
3.6. Filtrering	20
3.7. Slambehandling	20
3.8. Kemikalier och blåsmaskinsluft	20
4. Förslag till teknisk lösning, process och funktion	22
4.1. Inlopp och grovrening	23
4.2. Flödesfördelning	23
4.3. Försedimentering, FS01 – FS11	24
4.4. Linje 1 – 6	24
4.4.1. Bioblock, BB01-06	24
4.4.2. Eftersedimentering, ES01 – ES06	25
4.5. Linje 7 – 11	25

4.5.1. Bioblock, BB07-11	25
4.5.2. Eftersedimentation, ES07 – ES11	28
4.6. Filtrering	30
4.7. Kemikalier	30
4.8. Luftbehov.....	30
4.9. Slampumpning	31
5. Ventilation, värme och kyla	32
6. El	34
6.1. Befintligt elkraftsystem	34
6.2. Energiförbrukning och effektuttag.....	34
6.3. Åtgärder i elkraftsystemet	34
6.3.1. Lågspänningsställverk.....	34
6.3.2. Blåsmaskiner i nya verket	35
7. Automation och Styrsystem	36
7.1. Befintligt styrsystem	36
7.2. Framtida utbyggnad.....	36
8. Anläggningar ovan mark	38
8.1. Anläggning för extern kolkälla.....	38
8.2. Anläggning för järnsulfat.....	39
8.3. Anläggning för järnklorid.....	39
8.4. Polymerberedning	39
8.5. Rejektvattenanläggning	39
9. Genomförandebeskrivning	40
10. Kostnadskalkyl	42
10.1. Investeringskalkyl	42
10.2. Driftkostnad	43

Bilagor

02	PM Process och funktion
03	PM Hydraulik
04	PM Maskin
05	PM VVS
06	PM El
07	PM Bygg
08	PM Anläggning extern kolkälla
09	Riskinventering arbetsmiljö
10	Huvudtidplan

- 11 Genomförandebeskrivning**
- 12 Investeringskostnad och LCC**
- 13 3D-modell, NavisWorks**
- 14 Rekommendationer till vidare utredningar**

Begreppsförklaring

I detta dokument används följande begrepp och förkortningar;

K900k	Förkortning av projektnamn Käppala 900 000 pe
FS	Försedimentering
BB	Bioblock
ES	Eftersedimentering
FT	Fördelningstunnel
Linje	Består av försedimentering, bioblock och eftersedimentering
BOD ₇	Biokemisk syreförbrukning under sju dygn, d.v.s. mängden syre som förbrukas vid nedbrytning av organiska föroreningar.
Tot-N	Totalkväve
Tot-P	Totalfosfor
pe	Personekvivalent. Kvoten mellan belastningen av BOD ₇ och den specifika föroreningsmängden (1pe = varje person beräknas avge 70 g BOD ₇ per dygn).
Flockning	Skapa större flockar av mindre partiklar och lösta ämnen med hjälp av kemikalier
Primärslam	Slamproduktion i försedimenteringar
Returslam	Slam som pumpas i retur tillbaka till bioblock från eftersedimentering för att hålla en aktivslamprocess i funktion
Nitratrecirkulation	Nitratrikt vatten som pumpas tillbaka till fördenitrifikation efter de aeroba zonerna för att förbättra den totala kvävereningen
Överskottsslam	Slamproduktion som överstiger önskad slammängd i bioblocket vid en aktivslamprocess
Slambehandling	En vidare hantering av slammet för förtjockning, rötning och avvattning
Reaktor	En anpassad volym för önskad process i bioblocket
Anoxisk zon	En icke syresatt men omrörd zon i bioblocket där denitrifikation av nitrat sker
Anaerob zon	En icke syresatt men omrörd zon i bioblocket där anaeroba mikroorganismer får möjlighet att växa till sig.
Aerob/Ox/Oxisk zon	En syresatt zon i bioblocket där BOD bryts ner och kväve omvandlas till nitrat, omrörning sker via tillsatt luft
Deox zon	Avluftningszon i bioblocket
För/Efterdenitrifikation	En icke syresatt men omrörd zon i bioblocket där denitrifikation av nitrat sker (anoxisk zon)
Efteroxidation	En syresatt zon i bioblocket där slutlig biologisk oxidation av syreförbrukande ämnen sker
MBBR	En reningsteknik med bärare för den biologiska reningen i bioblocket (Moving Bed Biofilm Reactor)
Filtersteg	Sista reningssteget av avloppsvattnet med fällning på sandfilter (slutpolering)
Högflödesrening	Reningssteg för ett delflöde som nyttjas vid högre flöden
Rejektvattenrening	Rening av vatten som uppstår vid avvattning av rötat slam.

1. Inledning

Käppala avloppsreningsverk står inför en fortsatt befolkningstillväxt samt ökade reningskrav med utgångspunkt från vattendirektivet och Baltic Sea Action Plan, BSAP.

Käppalaförbundet har sökt och fått tillstånd för en framtida utökad verksamhet vid Käppala reningsverk motsvarande 900 000 pe. Belastningen 900 000 pe förväntas uppnås år 2050. Det nya villkoret börjar gälla under 2026 vilket medför uppföljning årsmedel år 2027.

Denna rapport är en beskrivning av en teknisk lösning som erfordras för att uppnå de nya villkoren. Tekniska lösningen är framtagna på en principiell nivå och måste konkretiseras under systemhandling och detaljprojektering innan genomförande. För en mer detaljerad beskrivning av omfattning hänvisas till respektive PM, se bilageförteckningen.

1.1. Bakgrund

Käppalaförbundet har beviljats fortsatt och utökad verksamhet av tillsynsmyndigheten Länsstyrelsen i Stockholm. Beslutet medför att förbundets medlemskommuner säkerställer en fungerande avloppsrening under kommande 25–30 år och samtidigt kan uppfylla de krav som ställs på verksamheten enligt Miljöbalken och andra lagar och förordningar.

Arbetet med ett nytt verksamhetstillstånd har pågått sedan år 2009 då Käppalaförbundet gav ett antal olika konsultföretag i uppdrag att ta fram förslag på hur anläggningen skulle kunna anpassas till kommande belastningsökning och hårdare utsläppskrav. Utifrån förslagen har Käppalaförbundet valt ut ett antal delar och vidareutvecklat dessa, vilket resulterat i en slutlig processdimensionering och teknisk beskrivning. Förslaget bygger till stora delar på en ombyggnad inom befintliga volymer i verkets samtliga 11 linjer, samt komplettering med rejektvattenrening och kolkälledosering. Den tekniska beskrivningen ligger till grund för den tillståndsansökan som Käppalaförbundet lämnade år 2015 till miljöprövningsdelegationen på länsstyrelsen om utökning av maximal belastning från 700 000 till 900 000 personekvivalenter (pe), samt skärpta utsläppsvillkor inom ramen för vattendirektivets krav på sänkta utsläpp till vattenförekomster.

Efter en juridisk tillståndsprocess mellan år 2015–2019 vann det nya verksamhetstillståndet laga kraft 2019-06-25. Det erhållna tillståndet innebär ytterligare skärpning av villkor för kväve, fosfor och BOD, utöver det som Käppalaförbundet har lämnat in. I tillståndet anges att begränsningsvärdena ska uppfyllas 7 år efter tillståndet har vunnit laga kraft med dåvarande belastning (belastning år 2026). Alla anläggningsdelar ska vara klara inom 10 år. Tabell 1 presenterar begränsningsvärdena enligt tillståndets villkor 6 Utsläpp till vatten.

Tabell 1. Begränsningsvärden enligt tillståndet (halter som kalenderårsmedelvärde)

	Till och med sju år från lagakraftvunnet beslut om tillstånd		Efter sju år från lagakraftvunnet beslut om tillstånd	
	mg/l	ton	mg/l	ton
BOD ₇	8	-	6	-
P-tot	0,3	-	0,20	13
N-tot	10	-	6	400

För att uppfylla villkoren i det nya verksamhetstillståndet har Käppalaförbundet startat projekt Käppala 900k. Projektets målsättning är att Käppalaverket ska dimensioneras för att klara belastning för år 2040 men med en möjlighet att utöka kapaciteten för år 2050. Till följd av de skärpta kraven i det erhållna tillståndet krävs att den tidigare gjorda processdimensioneringen modifieras vilket lett till att MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) valts som teknik.

Principförslaget ska presentera en övergripande teknisk lösning för ombyggnationen, inklusive påverkan på befintliga tekniska system. Detaljering av omfattning utförs under kommande projekteringsarbete innefattande systemhandling och detaljprojektering.

1.2. Projekt mål Käppala 900k

Projekt Käppala 900k omfattar ombyggnation av Käppalas reningsverk för att anpassa reningsverket till ökad belastning med de villkor som är fastställda i det nya miljötillståndet. För projektet har effektmål och övergripande projektmål tagits fram.

Projektet har följande effektmål:

- Verket ska dimensioneras för belastningen för år 2040 (ca 70 Mm³/år) med en möjlig utbyggnad för år 2050 (ca 80 Mm³/år).
- Begränsningsvärden enligt villkor 6 i miljötillståndet ska innehållas. Utsläppsvillkoren ska uppfyllas inom 7 år från det att tillståndet vann laga kraft (2019-06-25).
- Vid normal drift ska anläggningen uppnå följande produktionsmål:
Kväve <5,5 mg/l, Fosfor <0,17 mg/l, BOD <6 mg/l
Implementeringstiden är 10 år från det att tillståndet vann laga kraft.

De övergripande projektmålen för K900k är;

- Tillräckligt stor del av anläggningen ombyggd och i drift inom 7 år för att klara nya utsläppsvillkor år 2027.
- Nyttja befintlig anläggning (volym) i den tekniska lösningen
- Succesiv överlämning till produktion i enlighet med tidplan. Överlämningen ska inkludera fullständig dokumentation och CE-märkning.
- Färdig anläggning inom 10 år som uppfyller utsläppsvillkoren

1.3. Principförslagets syfte

Principförslagets projektmål har varit att ta fram en teknisk lösning för vattenfasen med avseende på genomförbarhet och som uppfyller de nya utsläppskraven från år 2026 fram till år 2040. Vidare har principförslaget haft i uppgift att överblicka vidare ombyggnad till år 2050.

Principförslaget ska visa en övergripande teknisk lösning för ombyggnaden inklusive processdimensionering, hydraulik, utrymmesbehov och påverkan på befintliga tekniska system såsom el, ventilation och luftningssystem. Principförslaget innefattar även en genomförandeplan och beskrivning av drift under ombyggnad kopplad till huvudtidplanen samt en kostnadskalkyl för projektet som helhet, inklusive driftkostnad.

Parallellt med principförslaget har en fördjupad processutredning genomförts av Ramboll. Processutredningen ska fastslå anläggningens processdimensionering och verifiera den processlösning som principförslaget bygger på. I den fördjupade processutredningen görs även känslighetsanalyser för vald process. I den fördjupade processutredningen ingår även en utredning kring skivfilter som sista steg innan recipient, samt en förstudie av en anläggning för rejektvattenrening.

1.4. Organisation

Principförslaget har utförts på uppdrag av Käppalaförbundet. Organisationen för principförslaget har varit följande;

	Organisation	Namn
Beställarorganisation		
Projektledare	Käppalaförbundet	Anna Armandsson
Projektgrupp	Käppalaförbundet	Olle Lindberg, bitr PL Mathias Alarcon, projektadmin Mikael Nielsen, stöd PL
Dupelin	Käppalaförbundet	Tekniska kravställare för anläggningen
Konsultgrupp		
UL	Ramboll	Andreas Lindgren
Projekteringsledare	Ramboll	Eva-Marie Lindström
Teknikstöd	Björkman Water Engineering AB	Petter Björkman
TA Process	Ramboll	Johan Lindmark
TA Hydraulik	Ramboll	Josef Musleh
TA Maskin	Ramboll	Johan Carlsson
TA Bygg	Ramboll	Anders Edlund
BasP	Ramboll	Jan Staverfelt

TA VVS	K-konsult	Fredrik Södergren
TA El	Sweco	Klaus Paschold

1.5. Förutsättningar

Detta principförslag är framtaget under första halvåret 2020 och har sin grund i en förstudie som gjordes under 2019 inom K900k-projektet. Förstudiens syfte var att ta fram en processlösning för Käppalaverket som kan möta de hårdare utsläppskraven som vann laga kraft 2019-06-25 då, i ansökan, föreslagen teknisk lösning var otillräcklig.

Under senhösten 2019 upptäcktes problem med mätningen av inkommande belastning på Käppalaverket. De dimensionerande förutsättningarna reviderades i januari 2020 och en fördjupad processutredning startades då. Den fördjupade processutredningen utförs parallellt med principförslag och för principförslaget har en ”grov” anläggningsdimensionering tagits fram och förfinats med hjälp av en processmodell, vilket ligger till grund för principförslagets anläggningsutformning. När den fördjupade processutredning är klar kommer principförslaget att anpassas och justeras mot den i den fördjupade processutredning gällande anläggningsdimensionering.

Förutsättning för detta principförslag är att den tekniska lösningen ska inrymmas inom befintliga volymer i verkets 11 linjer. All utökning av bergsutrymmen ska undvikas då det påverkar tidplan och kostnader. Anläggningar för rejektvattenrening, kolkälla och övrig kemikaliehantering planeras ovan jord.

1.5.1. Omfattning

Principförslaget har, utifrån förstudie och processmodellering, tagit fram en typlinje (BB08, ES08) för MBBR som gäller för ombyggnad av linje 7 till 11, samt en typlinje för aktivslam för linje 1 till 6. Principförslaget omfattar endast vattenfasen i reningsprocessen och den efterföljande slambehandlingen hanteras ej. Rejektvattenrening och kompletterande polersteg med skivfilter utreds i separata förstudier parallellt med detta principförslag och hanteras därav inte.

Principförslaget innefattar tekniska lösningar inom disciplinerna process, maskin, bygg, VVS och el.

Typlinje för linje 7-11 är dimensionerad efter 2050-års förutsättningar gällande luft- och omrörarbehov medan typlinje för BB01-06 är dimensionerad för år 2040. För att klara kraven mellan år 2040 och år 2050 bedöms att en ombyggnad av BB01-06 till MBBR, krävs.

Principförslaget har även studerat flödesfördelningen mellan linje 1-6 och 7-11 i fördelningskanalerna före respektive reningssteg. Eftersedimenteringsbassängerna ES07-11 är anpassade för det nya biologiska reningssteget gällande MBBR.

Principförslaget berör även, järnklorid, järnsulfat, kolkälla och polymer som behövs för processen.

1.5.2. Avgränsningar

Under arbetet med principförslaget som utförts under våren 2020 har nedan avgränsningar identifierats.

Eventuell uppgradering av installationer för att uppnå gällande krav på brandskydd har inte genomförts.

Förändring kring slampumpning från försedimentering, bioblock och eftersedimentering har studerats i detta principförslag. Eventuell utökning av befintlig slamhantering ingår ej.

Bergsutredning vid eventuell utökning av utrymme i berg för el/VVS-rum har ej ingått i principförslaget. Behov och omfattning av en sådan eventuell utredning får tas i systemhandlingsfas.

Principförslagets huvudmål har varit att ta fram en teknisk principlösning för ombyggnad av verket för att klara år 2040 gällande vattenfasen. För att klara kraven år 2050 visar tidigare förstudie att även vissa av aktivslam i BB01-BB06 bör byggas om till MBBR (hur många av dessa som bör byggas om identifieras i den fördjupade processutredningen). Ingen typlinje för MBBR i BB01-BB06 har tagits fram i detta principförslag, dock har försörjningssystem anpassats för beräknat behov år 2050 och nya anläggningsdelar i linje 7-11 har dimensionerats för 2050.

Åtgärder i eftersedimenteringslinjer ES07 - ES11 utgörs i principförslaget av flockningsvolymmer för ökad sedimentation. Utifrån resultatet av den fördjupad processutredning får eventuell möjligheten att ytterligare öka sedimenteringskapaciteten studeras hösten 2020.

Käppalaverkets polersteg, med sandfilter FH00, antas i K900k-projektet behöva kompletteras. Parallellt med detta principförslag görs en utredning kring möjlighet att öka polerstegets kapacitet med skivfilter. Skivfilter föreslås att placeras i eftersedimentering ES01. Teknisk lösning samt kostnad för skivfilter studeras inte i detta principförslag utan utreds i en parallell processtudie.

Rejektvattenrening utreds separat i en förstudie. I detta principförslag tas uppskattade kostnader och ytbehov fram med avseende på en vald referensanläggning uppförd av SYVAB.

I principförslaget har ingen yta för läkemedelsrening reserverats. Dock har en mindre utredning gjorts för att visa på möjlig placering av pumpstation till en framtida läkemedelsrening vilket redovisas under PM Maskin.

2. Dimensionerande förutsättningar

2.1. Tillståndsgivna reningskrav

Käppalaförbundet har erhållit ett nytt miljötillstånd för en framtida utökad verksamhet vid Käppala reningsverk motsvarande 900 000pe. Belastningen 900 000pe förväntas uppnås år 2050.

Det nya miljötillståndet för anläggningen erhöles i februari 2019 (dom MMD 20190213) och vann laga kraft 2019-06-25, se Tabell 1. Utsläppsvillkoren ska uppfyllas inom 7 år från det att tillståndet vann laga kraft vilket innebär att de nya kraven kommer att träda i kraft 2026-06-25.

Tabell 1 Tillståndsgivna reningskrav enl dom MDD 2019-02-13.

	Begränsningsvärden, halter som kalenderårsmedelvärde			
	Till och med sju år från lagakraftvunnet beslut om tillstånd		Efter sju år från lagakraftvunnet beslut om tillstånd	
	mg/l	ton/år	mg/l	ton/år
BOD7	8	-	6	-
Tot-P	0,3	-	0,20	13
Tot-N	10	-	6	400

Utifrån givna utsläppsvillkor har därefter beslut inom Käppalaförbundet fattats kring produktionsmålen för år 2040, se Tabell 2.

Tabell 2 Utsläppskrav enligt erhållet tillstånd samt produktionsmål år 2040 beslutade inom K900k:s fördjupade processutredning.

	mg/l	Ton/år	Medel för perioden
Utsläppsvillkor			
BOD7	6	-	Årsmedel
Tot-P	0,19	13	Årsmedel
Tot-N	5,8	400	Årsmedel
Produktionsmål			
BOD7	4	-	Årsmedel
Tot-P	0,14	13	Årsmedel
Tot-N	5,0	400	Årsmedel

2.2. Flöden och temperatur

År 2012 som var ett historiskt år med stora flödesvariationer och stora flöden har valts som dimensionerande när framtida flödesvariationer har tagits fram av Käppalaförbundet.

Dimensionerande flöde, Q_{dim} , genom verket har definierats till $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ år 2050 Tabell 3. Som maximalt flöde genom bioblock och eftersedimentering linje 7 till 11 ska klara Q_{max} med en linje i redundans, vilket innebär att en FS, BB och ES ska kunna vara avställda vid maxflöde.

Tabell 3 Dimensionerande flöden 2050

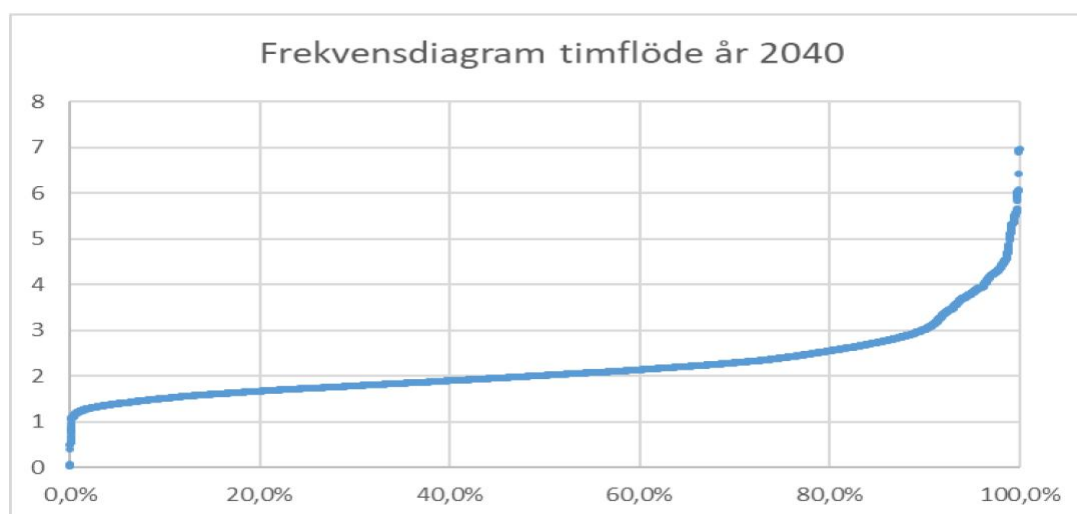
Processdel	Q_{max} [m^3/s]	Q_{dim} [m^3/s]
Galler	10	-
Högflödesrening	3	-
Sandfång	5	2,5
Försedimentering	5	2,5
Biologi	5	2,5
Linje 01-06	1 ¹	0,5
Linje 07-11	4 ²	2
Sandfilter	5 ³	2,5

¹Hydraulisk kapacitet att klara $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ för framtida effektiviseringar av reningskapaciteten.

²Med en linje i redundans så går flödet att öka till $4+1 \text{ m}^3/\text{s}$. I praktiken så behöver dock eftersedimenteringarna byggas om för att reningsresultaten skall bli godtagbara vid detta flöde.

³Sandfiltrens kapacitet har visat sig vara lägre under vintersäsongen ($4 \text{ m}^3/\text{s}$)

Överskjutande flöde över $5 \text{ m}^3/\text{s}$ hanteras i högflödesreningen och leds sedan till utloppet av verket. Figur 1 redovisar uppskattad varaktighet av timflöden år 2040.



Figur 1 Beräknad varaktighet timflöden (m^3/s) år 2040 framtaget av Käppalaförbundet. Källa: Dimensionerande Förutsättningar, Käppalaverket 900k 2020-01-20 Rev B, Jonas Grundestam

År 2012 är identifierat som dimensionerande år av Käppalaförbundet. Årsmedeltemperaturen för inkommande avloppsvatten det året är 13,6 °C och den kallaste månaden är 10,2 °C. De strikta utsläppskraven innebär att produktionsmålen måste uppnås varje månad under året och därför dimensioneras processen efter den lägsta månadstemperturen på avloppsvattnet 10 °C.

2.3. Föroreningsbelastning

I tabell 4 visas prognosticerad dimensionerande belastning för det framtida Käppalaverket 2040.

Tabell 4 Dimensionerande (medel)belastning för det framtida Käppalaverket 2040.

Storhet	Enhet	Värde
BOD ₇ *	kg/d	55 000
Tot-N	kg/d	10 080
Tot-P	kg/d	1 240

* BOD₇-belastningen motsvarar 785 000 pe (70 gBOD₇/pe,d)

2.4. Övriga förutsättningar

Käppalaverket är en berganläggning där samtliga reningssteg för vattenfasen är insprängda i berget. Käppalaverkets område ovan mark är mycket begränsad och i nära anslutning till bostäder, skola och industrier.

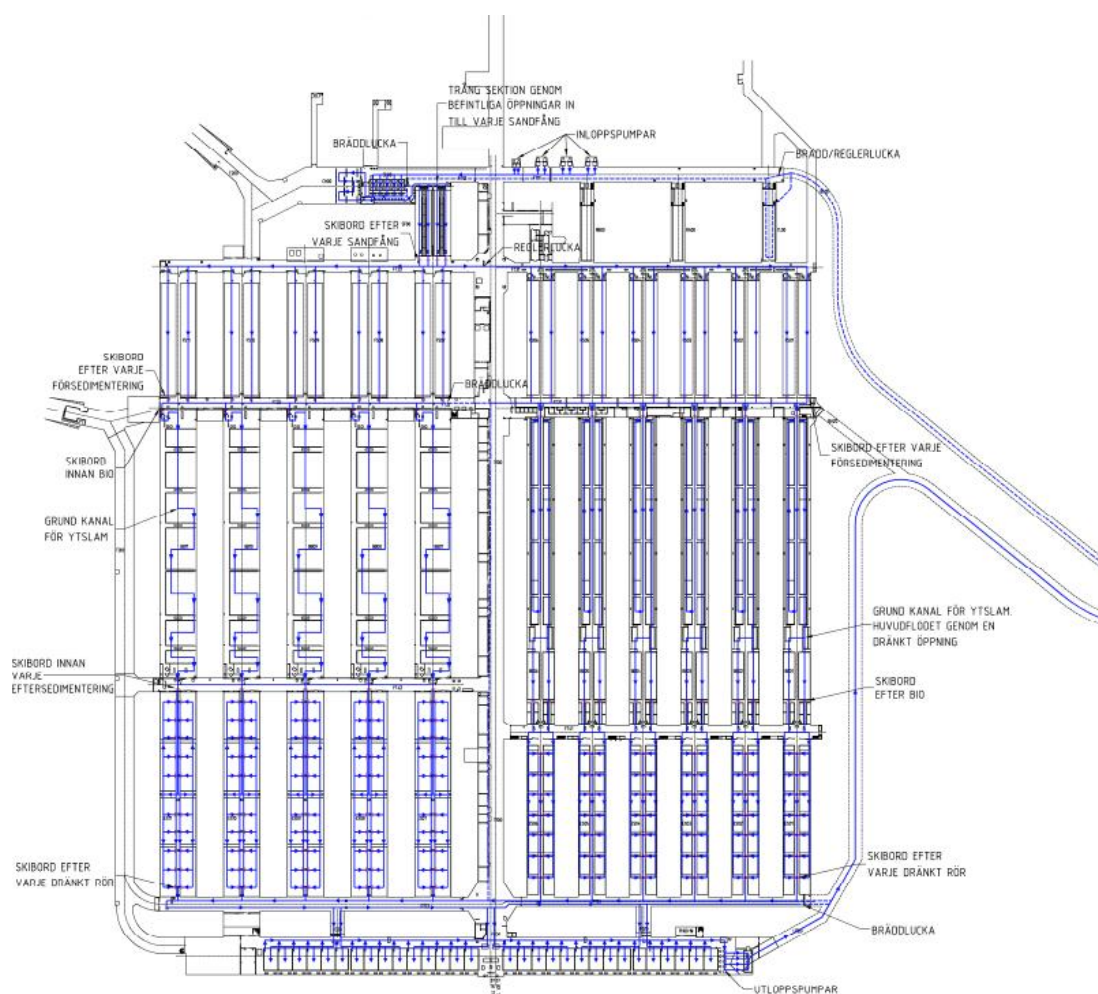
2.5. Utblick 2050

För att klara utsläppskraven år 2050 är bedömningen att aktivslamprocessen i linje 1-6 avvecklas och två linjer byggs om till en MBBR-process. Denna bedömning har används för val av blåsmaskinkapacitet, bottenluftarsystem samt behov av kraftmatning och ventilation.

3. Befintlig anläggning

Käppalaförbundet bildades 1957 och 12 år senare, 1969, var Käppalaverket med tillhörande tunnelsystem färdigställt. Verket fick sin nuvarande utformning vid utbyggnaden Käppala 2001.

Käppalaverket har 11 reningslinjer varav 6 linjer tillhör det ”gamla verket” byggt före 1969, ombyggt 1998–2001 (linje 1–6) och 5 linjer tillhör det ”nya verket” byggt 1995–1998 (linje 7–11) se flödesplan Figur 2, Q_{dim} för anläggningen är $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Därefter har avloppsverket även kompletterades med ny slamavvattning (SA20) 2014, ny rökammare (R300) 2019, Högflödesrening (HF00) 2019, Kemikalieförrådtankar (KE20) 2018



Figur 2 Flödesplan över befintlig anläggning Käppalaverket i berg

3.1. Tunnelsystem och inlopp

Avloppsvatten når avloppsreningsverkets inloppspumpstation via en cirka 65 km lång bergtunnel från Danderyd, Lidingö, Vallentuna, Sollentuna, Solna, Upplands Väsby, Sigtuna, Upplands-Bro och Täby. Inloppspumpstationen som ligger ca 20 m under marknivå består av 8 torrt uppställda pumpar med en total kapacitet på 10 m³/s.

Från Nacka och Värmdö kommun pumpas avloppsvatten via fyra sjöförlagda dykarledningar från respektive kommun som mynnar ut i kanal före Käppalaverkets grovrening.



Figur 3 Översikt över Käppalaförbundets tunnelsystem

3.2. Grovrening

Efter inloppspumpstation passerar avloppsvattnet grovreningens galler, förluftning och sandfång.

Gallersteget består av 10 stycken rengaller som har en spaltvidd på 3 mm och dessa har en total kapacitet på 10 m³/s. Nedströms rengallren leds vattnet genom en förluftningskanal.

Efter förluftningskanalen leds vattnet till verkets fyra luftade sandfång. Avskild sand tvättas i en sandtvätt och släpps till containrar för vidare transport från verket.

Flöden överstigande 6 m³/s efter leds efter gallret till högflödesreningen som är dimensionerad för att klara flöde upp till 3 m³/s. Högflödesreningen har en avskiljningsgrad på 90 % fosfor, 50 % BOD₇ och 15 % kväve. Renat vatten från högflödesreningen leds ut via bräddavloppstunneln som mynnar ut i Saltsjön strax öster om ordinarie utloppsledning. Flöden överstigande 8m³/s leds direkt efter galler och högflödesrening till bräddavloppstunneln.

3.3. Försedimentering

Efter sandfång leds avloppsvattnet via fördelningskanalerna FT21 och FT22 vidare till försedimenteringsbassängerna. Vattnet fördelas mellan FS01-06 och FS07-11 via en reglerlucka i kanalen FT21

Försedimenteringen består av 11 separata linjer. Flödet som leds till försedimenteringarna är optimerade utifrån efterföljande biostegs volymer och utformning.

Försedimenteringsbassängerna är utrustade med traversskrapor som skrapar det sedimenterade slammet till slamfickan i början på bassängerna. Slammet i slamfickan pumpas vidare till sambehandlingen.

3.4. Bioblock

Efter försedimentering samlas vattnet upp i kanalerna FT31 och FT32. Därifrån fördelas vattnet vidare till biologisk rening.

Den biologiska reningen sker idag med en aktivslamprocess för att reducera BOD och kväve samt att reducera fosfor biologiskt eller genom simultanfällning (fällningskemikalie tillsatt i returslammet). Biologin och eftersedimenteringen har en kapacitet på 5 m³/s. Bioblock BB01-06 är dimensionerad för 36 % av flödet och BB07-11 är dimensionerad för 64 % av flödet. Överstigande flöde kan förbiledas i en kanal direkt till filtren.

Linje BB01/ES01 samt BB11/ES11 är försökslinjer som helt kan separeras mot övriga linjer.

3.5. Eftersedimentering

Eftersedimenteringen består av 11 linjer. Linje ES01 – ES06 ligger i serie med biostegen BB01 – BB06 utan någon möjlighet till omledning av vatten mellan olika linjer. BB07 – BB11 fördelar vatten vidare till eftersedimentering ES07 – ES11 i en fördelningskanal FT42.

Vattnet till ES01-06 leds in i början på bassängerna och tas ut via dränkta utloppsrör med borrade hål som leder vattnet via en uppsamlingskanal till samlingskanalen FT51.

Slammet i ES01-06 skrapas via linskrapor till slamficka vid inloppet

Till ES07-11 fördelas vattnet in via skibord från fördelningskanal FT42 till mitten av respektive eftersedimenteringsbassäng och därifrån ut till fyra sedimenteringsvolymmer i varje bassäng. Ut från ES07-11 leds vattnet även där via dränkta utloppsrör med hål via en uppsamlingskanal och vidare till samlingskanalen FT52. Slammet i ES07-11 skrapas via kedjeskrapor in till slamschaktet som ligger centralt placerade i bassängerna.

En del av slammet från bassängerna återförs till biobassängerna som returslam, medan en del tas ut som överskottslam och pumpas vidare till slambehandlingen.

3.6. Filtrering

Eftersedimenterat vatten leds därefter in till ett filtersteg. Filtersteget består av 30 tvåmediafilter med sand och krossad leca som reducerar suspenderade ämnen samt har möjlighet till utfällning av fosfor. Vid fällning av fosfors används järnsulfat som fällningskemikalie.

Efter sandfilter leds vattnet till en utloppspumpstation med fem propellerpumpar som lyfter vattnet över till utloppstunneln och provtagning för renat avloppsvatten som mynnar ut på ca 48meters djup och ca 130 meter från land.

3.7. Slambehandling

Slammet från processen förtjockas, stabiliseras anaerobt genom rötning och avvattnas innan bortförel från området.

Mestadeln av den gas som bildas vid rötningen uppgraderas till fordonsgas och säljs till SL (Stockholms länstrafik). En viss del förbränns i gaspannor, speciellt vid fel och kan då göras till fjärrvärme, eller facklas bort. En mindre del av gasen används för uppvärmning av anläggningen.

3.8. Kemikalier och blåsmaskinsluft

Käppalaverket använder idag järnklorid, järnsulfat och polymer i processen.

Järnsulfat används som simultanfällning i den biologiska processen samt som slutpolering av fosfor på filtren. Järnsulfat levereras i pulverform och bereds till en mättad lösning i byggnad JL00. Den mättade lösningen pumpas ner till dagtankar placerade i fördelningstunnlarna FT41/42 och FT52.

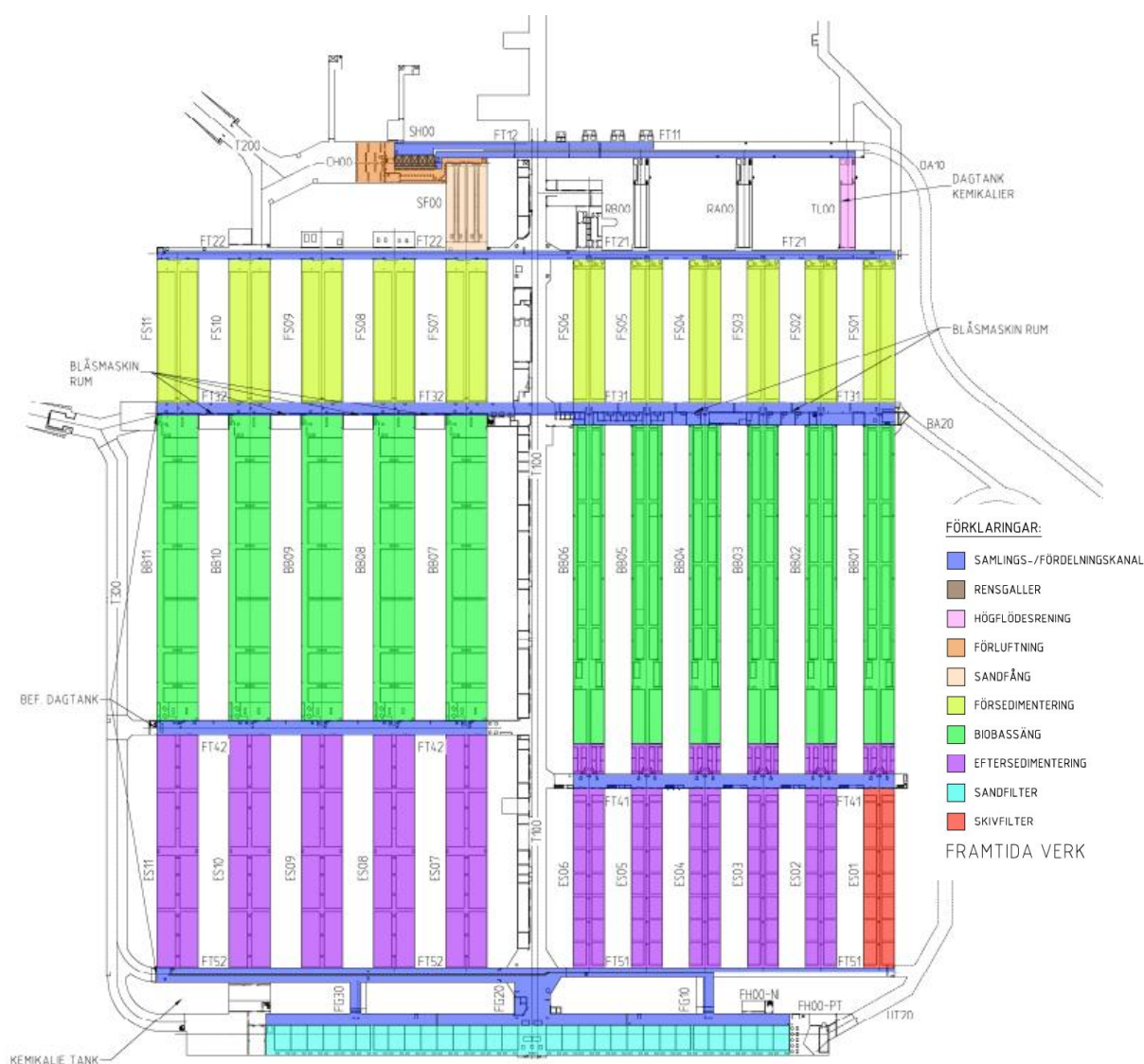
Järnklorid används som fällningskemikalie till högflödesreningen (HF00), samt vid pilotförsök i linje 11. Vid drift av högflödesreningen är kemikalieförbrukningen stor. I dagsläget finns tre tankar på vardera 50 m³ för lagring av järnklorid beläget i byggnad KE20. Ett högflöde kan vara i flera dygn och en tank järnklorid räcker i ca 27-37 timmar. Två volymer är därför dedikerade till fällningen i högflödesreningen.

Polymer används idag vid slamavvattning och polymerberedning finns i dag i byggnaderna SA20, SB00 och SB10. Polymer används även vid drift av högflödesreningen.

I befintlig anläggning finns tre blåsmaskiner i tre blåsmaskinsrum för linje 1-6. Ytterligare ett blåsmaskinsrum ställdes av 1998/99 och används i dag som förråd. Linje 7-11 har fyra blåsmaskiner, placerade i var sitt blåsmaskinsrum som är belägna mellan varje bioblock. Luften till blåsmaskinsrummen leds via kanaler från luftintag ovan mark.

4. Förslag till teknisk lösning, process och funktion

Detta principförslag har tagit fram ett förslag till teknisk lösning som krävs för att klara utsläppskraven år 2040. En utblick mot år 2050 har gjorts och installationer har anpassats för år 2050 för att minimera ingreppen. Förstudie och processmodellering har visat att med en ombyggnad av BB07-11 till MBBR och fortsatt aktivslamprocess i BB01-06 tillsammans med utökning av efterföljande filtersteg samt ny rejektvattenanläggning så kommer anläggningen att klara utsläppskraven fram till år 2040.



Figur 4 Plan över anläggning i berg efter ombyggnad för att klara utsläppskrav år 2040. BB01-06 Aktivslam, BB07-11 MBBR, i ES01 installeras skivfilter som komplement till sandfilter

Befintliga sandfilters kapacitet utreds via belastningsförsök av Käppalaförbundets processorganisation och en skivfilteranläggning studeras parallellt i en separat förstudie

tillhörande fördjupad processutredning. Denna skivfilteranläggning föreslås inrymmas i ES01 som därmed avställs.

Ovan mark föreslås kemikaliehantering för bland annat järnsulfat, järnklorid och kolkälla, samt anläggning för rejektvattenrening.

4.1. Inlopp och grovrening

Befintlig inloppspumpstation, galler samt sandfång bedöms ha tillräcklig kapacitet processmässigt för att hantera framtida belastningen.

Flödet till sandfång och till efterföljande steg kommer att begränsas till $Q_{\max} 5\text{m}^3/\text{s}$ och överskjutande flöden hanteras i högflödesreningen eller bräddas ut via bräddledning. Den befintliga högflödesreningen har en total kapacitet av $3\text{m}^3/\text{s}$.

Då inloppet till de fyra sandfången idag skapar en dämning mot förluftningen och rengaller vid höga flöden så bör inloppens totala tvärsnittsarea ökas. Detta föreslås utföras med antingen ett inloppsrör med ventil för avstängning eller en extra öppning i vägg med avstängningslucka till var och en av de fyra sandfången.

4.2. Flödesfördelning

Efter sandfången fördelas flödet ut på befintliga försedimenteringar. Förfällning i form av dosering av järnklorid ska kunna ske i förluftningskanalen innan försedimenteringen vilket kan vara aktuellt vid de tillfällena/perioder med högre fosforhalter. Principförslaget har en hydraulisk förutsättning att 36 % av flödet ska kunna tas genom linje 1–6 och 80 % av flödet ska kunna ledas genom linje 7–11. Det visat sig under framtagandet av principförslaget att linje 1–6 mest troligt kommer kunna hantera 20 – 25 % av flödet processmässigt, men principförslaget har hållit kvar möjligheten att hydrauliskt leda 36% av flödet genom linje 1-6.

Flödet mellan försedimenteringarna FS01-06 och FS07-11 regleras med en reglerlucka placerad i fördelningskanal FT21. I anslutning till luckan finns en kanalflödesmätare installerad. Funktionen för reglering av flödet idag är osäker. Under våren 2020 har Käppalaverket gjort justeringar kring luckan och flödesmätningen och funktionen får därefter utredas så att reglering av flödet säkerställs.

Efter försedimenteringsbassängerna är de två blocken ihopkopplade via fördelningskanaler FT31 och FT32. Där finns ytterligare möjlighet att fördela vatten mellan blocken. Denna kanal är i dag inte i drift och eventuellt finns det genomföringar i kanalen vid T100 som måste flyttas om kanalen ska tas i drift. Hydraulisk bör kanalen kunna fördela ca $0,5\text{m}^3/\text{s}$ från linje 1-6 till linje 7-11 eller tvärt om. Denna förbiledning är aktuell om FS01-06 belastas högre än vad BB01-06 klarar.

I dagsläget finns ingen möjlighet till överledning av vatten mellan FT41 och FT42 (efter biosteget och innan eftersedimentering). I principförslaget kommer detta inte finnas med i den tekniska lösningen då detta inte har setts som möjligt utan pumpning.

4.3. Försedimentering, FS01 – FS11

Det framtida maximala flödet genom försedimenteringsbassängerna är något lägre för linje 1–6 och endast något högre till linje 7–11 jämfört med dagens maxflöden och inga ombyggnader behöver göras i dessa bassänger.

Försedimenteringen för samtliga linjer sker utan tillsatts av fällningskemikalie i den nya processen. Möjlighet att kunna dosera järnklorid innan försedimenteringarna vid behov skall dock finnas tillgänglig i framtiden, s k förfällning.

Med framtida ökad belastning kommer slamproduktionen i försedimenteringen att öka. Befintliga slampumpar ersätts med nya pumpar av typen excenterskruvpump med varvtalsstyrning och högre kapacitet då befintliga pumpar har uppnått sin tekniska livslängd.

4.4. Linje 1 – 6

4.4.1. Bioblock, BB01-06

För bioblocken BB01-06 är det mindre åtgärder som krävs då en process med aktivt slam kvarstår i princip lika befintligt. En ny Deox-zon behöver skapas vilket kräver ytterligare en avskiljningsvägg samt att omrörare installeras i zonen och befintligt bottenluftarsystem som då hamnar i den nya deox-zonen rivs och pluggas.

Pumpningen för nitratrecirkulation ändras och befintliga pumpar flyttas till den nya Deox-zonen samt att utsläppspunkten flyttas till bioblockets inlopp. Returslammets utsläppspunkt behöver även flyttas då första reaktorvolymen kombineras med efterföljande reaktorvolym för att hamna i bioblockets inlopp.

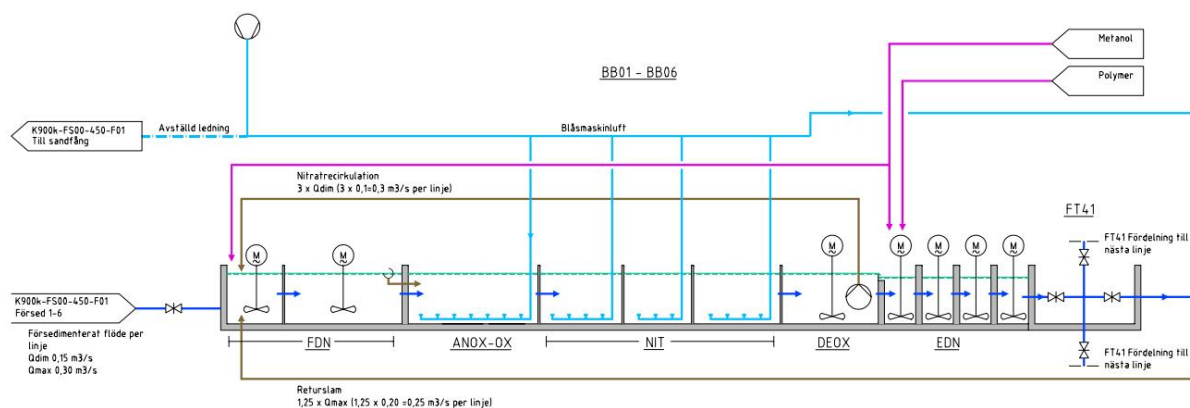
Den nya aktivslamprocessen består då av en fördenitrifikation, nitrifikation, en ny deox-zon i delar av befintlig nitrifikation och efterdenitrifikationen i dagens deox.

En kolkälledosering, med antingen etanol eller metanol, kommer att behövas för att tillföra extra kolkälla till efterdenitrifikationen samt till fördenitrifikationen vid behov.

Till efterdenitrifikation, placeras i en volym uppdelat på fyra. Dessa volymer har i dagsläget rakt genomlopp och vidare till eftersedimentering. In och utlopp till de fyra volymerna görs om, hål tas upp i betongväggarna, så att hela flödet leds med ett så kallat pluggflöde genom

alla fyra volymer innan det leds ut i FT31. I sista volymen eller i den luftade zonen just innan doseras polymer för bättre sedimentering i efterföljande eftersedimenteringsbassänger.

Då processen i bioblocket beräknas förbruka mer syre jämfört med befintlig process kommer även blåsmaskiner att bytas ut. Rörssystem, dysor mm. tillhörande luftningssystemet bedöms kunna behållas då dessa teoretiskt klarar den högre kapaciteten från blåsmaskinerna.



Figur 5 Flödesschema över framtida process för aktivslam BB01 – BB06. Simultanfällning kan även i fortsättningen ske genom tillförsel av järnsulfat till returslamledningen, redovisas inte i figur.

4.4.2. Eftersedimentering, ES01 – ES06

I dagsläget sitter BB01-06 i serie med respektive linje i ES01-06. Ett rör eller kanal måste därför anläggas i FT41 som sammanlänkar flödeskanalen mellan bioblocken och eftersedimenteringen. Denna kanal gör det möjligt för flödet från BB01-06 att fördelas jämnt till de fem eftersedimenteringsbassängerna ES02-ES06. ES01 har i detta principförslag reserverats för ny skivfilteranläggning.

ES02-06 kapacitet är inte tillräcklig för en fortsatt drift med 36 % av maxflöde med de nya utsläppskraven och måste begränsas. Med nyttjande av polymer för att förbättra avskiljningen så beräknas det att ES02-06 kommer ha en kapacitet runt 22 % av maxflödet.

4.5. Linje 7 – 11

4.5.1. Bioblock, BB07-11

I förstudien har det bedömts möjligt att klara det nya kravet år 2040 genom att bygga om BB07 till BB11 från en aktivslamprocess till MBBR-process (Moving Bed Biofilm Reactors). Förutsättningarna för principförslaget har varit att fem MBBR-bassänger ska klara 80% av maxflödet med en bassäng i redundans. Detta gör att varje bassäng ska klara att rena $1 \text{ m}^3/\text{s}$.

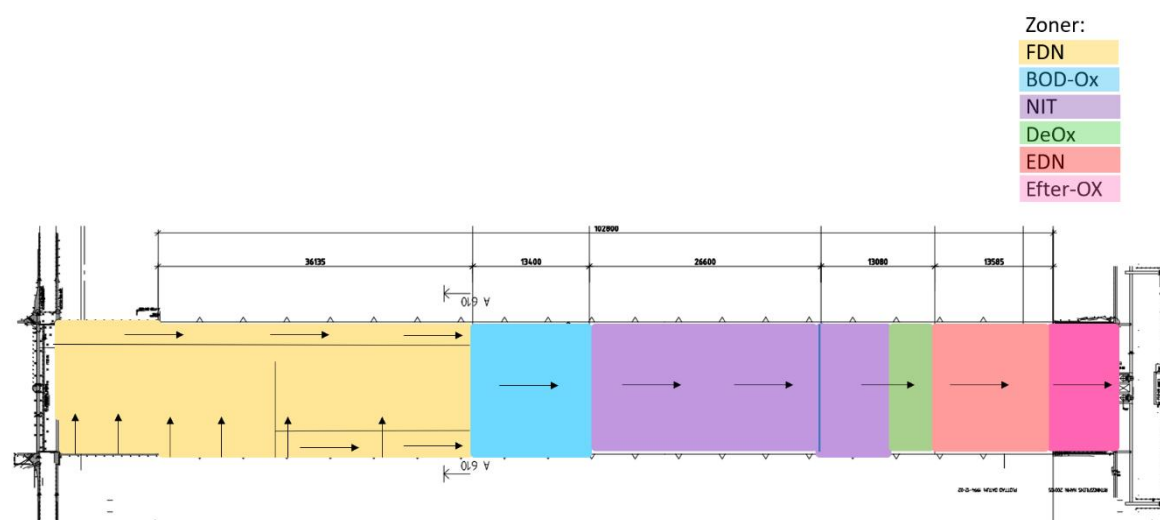
MBBR innebär att bärare tillsätts i reaktorvolymerna vilket ökar den totala aktiva ytan av mikroorganismer. Reningskapaciteten kan därmed ökas i befintliga volymer. Fyllnadsgraden av bärrmaterial styrs av behovet av aktiv processyta och funktion. Fyllnadsgraden för de olika bassängerna varierar mellan 30-55 % av zonens totala volym.

Tabell 5 Processtekniska designparametrar MBBR 2050

Parameter	Zoner							
	FDN 1	FDN 2	BOD-Ox	NIT1	NIT2	Deox	EDN	Efterox
Fyllnadsgrad [%]	45	45	45	45	45	45	55	30
Max tillåten fyllnadsgrad [%]	55	50	50	50	50	45	55	50
Specifik area bärare [m ² /m ³]	650	650	650	800	800	800	650	500
Syrehalt [mgDO/l]	<0,5	0	3	5	4	2	<0,5	>2

MBBR-tekniken kräver omrörning och/eller syresättning i olika zoner i vattnets flödesväg. I zoner som kräver både syresättning och omrörning sker omrörning med hjälp av den luft som blåses in i botten via bottenluftarsystem för syresättning. I zoner som bara kräver omrörning men ingen syresättning sker omblandning med omrörare.

Zonerna skiljs åt via silväggar som hindrar att bärrmaterial följer med vidare i processtegen.



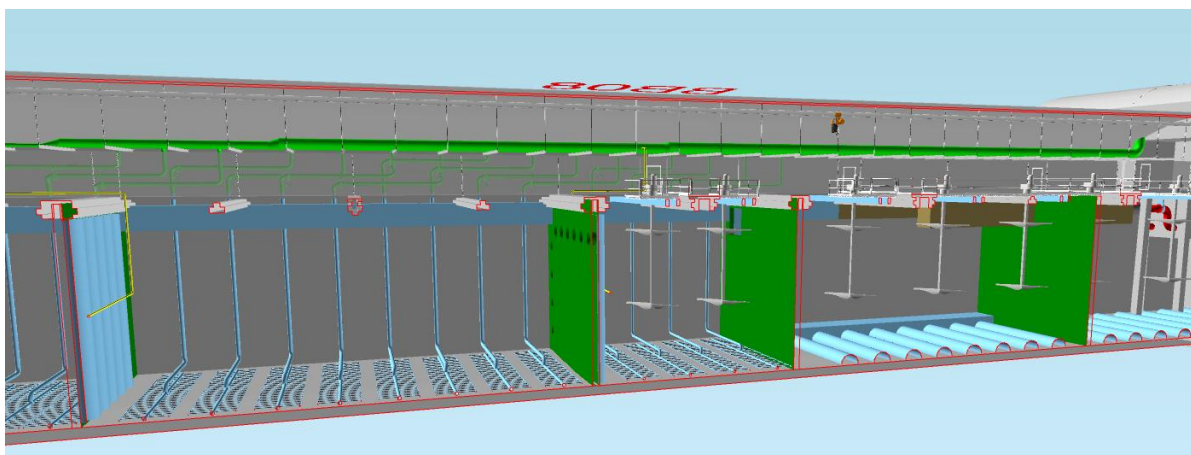
Figur 6 Schematisk bild över framtida process för MBBR BB07 – BB11. Färgmarkeringar representerar de olika zonerna i MBBR-processen. Pilarna visar flödesvägar för avloppsvattnet genom bioblocket.

Reaktorvolymernas storlek är i princip lika som de befintliga reaktorvolymerna förutom att en ny Deox-zon skapas.

I fördelningskanalen FT32 rivs befintligt inloppsskibord med tillhörande betongväggar så att en öppning in till bioblocket erhålls.

För att öppna upp för den första fördenitrifikationszonen rivs väggar och tillhörande bjälklag i befintliga bioblock. Även mellanväggar i bioblocken som i dagsläget fungerar som avskiljare i de olika reaktorvolymerna kommer rivas och ersättas med nya i samma läge. Befintliga mellanväggar är stående prefabricerade HD/F-element utan konstruktiv förmåga att ta upp sidolast. Nya mellanväggar uppförs av platsgjuten betong i detta principförslag. Mellanväggar ska dimensioneras för att klara last från enkelsidigt tryck av en bassäng fulla av bärare, detta för att möjliggöra underhåll av bassängerna. Befintliga maskininstallationer i bassänger såsom omrörare och luftarsystem rivs i sin helhet.

I början av bioblocket anläggs en pumpstation som lyfter vattnet till en inloppsränna. Lyftpumpstationen består av två frekvensstyrda lyftpumpar med total kapacitet på $1\text{m}^3/\text{s}$. Till inloppsrännan pumpas även nitratrecirkulation från DeOx-zonen för att uppnå bra inblandning och fördelning i fördenitrifikationszon. Fördenitrifikationszonen har p g a sin storlek valts att delas upp i två för att möjliggöra en enklare hantering av bärare vid underhåll.

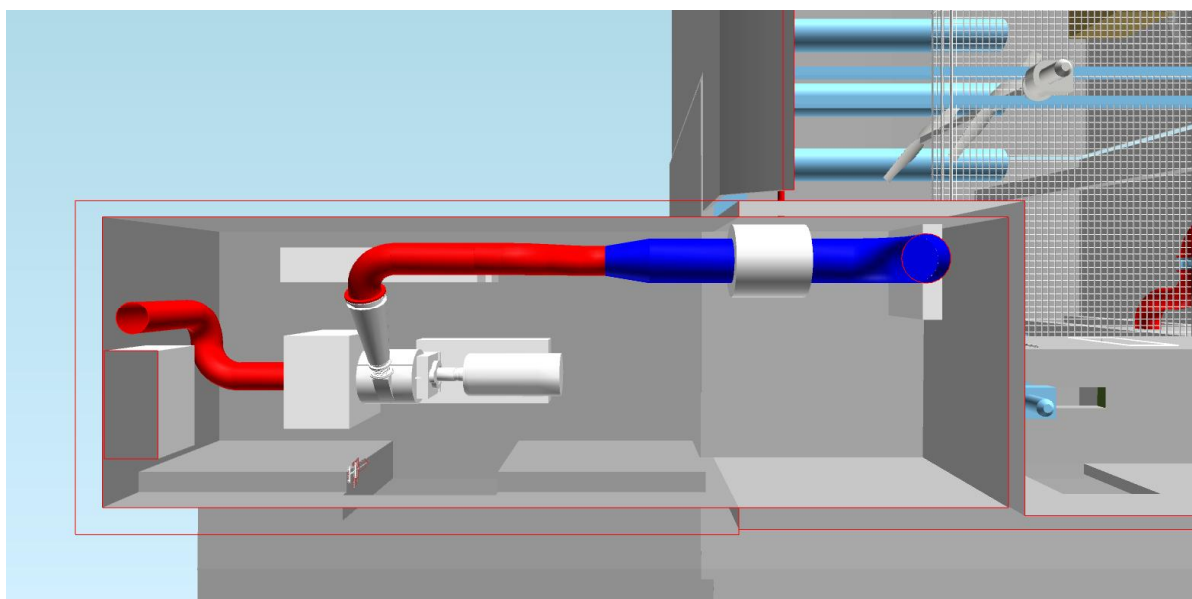


Figur 7 Urklipp från typlinje för ny MBBR-process i bioblock BB07-11.

I luftade zoner installeras ett grovblåsiggt bottenluftarsystem utan underhållsbehov då befintlig teknik med dysor av gummimembran inte är att föredra i reaktorvolymerna med bärare p g a underhållsbehovet av dysorna. I omrörda icke luftade zoner installeras omrörare i nya lägen för att uppnå god omblandning och för att förhindra att bärare följer med vattenströmmen och lägger sig mot silväggarna som skiljer zonerna åt. Silväggarna föreslås i detta principförslag utgöras av halvmåneformade stålplåtssilar monterade på nya platsgjutna skiljeväggar och/eller på botten av bassängerna.

I för- och efterdenitrifikationsstegen tillsätts en extern kolkälla som kan bestå av etanol eller metanol.

Den ökade inkommande belastningen och de skarpare reningskraven ställer höga krav på processen vilket även leder till en ökad syreförbrukning. Blåsmaskiner för linje 7 – 11 behöver därmed bytas ut. Blåsmaskinerna, fyra i antal, är i dagsläget placerade i blåsmaskinsrum belägna i nischer mellan BB07/08, BB08/09, BB09/10 och BB10/11. För att få plats med de fysiskt större blåsmaskinerna och kringutrustning behöver blåsmaskinrummen utökas mot angränsande bioblock. D v s blåsmaskinsrum mellan BB07 och BB08 växer in över bioblock BB08 o s v.



Figur 8 Planvy över blåsmaskinsrum

Pumpar för nitratrecirkulationen ersätts med nya pumpar med en högre kapacitet jämfört med befintliga pumpar. Då processen ändras från en aktivslamprocess till MBBR-process behöver inget returslam pumpas tillbaka till bioblocket och returslampumpar kan demonteras.

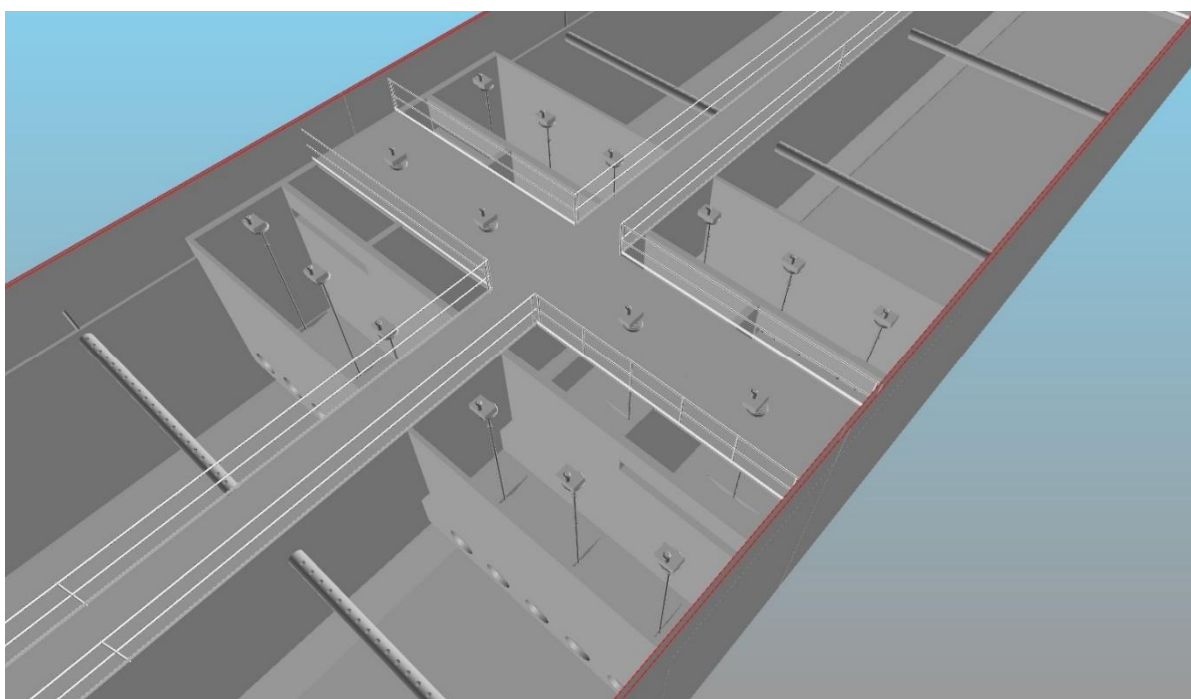
P g a det ökade behovet av luftning i processen kommer arbetsmiljön att påverkas i bassänghallen då den ökade luftningen även medför en ökad aerosolbildning. För att tillgodose god ventilerad arbetsmiljö vid genompassage och daglig tillsyn kommer gångpassager att förses med glasvägg mellan gångstråk och de öppna bassängerna. Glasväggen monteras mot befintliga mediabalkar och förses med dörrar in till gångbryggor som möjliggör tillgång till omrörarmotorer etc. Vistelsezon kan därmed förses med tilluft och frånluft avleds från bioblockets bassängdel.

4.5.2. Eftersedimentation, ES07 – ES11

Nivån i MBBR-bassängerna hålls via skibord placerade i FT42 in till vardera eftersedimenteringsbassänger ES07-11. Vid ombyggnaden förlängs skiborden som i dag är

en av tre sidor av eftersedimenteringarnas inloppskamrar, genom att de kvarvarande två sidornas betongkant sågas ned och skibordsplåt kompletteras på respektive sida.

Eftersedimentationen kommer att behöva förstärkas i det framtida verket för att klara Q_{\max} . För linje 7-11 kan detta göras genom att antingen implementera lameller, flotation eller dosera polymer. Bedömningen är idag att polymerdosering skall räcka fram till år 2040 i nya flockningskammare. Polymer och järnklorid doseras i eftersedimenteringarnas inloppskammare som kompletteras med omrörare för intensivinblandning. Därefter leds vattnet in genom befintlig inloppskanal till vardera eftersedimentering. I mitten på eftersedimenteringsbassängen fördelas vattnet ut på de fyra delvolymerna genom en flockningsenhet med fyra flockningskammrar och omrörare för att skapa flockar.



Figur 9 Eftersedimenteringens nya flockningsvolymier med omrörare

Vattnet leds från eftersedimenteringen ut genom dränkta utloppsrör som kompletteras med fler utloppshål för att klara det ökade flödet. Nivån ut från eftersedimenteringsbassängen hålls via skibord som utökas i längd även de för att klara den ökade kapaciteten.

För slampumpning från eftersedimenteringar ändras detta till att från tidigare varit ett retur- och överskottsslam vara ett slam som pumpas direkt till slambehandlingen. Befintlig pumpkasun ovan valv i FT42 inklusive pumpar rivs. Två nya pumpar placeras ovan varje pumpkasun och ansluts till befintlig sugledning till respektive slamficka. för att gemensamt kunna pumpa det sedimenterade slammet från sedimenteringarnas slamfickor till slambehandlingen.

Vid statusbesiktning av betongytor i eftersedimenteringsbassäng ES09 har dokumenterats en längsgående spricka och upplyftning av bassängbotten. Orsak till skadan kan bero på

bottenuppträckning vid nedtömning av bassäng. Skadorna i ES09 är omfattande och åtgärder måste göras. Om övriga bottnar i ES07 till ES11 har lika omfattande skador är oklart, dock har Käppalaförbundet uppgett att det i övriga bassänger även där noterats långsgående sprickbildningar.

4.6. Filtrering

För slutfiltreringen utreds om skivfilter eventuellt ska implementeras för att öka flödeskapaciteten som idag är begränsad över sandfiltren. Skivfilterlösningen undersöks i en separat utredning inom projektet K900k.

Skivfilter föreslås att inrymmas i ES01 vilket gör att flödet från BB01-06 måste fördelas till ES02-06 via ny kanal eller nytt rör som bildar en fördelning mellan de olika blocken.

4.7. Kemikalier

Kolkälla, järnklorid, järnsulfat och polymer doseras i olika processteg.

Tabell 6 Kemikalieförbrukning (medel) i biosteget, eftersedimenteringen och slutpoleringen för dimensionerande år 2040 och 2050. Angivna volymer och vikter i tabellen är levererad mängd från leverantör. Järnklorid och Kolkälla levereras flytande och järnsulfat och polymer levereras som pulver.

Parameter	Enhet	2040	2050
Järnklorid _{förfällning}	m ³ /d	vid behov	vid behov
Järnklorid _{efterfällning}	m ³ /d	10,5	15,5
Järnsulfat _{simultanfällning}	kg /d	2 832	-
Järnsulfat _{slutpolering filter}	kg /d	2 752	3 377
Polymer _{eftersed}	kg/d	200	200
Kolkälla _{metanol}	m ³ /d	9	10

I både den framtida aktivslamprocessen i BB01-06 samt i MBBR i BB07-11 behövs en tillsatts av extern kolkälla. Som kolkälla har metanol använts i detta principförslag för beräkning av doseringsvolymer etc.

Val av kemikalier är fortfarande under utredning i den detaljerade processtudien och kommer att provas ut under kommande försök.

4.8. Luftbehov

När det gäller de stora mängderna luft som kommer krävas för den framtida processen har år 2050 används som dimensionerande år för att säkerställa att tillräcklig kapacitet finns för samtliga utbyggnadsetapper till år 2050. Luftbehovet har en betydande påverkan på både

ventilation- och kraftbehovet samt dimensioneringen av luftarsystemet i processen. För BB 7-11 har blåsmaskiner, bottenluftare dimensionerats för luftbehovet år 2050. Luftledningar och bottenluftare i BB01-06 har bedömts tillräckliga fram till år 2040 med fortsatt aktivslamprocess.

4.9. Slampumpning

Med högre inkommande belastningen till Käppalaverket ökar även slamproduktionen från sedimenteringsstegen. Detta innebär att slammängderna som pumpas till slambehandlingen kommer att öka jämfört med befintliga mängder.

Maskinell utrustning för slampumpning från försedimenteringar tillhörande linje 1 – 11 ersätts med pumpar med en högre kapacitet jämfört med befintlig installation. Till viss del behöver en del av rörledningarna och tillhörande armaturer att bytas ut till en större dimension.

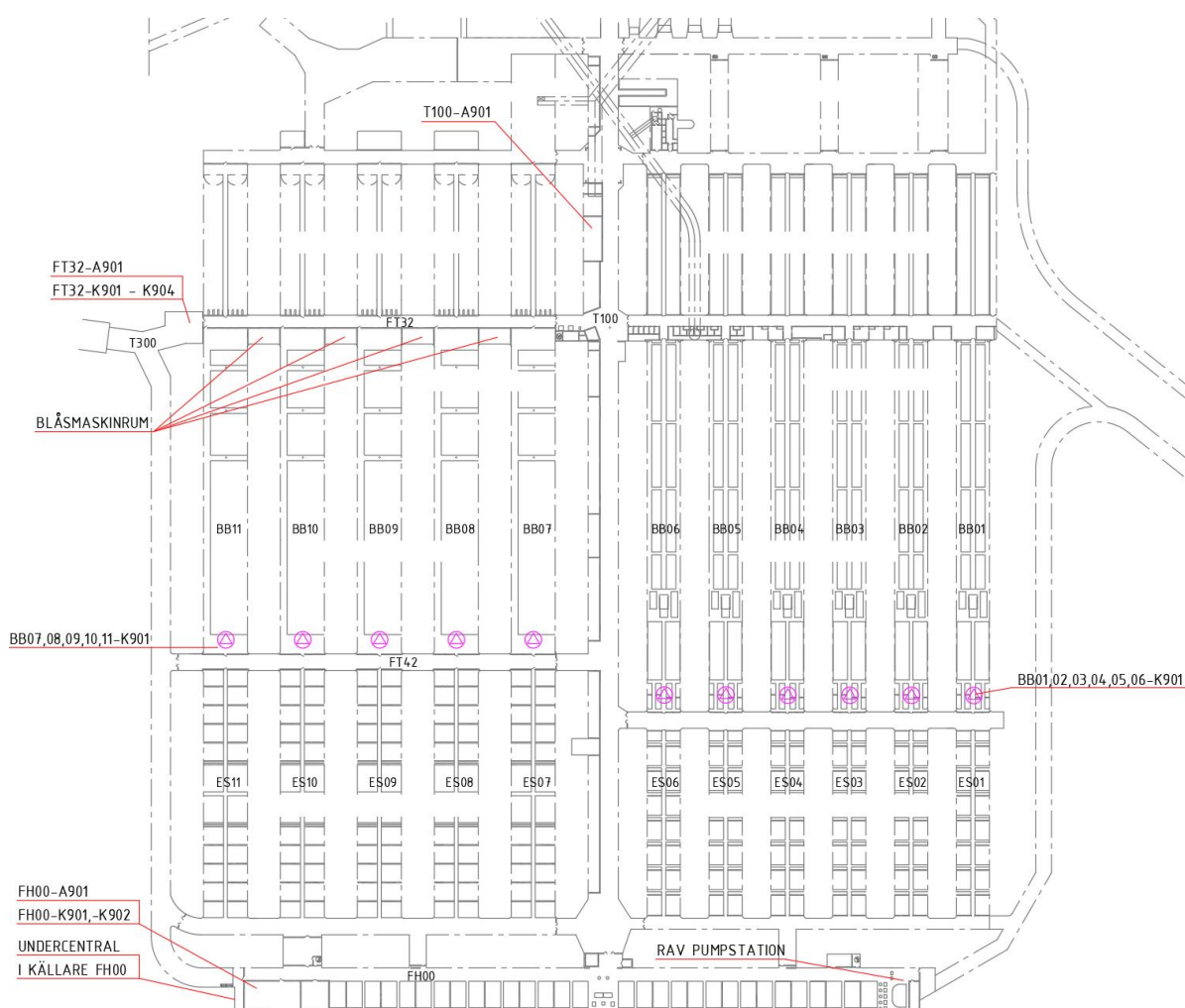
Returslampumpning för linje 1 – 6 behålls då pumparna har ersatts under tiden som arbetet med principförslaget pågått. Överskottsslampumpar ersätts med nya pumpar med en högre kapacitet jämfört med befintliga pumpar.

För slampumpning från eftersedimenteringar tillhörande linje 7 – 11 ändras detta till att från tidigare varit ett retur- och överskottsslam till att nu vara ett slam som pumpas direkt till slambehandlingen. Två pumpar placeras vid respektive eftersedimentering ES07 – ES11 för att gemensamt kunna pumpa det sedimenterade slammet från sedimenteringarnas slamfickor till slambehandlingen.

5. Ventilation, värme och kyla

Vid ombyggnad av processen krävs att Käppalverkets ventilationssystem uppdateras för att anpassas till de nya förutsättningarna. Figur 10 visar var installationer som berörs i principförslaget är belägna i berget.

Då nya blåsmaskiner för BB07-11 har högre kapacitet måste betjänande ventilationsinstallationer i FT32-A901 byggas om. Anpassningen innebär att blåsluftsfläktar, FT32-K903 och FT32-K904, för BB07-BB11 byts ut samt att nya fläktrumsdelar byggs för att inrymma ökad spjäll-, filter-, och batteriyta.



Figur 10 Orientering över fläktrum och blåsmaskinsrum i berget

Utrymme saknas för att kunna öka frånluftsfläktars storlek för att bibehålla befintliga tilluftsflöden och samtidigt öka frånluftsflödet för att kompensera den ökade processluften i bassänghallen. Den teknisk lösning är därför att minska tilluftsflödet till bassänghallarna, vilket gör att frånluftsflödet från bassänghallen inte behöver ökas lika mycket som tillförd processluft. I och med lägre tilluftsflöden i FH00-A901 blir omsättningen i BB01-11 och

ES01-11 lägre. Sänkning av tilluftsflöden till bassänghallarna är enbart genomförbart genom att bassängerna BB01-BB11 däckas över alternativt byggs in. Utformning av överdäckningen/inbyggnaden måste ta hänsyn till driftpersonalens dagliga arbete, de nya konstruktionerna ska innebära så få hinder som möjligt.

Eftersom vattnet är renare i eftersedimenteringen och filterhallarna samt att ingen kontinuerlig luftning sker är dessa inte beroende av så stor luftomsättning. Detta innebär i sin tur att sänkning av luftomsättningen sannolikt inte kommer att innebära dålig luftkvalité.

RAV-systemet byggs ut och anpassas för de nya förutsättningarna för kylning och värmeåtervinning av blåsmaskiner, uppvärmningen av tilluftsaggregat FT32-A901 ökar. RAV systemet som värmer upp luften till +4°C vintertid.

Nytt kylsystemet byggs och anpassas för ökad värmeavgivning i blåsmaskinrummen i den nya delen.

Nytt värmeåtervinningssystem för blåsmaskiner och tilluftsaggregat installeras och anpassas för nya effekter.

6. El

El-utredning visar åtgärdsförslag för att säkra 900k-projektets elkraftförsörjning stegvis i takt med utbyggnad av reningslinjerna och även i ett längre perspektiv. Den anknyter till det tidigare principförslaget 22 kV (högspänningsnätet) som är första länken i Käppalaverkets elkraftförsörjning.

6.1. Befintligt elkraftsystem

Elkraftmatningen sker från 22 kV nätet till 400 V och 690 V ställverk.

Ställverken är i stor utsträckning från 1997 och blir 25 år gamla när projektet går igång och har då bara några få år kvar från sin tekniska livslängd och klarar inte att kraftförsörja 900k i ett längre perspektiv. Många av dem har bara få reservgrupper och saknar kapacitet att mata tillkommande objekt.

6.2. Energiförbrukning och effektuttag

Under de senaste åren låg det genomsnittliga effektuttaget i verket mellan 3,61MW och 3,82 MW.

Det maximala effektuttaget under en timme var 5,07 MW. Verkets maximala effektbehov efter ombyggnaden kommer ungefär bli 9,45 MW, inte medräknat är projekt och installationer som ligger utanför. Effekttökningen behöver anmälas till nätägaren Ellevio då det förmodligen kommer överstiga dagens abonnemang.

6.3. Åtgärder i elkraftsystemet

6.3.1. Lågspänningsställverk

För att kunna bygga ut och uppgradera ställverken utan avbrott i processen ska ABBs Retrofit-program användas där man byter komponenter i ställverken i den takt som reningsprocessen byggs om. Efter ombyggnaden är i princip bara ställverkets stomme, plåtkapslingen och kopparskenorna kvar. I övrigt är det som ny med en god driftsäkerhet och ny livslängd. I några ställverk kan transformatorerna bytas för att få effekttillskott till tillkommande objekt. 400V ställverk som matas från 690V ställverk via mellantransformator får sina egna transformatorer som ger effekttillskott och bättre tillförlitlighet. Underliggande ställverk och centraler som är för gamla byts. Installation av kablar utförs i stor utsträckning på befintliga kabelstegar efter att utgåendekablar har demonterats.

6.3.2. Blåsmaskiner i nya verket

De största tillkommande objekten är 4 blåsmaskiner á 1,6 MW mekanisk effekt. Dessa blåsmaskiner kan inte drivas med 690V eller 400V då strömmarna blir för stora och utrustningen inte ryms i berget. De kommer därför drivas med en högre motorspänning som t ex. 6 kV. Vid 6 kV blir motorströmmen mycket lägre än med 690V och det går att mata fram med en kabel några hundra meter. Elutrustningen kan då placeras ovan mark i anslutning till nya 22 kV ställverket

7. Automation och Styrssystem

Käppalaverket har en hög grad av automation och styrs idag från ett överordnat styrsystem av typ ABB 800xA. Ifrån styrsystemet styrs och övervakas hela anläggningens processutrustning vilket även inkluderar de yttre anläggningarna (pumpstationer, mätrännor och ventilationsanläggningar längs Käppalaförbundets tunnelsystem). Med ett fåtal undantag är även all VVS utrustning ansluten och integrerad i 800xA systemet. Drifingenjörerna utgår då verket är bemannat från ett centralt kontrollrum men har även tillgång till systemet från hemmet eller via mobila enheter. Då verket endast är bemannat måndag till fredag mellan 07:00 och 16:00 skickas prioriterade larm övrig tid via SMS till jourhavande drifingenjör.

800xA systemet hanterar även loggning av mätvärden, driftsignaler med mera som behövs för driftuppföljning, rapportering och felsökning. Loggade värden kan presenteras i trender antingen direkt i operatörmiljön i 800xA eller i analysverktyget aCurve.

7.1. Befintligt styrsystem

Det centrala styrsystemet kommunicerar med controllrar av typ ABB AC800M som primärt är distribuerade i anläggningens korskopplingsrum (KK-rum). Då driften av anläggningen är beroende av styrsystemen så är tillgängligheten av yttersta vikt. För att uppnå en mycket hög tillgänglighet och tillåta uppgradering och utbyggnad av systemen utan avbrott är hårdvaruinstallation och kommunikationsgränssnitt installerade med redundans (ej I/O-enheter). Majoriteten av controllrarna är bytta under 2015-2020 då styrsystemen uppgraderats. I samband med uppgraderingen togs en standard fram för utformning av systemuppbyggnad och programmering som ska byggas vidare på i projekten.

Applikationsprogrammen baseras på typkretsar byggda kring ABB Pulp&paper Library.

Majoriteten av fältutrustningen är ansluten till systemen via I/O enheter som primärt är placerade i KK-rum. I/O-enheter är original och är installerade under andra halvan 90-tal och närmar sig utgången av sin tekniska livslängd.

Idag finns det en mycket begränsad möjlighet till att köra utrustning via lokala tryckknappar och paneler och den lokalkörning som är möjlig går via styrsystemet. Ingen lokalkörning av utrustning med undantag för läns-pumpar och transportskruvar. Manuell manöver hanteras via styrsystem

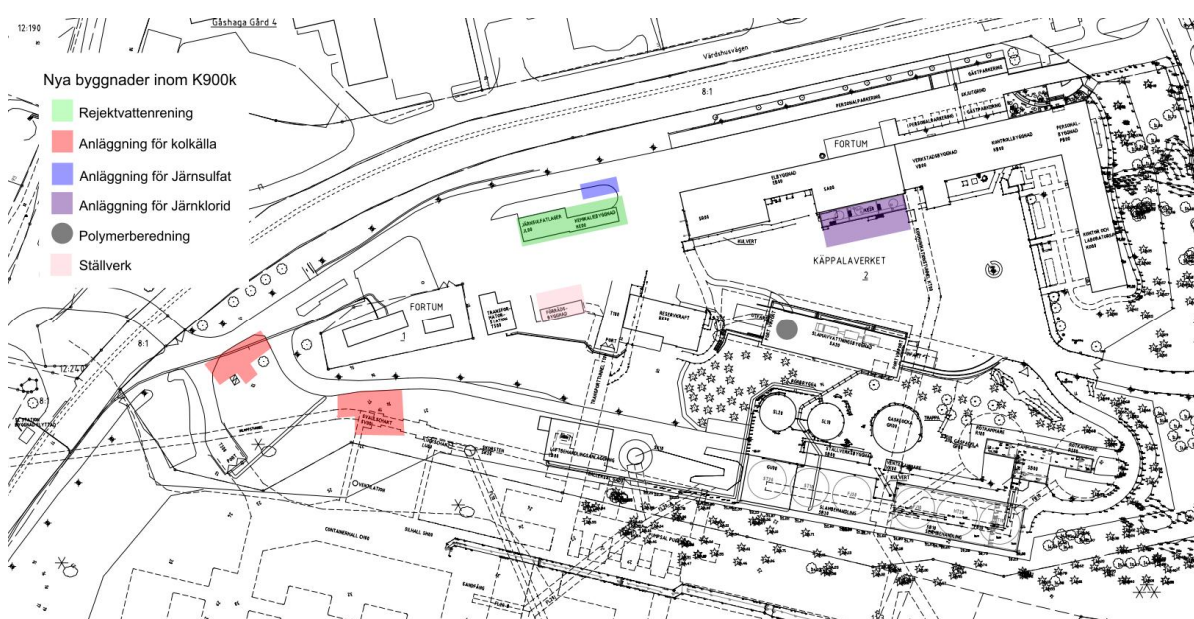
7.2. Framtida utbyggnad

I samband med om- och tillbyggnationerna för Käppala 900k läggs nya funktioner in i befintliga controllrar med undantag för anläggningen för rejektivattenrening där en ny ABB AC800M controller installeras och ansluts till det överordnade 800xA systemet.

Då befintligt I/O är i slutet av sin livslängd ska all ny utrustning anslutas till nya I/O-enheter eller fältbussanslutas (primärt Profinet). Detta tillvägagångssätt kommer även att underlätta projektering och installationsarbete.

8. Anläggningar ovan mark

Anläggningar så som rejektvatten, kolkälla, järnsulfat och järnklorid som behövs inom K900k-projektet föreslås placera ovan mark. Dessa är bl a kemikalierhantering i form av anläggning för kolkälla, järnsulfatanläggning och järnklorid. Även ett nytt ställverk föreslås för att försörja anläggningen efter ombyggnad med kraft. I Figur 11 redovisas föreslagna placering av byggnaderna.



Figur 11 Förslag på placering av nya byggnader inom K900k-projektet på Käppalaverkets område ovan mark.

8.1. Anläggning för extern kolkälla

Inom projektet K900k föreslås en ny anläggning för kolkälla. Under hösten 2019, i samband med förstudien, togs en anläggning för kolkälla fram. Denna principlösning bifogas principförslaget och kan justeras efter att behovet av kolkälla definierats av den fördjupade processutredningen.

Anläggningen ska kunna anpassas för olika kemikalier som kan fungera som kolkälla, till exempel etanol, metanol eller någon icke-explosiv alkoholblandning. Då både metanol och etanol är mycket brandfarliga vätskor måste anläggningen utformas med hänsyn tagen till säkerhetsavstånd och gällande regelverk för hantering av brandfarlig vätska.

Framtagen principlösning på anläggningen består av tre lagringstankar på vardera 80m³, ett teknikhus med ett el- & VVS-rum och en mottagningsstation av kolkälla. Då övrig anläggning är placerad i berg är avsikten att späda ut kolkällan till en icke brandfarlig koncentration innan den pumpas vidare in i berget. En mottagningsstation anläggs vid västra infarten där kolkällan kan pumpas upp till lagringstankarna.

8.2. Anläggning för järnsulfat

Käppalaverkets befintliga järnsulfathantering är beläget i en separat byggnad, JL00, på området. Byggnaden är i sådant skick att anläggningen förutsätts ersättas med ny anläggning.

Järnsulfat leverans till Käppalaverket som torrvara och bereds till mättad lösning. För framtida behov år 2040 behövs 80m³ lagringsvolym för torrvara och blandningsvolymen motsvarande 30 m³/dygn, vid ombyggnad för år 2050 kommer behovet av järnsulfat att minska.

8.3. Anläggning för järnklorid

Framtida process innebär ett behov av lagringsvolym för järnklorid på 160 m³ år 2040 och 230 m³ år 2050 med en lagringskapacitet på 15 dagar.

Dagens järnkloridanläggning ligger i KE20 och har tre tankar på vardera 50 m³. Järnklorid används vid drift av högflödesreningen och under dessa perioder är behovet stort, 50m³ räcker då 27-37 timmar. Befintlig järnkloridanläggning måste därav byggas ut med ytterligare lagringsvolymen.

8.4. Polymerberedning

Polymer kommer att doseras innan eftersedimentering. Typ av polymer och beredning är inte studerat inom principförslaget. Polymerberedning föreslås placeras i SA20 där polymerberedning för slamavvattning finns i dag.

8.5. Rejektvattenanläggning

En rejektvattenrening kommer att byggas ovan mark och utreds i en separat utredning parallellt med detta principförslag men inom K900k-projektet. Placering och ytstorlek är inte fastslaget vid tidpunkten för klarställande av detta principförslag.

För bedömning av kalkylkostnader samt yt- och energibehov etc har referensvärden tagits från liknande anläggning som byggts av SYVAB (Sydvästra stockholmsregionens va-verksaktiebolag).

9. Genomförandebeskrivning

Under ombyggnad av Käppalaverket ska reningsverket ska vara i drift och uppnå de gällande reningskraven under hela ombyggnadstiden. Käppalaförbundet har i projektet tagit fram en översiktlig beräkning som visar hur den tänkta ombyggnaden påverkar utsläppsnivåer. Beräkningen är utförd kvartalsvis över perioden 2022 – 2029 och redovisar hur utsläppsvärdena påverkas då en linje ställs av för ombyggnation.

Under hösten 2020 planerar Käppalaförbundet att påbörja renovering av slamskrapor i eftersedimenteringarna ES01 - ES06. I samband med nedstängning av en eftersedimenteringsbassäng föreslås att de tänkta åtgärder i linjen görs för att förbättra aktivslamprocessen. Detta skulle innebära att linje 1 till 6 är ombyggda och har ökad avskiljning när ombyggnationerna för linje 7 till 11 påbörjas. Ombyggnaden av en biolinje BB07 – BB11 har bedömts till fem kvartal. Första biolinjen har bedömt kunna påbörjas under första kvartalet 2023 och när den linjen är ombyggd till MBBR så har den en ökad kapacitet, vilket innebär att man successivt bygger bort kapacitetsbristen och får en bättre reningsnivå ju längre projektet framskrider. Efter att första linjen är driftsatt kan därefter två biolinjer vara avställda samtidigt för ombyggnation. I Tabell 7 redovisas en översiktlig skedesplan för ombyggnaden.

Tabell 7 Översiktlig skedesplan för ombyggnad

Byggskede	Aktiviteter	Preliminära tider
Byggskede 0	Ombyggnad linje 1-6 till AS Nybyggnad anläggning för kolkälla med tillhörande doserledningar Polymeranläggning Kemikaliedosering förfällning Sidoprojekt nytt ställverk Provisorier: Ventilation och tillfartstunnel T300	Q3 2020 - Q4 2022
Byggskede 1	Ombyggnad MBBR linje 7 Ombyggnad ventilation	Q1 2023 - Q4 2024
Byggskede 2	Ombyggnad MBBR linje 8	Q2 2024 - Q1 2026
Byggskede 3	Ombyggnad MBBR linje 9	Q1 2025 – Q4 2026
Byggskede 4	Ombyggnad MBBR linje 10	Q2 2026 – Q1 2028
Byggskede 5	Ombyggnad MBBR linje 11 Ombyggnad fördelningskanal ES01-06 Ombyggnad fördelningskanal FT31-FT32 Byte PS-pumpar FS01-06 samt FS07-11 Byte ES-pumpar ES07-11	Q1 2027 – Q4 2028
Byggskede 6	Rejektvattenanläggning	2028-2029

Enligt beräkningarna kan verkets processfunktion upprätthållas med den valda driftsstrategin och nya strängare utsläppskrav som träder i kraft 2026-06-25 kan uppnås även om inte hela ombyggnaden genomförs. Efter färdigställda linjer 1 – 11 föreslås att rejektivattenanläggning byggs som ett sista byggskede 6.

10. Kostnads kalkyl

På föreslagen teknisk lösning i detta principförslag har kostnads kalkyler i form av investerings kalkyler och driftkostnad tagits fram. Kalkylerna är framtagna i prisläge 2020-01.

10.1. Investerings kalkyl

Utifrån de planerade åtgärderna och genomförandebeskrivning som ingår i detta principförslag har en investerings kalkyl tagits fram. Investerings kostnaden för fullt utbyggd anläggning beräknas till ca 1 930 MSEK.

Förutom investerings kostnader på principförslaget ingående tekniska lösningar har kostnad för en rejektvattenanläggning tagits fram utifrån en byggd referensanläggning.

Tabell 8 Investerings kalkyl för redovisade tekniska lösningar beskrivna i principförslaget samt anläggning för rejektvattenrening

Entreprenadkostnader		KKR
1. Rivning/provisorier		43 300
2. Bygg		134 400
3. VVS		39 800
4. El & kraft		143 000
5. Styr		24 400
6. Maskin		321 300
7. Bärarmaterial		213 300
8. Kemikaliesystem		5 000
9. Anläggning för kolkälla		14 900
10. Anläggning för rejektvatten		60 000
11. Omkostnader/etablering		134 500
12. Byggplatsorganisation/tjm		150 300
Summa entreprenadkostnader		1 282 200
Oförutsett	20%	256 840
Byggherrekostnader	30%	385 300
Summa projektkostnad		1 926 340

10.2. Driftkostnad

För driftkostnaderna i principförslaget presenterade reningssteg har energi, kemikalier, underhåll och personal tagits i beaktan. Övriga delar av Käppalaverket har inte tagits med i beräkningarna. Driftkostnader för rejektivattenrening ingår ej.

Aktuella priser för kemikalier är baserade på uppgifter från Käppala och leverantörer. I redovisade kostnader ingår ej mervärdesskatt.

Kalkylen är baserad på de handlingar (ritningar och beskrivningar) som framgår i principförslaget. Beräkning av årsförbrukning/årskostnader har utförts vid Q_{dim} (dimensionerande flöde och dimensionerande belastning) för verket.

Drift- och underhållskostnaderna för den ombyggda anläggningen på Käppalaverket kommer att öka väsentligt på grund av den ökade belastningen och de hårdare reningskraven. De stora kostnadsökningarna beror på högre energiförbrukning på grund av kraftigt ökad luftförbrukning i den biologiska reningen samt en omställning till nyttjande av fler kemikalier i reningsprocessen.

Vid år 2040 bedöms drift och underhållskostnaderna för den biologiska utbyggda anläggningen uppgå till ca 88 MSEK/år. Av kostnaderna står energikostnaden för mer än 50%. Den näst största kostnadsposten är kemikalieförbrukningen som kommer att uppgå till ca 25% av den tillkommande drift- och underhållskostnaden, se sammanställning nedan i Tabell 9.

Tabell 9 Sammanställning över tillkommande drift- och underhållskostnader år 2020-2040. Avser den biologiska reningen, ej hela Käppalaverket

	År 2020 Mkr/år	År 2030 Mkr/år	År 2040 Mkr/år
Energikostnad	6,0*	42,8	47,4
Kemikaliekostnad	1,5*	19,2	21,3
Underhåll	-	16,9	16,9
Personal	-	2,5	2,5
Summa		81,4	88,0

* Avser kostnad för nuvarande energi- och kemikaliekostnad till biosteget