



Käppalaförbundet

# Idéförslag Utveckling av Käppalaverket

Uppsala 2009-11-13

# Utveckling av Käppalaverket, framtagning av idéskiss på utformning

Rapport Käppala

Datum	2009-11-13
Uppdragsnummer	613K0935156
Utgåva/Status	Slutversion

Magnus Biderheim  
Uppdragsledare

Peter Ek  
Handläggare

Lars Ljungkvist  
Granskare

Ramböll Sverige AB  
Krukmakargatan 21  
104 62 Stockholm

Telefon 010-615 60 00  
Fax 010-615 20 00  
[www.ramboll.com](http://www.ramboll.com)

Organisationsnummer 556133-0506

## Innehållsförteckning

1.	Bakgrund och sammanfattning .....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Sammanfattning .....	1
2.	Projektorganisation.....	2
3.	Befintligt reningsverk .....	3
3.1	Befintlig anläggningsutformning.....	3
3.2	Anläggningsdata befintligt reningsverk.....	4
3.3	Flöde.....	6
3.4	Dagens utsläppsvillkor .....	6
4.	Uppdraget.....	7
4.1	Givna förutsättningar enligt förfrågan .....	7
4.2	Övriga förutsättningar och begränsningar .....	8
4.3	Rambölls förslag till utförande av uppdraget.....	9
5.	Dimensionerande data .....	10
5.1	Beräkningsfall A .....	10
5.1.1	Inkommande föroreningsbelastning .....	10
5.1.2	Flöden .....	10
5.1.3	Utsläppsvillkor .....	11
5.2	Beräkningsfall B .....	11
5.2.1	Inkommande föroreningsbelastning .....	11
5.2.2	Flöden .....	12
5.2.3	Utsläppsvillkor .....	12
5.3	Beräkningsfall C .....	13
5.3.1	Inkommande föroreningsbelastning .....	13
5.3.2	Flöden .....	13
5.3.3	Utsläppsvillkor .....	14
5.4	Beräkningsfall D.....	14
5.4.1	Beräkningsfall D1 – Läkemedelsrening 900 000 pe.....	14
5.4.2	Beräkningsfall D2 – Läkemedelsrening 700 000 pe.....	14
6.	Förutsättningar för processarbetet.....	15
7.	Sammanfattning av genomfört processarbete .....	17
7.1	Vid vilken belastning måste åtgärder vidtas med nuvarande reningskrav .....	17
7.2	Vid vilken belastning måste åtgärder vidtas vid strängare reningskrav.....	17
7.3	Beräkningsfall A .....	18
7.3.1	Processlösning A1, MBR och aktivt slam .....	18

7.3.2	Processlösning A2, Aktivt slam.....	18
7.3.3	Processlösning A3, MBBR.....	19
7.4	Beräkningsfall B.....	19
7.4.1	Processlösning B1, MBBR.....	19
7.5	Beräkningsfall C.....	20
7.5.1	Processlösning C1, Aktivt slam.....	20
7.6	Beräkningsfall D.....	20
7.6.1	Processlösning D1.....	21
7.6.2	Processlösning D2.....	21
7.7	Ytterligare lösningar vid 900 000 pe, strängare krav.....	21
8.	Sammanfattning av berg, bygg- och maskinåtgärder.....	23
8.1	Alternativ A1 MBR - strängare utsläppskrav och 900 000 pe.....	23
8.2	Alternativ A2 LAMELL - strängare utsläppskrav och 900 000 pe.....	24
8.3	Alternativ A3 MBBR - strängare utsläppskrav och 900 000 pe.....	24
8.4	Alternativ B1 MBBR - nuvarande utsläppskrav och 900 000 pe.....	24
8.5	Alternativ C1 Aktiv slam - strängare utsläppskrav och 700 000 pe.....	24
8.6	Alternativ D1 – Läkemedelsrening vid 900 000 pe.....	25
8.7	Alternativ D2 – Läkemedelsrening vid 700 000 pe.....	25
9.	Arbetsmiljö.....	25
10.	Kostnads kalkyler.....	26
10.1	Beräknad investeringskostnad.....	26
10.2	Beräknad kostnad med annuitetsmetoden.....	27
10.3	Beräknad kostnad per personekvivalent och kg kväve avskiljt.....	28
11.	Resursförbrukning.....	29
11.1	Kemikalier.....	29
11.2	Kolkälla.....	29
11.3	Energi.....	29
12.	Övriga resultat och diskussion.....	30

## Bilagor

- Bilaga 1 Beräkningfall A 900 pe
- Bilaga 2 Beräkningfall B 900 pe
- Bilaga 3 Beräkningfall C 700 pe
- Bilaga 4 Beräkningfall D läkemedel
- Bilaga 5 Kapacitet nuvarande anläggning
- Bilaga 6 A1 Åtgärder bygg, maskin mm
- Bilaga 7 A2 Åtgärder bygg, maskin mm

- Bilaga 8 A3 Åtgärder bygg, maskin mm
- Bilaga 9 B1 Åtgärder bygg, maskin mm
- Bilaga 10 C1 Åtgärder bygg, maskin mm
- Bilaga 11 D1 Åtgärder bygg, maskin mm
- Bilaga 12 D2 Åtgärder bygg, maskin mm
- Bilaga 13 Ritningsförteckning och ritningar
- Bilaga 14 Driftskostnadskalkyler

# Utveckling av Käppalaverket, framtagning av idéskiss på utformning

## Rapport Käppala

### 1. Bakgrund och sammanfattning

#### 1.1 Bakgrund

Käppalas avloppsreningsverk står inför nya utmaningar, en fortsatt befolkningstillväxt i nu anslutna kommuner, intresse från nya kommuner att ansluta samt ökade reningskrav med utgångspunkt från vattendirektivet och Baltic Sea Action Plan, BSAP. Nuvarande ägare vill, innan förbundet kan ge ett positivt svar till de kommuner som ansökt eller aviserat en önskan att ansluta, få svar på vilka konsekvenser det kan bli, miljömässigt och ekonomiskt, av en ökad anslutning.

#### 1.2 Sammanfattning

Kärnfrågan vid ökad belastning till 900 00 pe är inte de biologiska processerna utan separation av bioslam och filtrering av restflock. Vi har därför fokuserat arbetet i uppdraget på tekniker för separation.

Den separationsmetod som är optimal kommer även att styra utformningen på den biologiska processen. Orsaken till detta är att det inte går att öka ytan i befintlig anläggning.

Vår synpunkt är att det givna maxflödet kan vara något högt. Vid justering till ett lägre maxflöde kan andra lösningar bli aktuella.

En fungerande lösning för separation av bioslam vid en konventionell aktivt slamprocess är säkerligen mest optimal ur kostnadssynpunkt (drift och investering).

## 2. Projektorganisation

Nedan redovisas organisationen för genomförande av detta uppdrag:

Huvudansvarig för uppdraget samt processansvarig, Peter Ek

Dimensionering och processlösning läkemedelsrening, Berndt Björlenius

Kvalitetskontroll process, Erik Särner

Medverkan vid framtagande av layout, Magnus Biderheim och Lars Ljungkvist

Bergteknik, Peder Thorsager

Framtagande av kostnadskalkyl, Magnus Biderheim och Lars Ljungkvist

CAD-ritning, Mattias Karlsson

Kvalitetsansvarig, Lars Ljungkvist

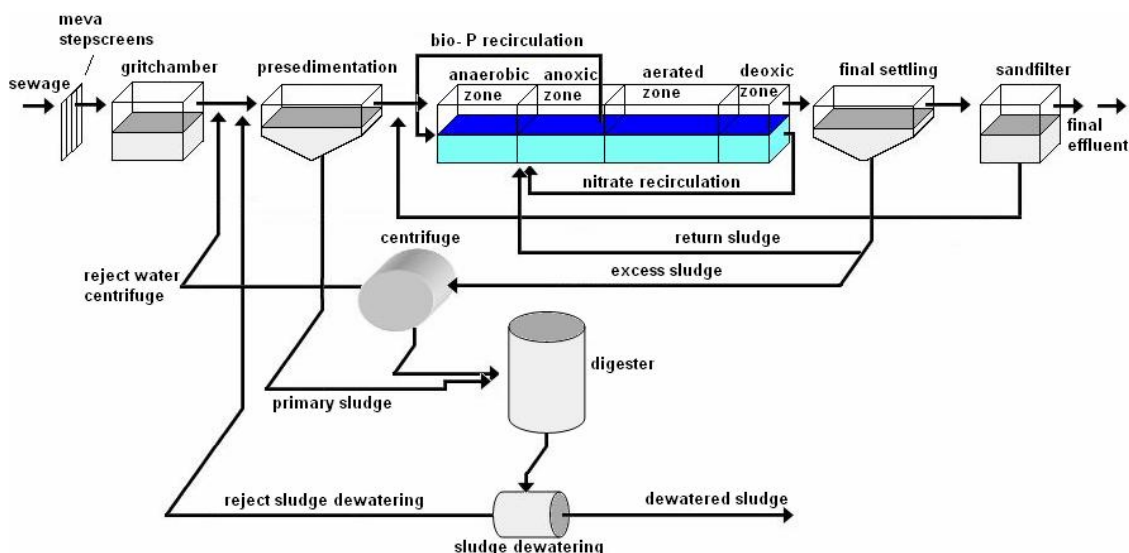
### 3. Befintligt reningsverk

#### 3.1 Befintlig anläggningsutformning

Den dimensionerande kapaciteten på Käppalaverket är 700 000 pe (personekvivalenter).

Käppalaverket har idag 11 reningslinjer, bestående av 5 linjer i den sk "nya" anläggningsdelen och 6 linjer i den "gamla" anläggningsdelen. 30 nedströms tvåmediafilter finns som slutpolering. Inloppspumpstationen består av 8 pumpar med en total kapacitet på ca 10 m<sup>3</sup>/s. Även gallersteget har nominellt denna kapacitet vilket uppnås med 10 s k step screen med 3 mm spaltvidd. Resterande delar, från och med sandfången har en kapacitet på ca 6 m<sup>3</sup>/s.

Processen framgår av figur 1, nedan.



Pumpstation och galler har kapaciteten 10 m<sup>3</sup>/s. Med nuvarande process har den byggda möjligheten att kunna leda försedimenterat vatten direkt till filtren vid flöden över 5 m<sup>3</sup>/s upp till 6 m<sup>3</sup>/s inte kunnat utnyttjas p g a för hög belastning av suspenderat material på filtren. Den verkliga maxbelastningen på filtren är 5 m<sup>3</sup>/s.

Då filtrens totala yta är 1800 m<sup>2</sup> innebär detta att ytbelastningen vid maxflöde inte ska överstiga 10 m/h.



### 3.2 Anläggningsdata befintligt reningsverk

Nedan visas anläggningsdata över befintligt reningsverk.

#### Förbehandling

Det finns 10 st 3 mm fingaller med totala kapaciteten 36 000 m<sup>3</sup>/h (10 m<sup>3</sup>/s).

Sandfånget består idag av 2 st sandfång a 650 m<sup>3</sup> i drift. Ytterligare 3 st sandfång a 500 m<sup>3</sup> finns i anläggningen som inte är i drift.

Försedimenteringen består idag av 11 st bassänger med totalytan 7750 m<sup>2</sup>. Försedimenteringsbassängerna är 2,55 och 3,55 m djupa.

#### Biosteg

Nedan visas data över biostegen.

#### "NYA" ANOX/OXBASSÄNGER:

Parameter	Enhet	Värde
Vattendjup	m	10
Antal linjer	st	5
Bredd per bassäng (1 bassäng per linje)	m	16
Total volym	m <sup>3</sup>	94500
Volym per linje	m <sup>3</sup>	18900

#### "BEFINTLIGA" ANOX/OXBASSÄNGER:

Parameter	Enhet	Värde
vattendjup	m	5,9
Antal linjer	st	2
Total area	m <sup>2</sup>	9000
Area per linje	m <sup>2</sup>	1500
Längd	m	133
Bredd per bassäng (1 bassäng per linje)	m	11,5
Total volym	m <sup>3</sup>	53 100
Volym per linje	m <sup>3</sup>	8850

"NY" EFTERSEDIMENTERING:

Parameter	Enhet	Värde
vattendjup	m	6,1
Antal linjer	st	5
Total area	m <sup>2</sup>	7200
Area per linje	m <sup>2</sup>	1440
Längd	m	90
Bredd per bassäng (1 bassäng per linje)	m	16,0
Volym per linje	m <sup>3</sup>	8784
Volym, tot alla 5 linjer	m <sup>3</sup>	43920

Inlopp till respektive bassängen sker i mitten av bassängens totala längd. Därunder finns slamfickan. Inkommande vatten/slam fördelas åt vänster respektive höger. Det finns alltså utlopp vid respektive kortända av bassängen.

"BEFINTLIG" EFTERSEDIMENTERING:

Parameter	Enhet	Värde
vattendjup	m	4,0
Antal linjer	st	6
Total area	m <sup>2</sup>	5300
Area per linje	m <sup>2</sup>	883
Längd	m	74
Bredd per bassäng (1 bassäng per linje)	m	12,0
Volym per linje	m <sup>3</sup>	3532
Volym, tot alla 6 linjer	m <sup>3</sup>	21200

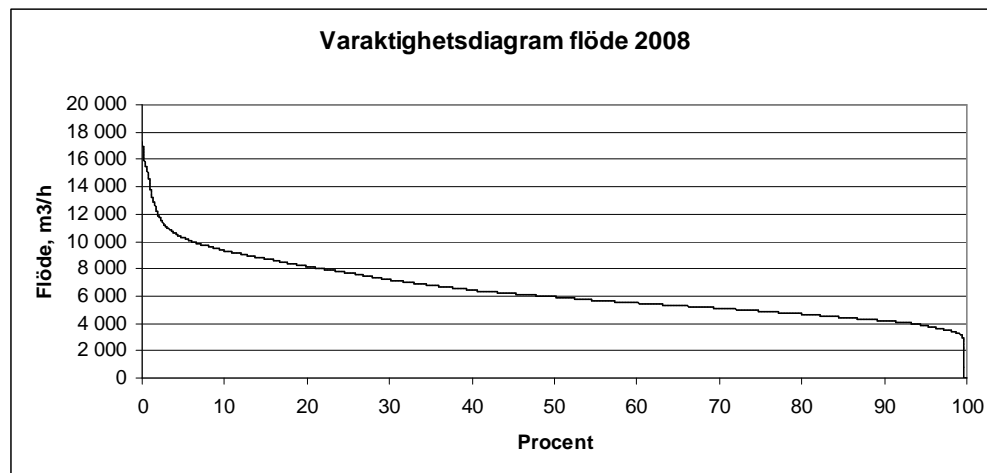
Inlopp till bassängen sker vid respektive kortsida.

Filter

Filtersteget består av tvåmediafilter bestående av 30 st filter med totalytan 1800 m<sup>2</sup>.

### 3.3 Flöde

Nedan visas frekvensfördelning baserat på timvärden för år 2008.



Medianvärdet (50-percentilen) för inkommande avloppsflöde till Käppalaverket var 5 940 m<sup>3</sup>/h år 2008. Multipliserat med 24 ger detta 142 560 m<sup>3</sup>/d.

Det dimensionerande dygnsmedelflödet är 210 500 m<sup>3</sup>/d. Med detta som grund erhålls en aktuell flödesbelastning om 68 %.

### 3.4 Dagens utsläppsvillkor

Resthalterna av föroreningar i det behandlade avloppsvattnet får som riktvärde respektive gränsvärde inte överstiga följande:

	Riktvärde*	Gränsvärde
BOD <sub>7</sub>	8 mg/l (månadsmedelvärde)	8 mg/l (kvartalsmedelvärde)
P-tot	0,3 mg/l (månadsmedelvärde)	0,3 mg/l (månadsmedelvärde)
N-tot	10 mg/l (månadsmedelvärde)	
NH <sub>4</sub> -N	3 mg/l (medelvärde under juli – oktober)	

Årsutsläppet av BOD<sub>7</sub> får som riktvärde\* inte överstiga 700 ton (inklusive bräddning)

Årsutsläppet av kväve får som riktvärde\* inte överstiga 700 ton (inklusive bräddning)

\*) Med riktvärde avses ett värde som om det överskrids medför en skyldighet för tillståndshavaren att vidta sådana åtgärder att värdet kan innehållas.

## 4. Uppdraget

Ramböll har utrett de huvudfrågor som redovisas i Käppalaförbundets förfrågningsunderlag, samt ett antal olika möjliga nya processalternativ vid 700 000 respektive 900 000 anslutna, med både nuvarande och framtida eventuella strängare utsläppskrav. Samtliga alternativ har även utretts med ett förslag till läkemedelsrening.

I bilaga 5, "Kapacitet nuvarande anläggning", presenteras ett utförligt svar på frågan:

*"Vid vilken belastning måste åtgärder vidtas vid Käppalaverket med nuvarande reningskrav respektive vid ökade reningskrav och vilka är dessa åtgärder."*, vilket även är sammanfattat under kapitel 7.

Rapporten innehåller också bedömningar av ställda kriterier i förfrågningsunderlaget, bl.a. kostnader för investering, drift, påverkan på biogasproduktionen, reningsresultat, energi, resursförbrukning arbetsmiljö etc.

Det specifika transportbehovet (antal transporter/pe) skiljer sig enbart åt mellan alternativen pga. metanoldoseringen. Slamtransporterna är likartade mellan alternativen.

### 4.1 Givna förutsättningar enligt förfrågan

Nedan redovisas de förutsättningar för uppdraget som har uppgivits av Käppalaförbundet.

Förfrågningsunderlaget föreslår ett grupperingsalternativ enligt tabellen nedan.

*Förslag till grupperingsalternativ, "Tabell 4" i förfrågningsunderlaget.*

Antal anslutna/belastning	Reningskrav		
	Nuvarande	Strängare	Läkemedelsrening
700 000; 6 m <sup>3</sup> /s	processalternativ 1	processalternativ 3	processalternativ 5
900 000; 9 m <sup>3</sup> /s	processalternativ 2	processalternativ 4	processalternativ 6

Ramböll har valt att gruppera och namnge alternativen enligt följande tabell:

Antal anslutna/belastning	Reningskrav		
	Nuvarande	Strängare	Läkemedelsrening
700 000; 6 m <sup>3</sup> /s	Ej utredningsbehov*	Beräkningsfall C	Beräkningsfall D2
900 000; 9 m <sup>3</sup> /s	Beräkningsfall B	Beräkningsfall A	Beräkningsfall D1

\*Efter slutsatser i bilaga 5 anser vi att alternativet inte behöver vidare utredning.

Reningskraven skall grupperas i två nivåer:

Nuvarande krav:

BOD7: 8 mg/l.  
Tot-N: 10 mg/l.  
Tot-P: 0,3 mg/l

Strängare krav:

BOD7: 4 mg/l.  
Tot-N: 5 mg/l.  
Tot-P: 0,1 mg/l

Dessutom skall följande fall beaktas:

Läkemedelsrening <sup>1</sup>  
Ingen läkemedelsrening

Ovanstående gäller i samtliga belastningsfall.

## 4.2 Övriga förutsättningar och begränsningar

Möjlig utbyggnad av berganläggningen föreligger endast nedåt. I sida eller uppåt finns inga möjligheter. Dock har vi fått muntliga direktiv att en transporttunnel för att komma ned under befintliga bassänger kan medges samt att det finns viss möjlighet att bredda befintlig vägtunnel (T300) för mer filteryta.

<sup>1</sup> I uppdraget ingår att ange vilken reningsgrad som nås på vilka substanser med föreslagen teknik

### 4.3 Rambölls förslag till utförande av uppdraget

Efter att ha tagit del av förfrågan presenterar vi följande upplägg:

- Ø Vi besvarar frågan vid vilken belastning som åtgärder måste vidtas vid Käppalaverket med nuvarande reningskrav.
- Ø Vi besvarar frågan vid vilken belastning som åtgärder måste vidtas vid Käppalaverket vid ökade reningskrav och vilka är dessa åtgärder.
- Ø Ta fram en kostandssatt processlösning för Beräkningsfall A, Strängare UTSLÄPPSKRAV och 900 000 pe.
- Ø Ta fram en kostandssatt processlösning för Beräkningsfall B, Nuvarande UTSLÄPPSKRAV och 900 000 pe.
- Ø Ta fram en kostandssatt processlösning för Beräkningsfall C, Strängare UTSLÄPPSKRAV och 700 000 pe.
- Ø Dessutom tas ett förslag på läkemedelsrening fram för respektive beräkningsfall A-C, kallat beräkningsfall D. D1 gäller för 900 000 pe, D2 gäller för 700 000 pe.

Den stora utmaningen ligger i att lyckas uppfylla villkoret vid 900 000 pe och stränga utsläppsvillkor och därav föreslår vi en prioritering av detta beräkningsfall. Efter slutsatser i bilaga 5 anser vi därför att alternativet med 700 000 pe och nuvarande utsläppskrav inte behöver vidare utredning.

## 5. Dimensionerande data

### 5.1 Beräkningsfall A

Strängare UTSLÄPPSKRAV och 900 000 pe

#### 5.1.1 Inkommande föroreningsbelastning

Parameter	Sort	Värde
Dim. ansluten belastning (70 g BOD7/pe, d)	pe	900 000

Parameter	Sort	Värde
Specifik BOD7 belastning	g/pe, d	70
Specifik Tot-N belastning	g/pe, d	12
Specifik Tot-P belastning	g/pe, d	1,5

Parameter	Sort	Värde
BOD7 belastning	kg/d	63 000
Tot-N belastning	kg/d	10 800
Tot-P belastning	kg/d	1 350

$$900\,000 \times 12 \text{ g N/pe, d} = 10\,800 \text{ kg N/d}$$

#### 5.1.2 Flöden

Parameter	Sort	Värde
Q <sub>max</sub>	m <sup>3</sup> /s	9
	m <sup>3</sup> /h	32 400
Q <sub>dim</sub>	m <sup>3</sup> /s	3,2
	m <sup>3</sup> /h	11 500
Q <sub>medel</sub>	m <sup>3</sup> /d	328 000

K-Konsults principförslag gällde för 700 000 pe. K-Konsult angav då Q<sub>dim</sub> 2,5 m<sup>3</sup>/s. Detta värde är rimligt varför Ramböll har använt detta värde på Q<sub>dim</sub> i detta läge för 900 000 pe. Förutsättningarna har av oss bedömts vara "linjära" varför Q<sub>dim</sub> för 900 000 pe har tagits fram genom att extrapolera värdet från värdet för 700 000 pe. Detta ger Q<sub>dim</sub> 3,2 m<sup>3</sup>/s för 900 000 pe.

Värdet på Q<sub>max</sub> 9 m<sup>3</sup>/s har angivits som förutsättning i förfrågan.

Värdet på Qmedel har inte angivits som förutsättning i förfrågan annat än de 100 000 000 m<sup>3</sup> (= 273 923 m<sup>3</sup>/d = 11 415 m<sup>3</sup>/h) som nämns under hydraulisk belastning i förfrågan. Detta ger dock enligt vår bedömning ett för lågt medelflöde genom att det som timvärde betraktat (11 415 m<sup>3</sup>/h) underskrider det dimensionerande flödet, Qdim (11 500 m<sup>3</sup>/h). Vi har därför beräknat värdet på Qmedel.

Qmedel har beräknats genom att subtrahera inflödet till Käppalaverket med industrins andel och därefter dividerat med antalet anslutna. Detta ger ett specifikt tillflöde av avloppsvatten om 367 l/p, d. Enligt uppgifter från Käppalaverket är förhållandet mellan inkommande avloppsvatten och debiterat dricksvatten 1,6-1,7 de senaste åren (T.Palmgren 090903). Detta ger värden på specifik debiterad dricksvattenmängd (~äka spillvatten utan bidrag från ovidkommande vatten) och ovidkommande vatten. Resultatet är ett Qmedel på 328 000 m<sup>3</sup>/d.

### 5.1.3 Utsläppsvillkor

Parameter	Sort	Värde
BOD7	mg/l	4
Tot-N	mg/l	5
Tot-P	mg/l	0,1

## 5.2 Beräkningsfall B

Nuvarande UTSLÄPPSKRAV med ökad anslutning till 900 000 pe

### 5.2.1 Inkommande föroreningsbelastning

Parameter	Sort	Värde
Dim. ansluten belastning (70 g BOD7/pe, d)	pe	900 000

Parameter	Sort	Värde
Specifik BOD7 belastning	g/pe, d	70
Specifik Tot-N belastning	g/pe, d	12
Specifik Tot-P belastning	g/pe, d	1,5



Parameter	Sort	Värde
BOD7 belastning	kg/d	63 000
Tot-N belastning	kg/d	10 800
Tot-P belastning	kg/d	1 350

900 000 x 12 g N/pe, d = 10 800 kg N/d

### 5.2.2 Flöden

Parameter	Sort	Värde
Qmax	m3/s	9
	m3/h	32 400
Qdim	m3/s	3,2
	m3/h	11 500
Qmedel	m3/d	328 000

Se kommentar kring framtagande av Qdim och Qmedel under beräkningsfall A.

### 5.2.3 Utsläppsvillkor

Parameter	Sort	Värde
BOD7	mg/l	8
Tot-N	mg/l	10
Tot-P	mg/l	0,3

### 5.3 Beräkningsfall C

Strängare UTSLÄPPSKRAV och 700 000 pe

#### 5.3.1 Inkommande föroreningsbelastning

Parameter	Sort	Värde
Dim. ansluten belastning (70 g BOD7/pe, d)	pe	700 000

Parameter	Sort	Värde
Specifik BOD7 belastning	g/pe, d	70
Specifik Tot-N belastning	g/pe, d	12
Specifik Tot-P belastning	g/pe, d	1,5

Parameter	Sort	Värde
BOD7 belastning	kg/d	49 000
Tot-N belastning	kg/d	8 400
Tot-P belastning	kg/d	1 050

#### 5.3.2 Flöden

Parameter	Sort	Värde
Qmax	m3/s	6
	m3/h	21 600
Qdim	m3/s	2,5
	m3/h	9 000
Qmedel	m3/d	257 000

Värdet på Qmax har angivits som förutsättning i förfrågan.

Värdet på Qmedel har inte angivits som förutsättning i förfrågan annat än de 60 000 000 m3 (= 164 383 m3/d ) som nämns under hydraulisk belastning i förfrågan. Detta ger dock enligt vår bedömning ett för lågt medelflöde genom att det som timvärde betraktat (6 850 m3/h) underskrider det dimensionerande flödet, Qdim (9 000 m3/h). Vi har därför beräknat värdet på Qmedel.

Qmedel har beräknats genom att subtrahera inflödet till Käppalaverket med industrins andel och därefter dividerat med antalet anslutna. Detta ger ett specifikt tillflöde av avloppsvatten om 367 l/p, d. Enligt uppgifter från

Käppalaverket är förhållandet mellan inkommande avloppsvatten och debiterat dricksvatten 1,6-1,7 de senaste åren (T.Palmgren 090903). Detta ger värden på specifik debiterad dricksvattenmängd (~äka spillvatten utan bidrag från ovidkommande vatten) och ovidkommande vatten. Resultatet är ett Qmedel på 257 000 m<sup>3</sup>/d.

### 5.3.3 Utsläppsvillkor

Parameter	Sort	Värde
BOD7	mg/l	4
Tot-N	mg/l	5
Tot-P	mg/l	0,1

## 5.4 Beräkningsfall D

Beräkningsfall D utgörs av läkemedelsrening.

Beräkningsfall D1 utgörs av läkemedelsrening för 900 000 pe

Beräkningsfall D2 utgörs av läkemedelsrening för 700 000 pe

### 5.4.1 Beräkningsfall D1 – Läkemedelsrening 900 000 pe

Läkemedelsrening har utretts specifikt och kan läggas till på samtliga alternativ. Se bilaga 4.

### 5.4.2 Beräkningsfall D2 – Läkemedelsrening 700 000 pe

Läkemedelsrening har utretts specifikt och kan läggas till på samtliga alternativ. Se bilaga 4.

## 6. Förutsättningar för processarbetet

Följande förutsättningar används vid framtagande av idéförslag.

För dimensionerande indata och utsläppsvillkor för respektive beräkningsfall, se Rubrik 5 Dimensionerande data.

Från Käppalas förfrågningsunderlag blir slutsatsen i denna utredning att 1 pe motsvarar 1 fysisk person. (Sid 5 Hydraulisk belastning och Tabell 3).

700 000 pe är detsamma som 700 000 personer

900 000 pe är detsamma som 900 000 personer

Industrins bidrag ingår i angivna belastningar med avseende på flöde och föroreningsbelastning.

Samtliga reningsnivåer skall under alla förhållanden klaras, dvs. bräddning skall inkluderas i utsläpp från verket.

Beräkning av slamprocessen ingår inte. Påverkan på gasproduktionen ska dock beaktas.

Baserat på den temperaturkurva över inkommande avloppsvatten som togs fram av K-Konsult har vi använt årsmedeltemperaturen 12 °C och mintemperaturen 8 °C.

Vid de angivna strängare utsläppsvillkoren bedömer vi att inte bara haltvillkoren skärps.

Vi har dimensionerat processlösningarna för 4 mg Tot-N/l respektive 9 mg Tot-N/l.

Om det fallet uppkommer att man från myndighetshåll kommer till slutsatsen att de stränga haltvillkoren krävs bedömer vi att recipientens status är så skyddsvärd att utgående medelvärden troligen kommer att gälla för en kortare period än nu.

Det kan komma att innebära veckomedelvärde på BOD<sub>7</sub> (riktvärde som månadsmedelvärde idag) och månadsmedelvärde på Tot-P (riktvärde som kvartalsmedelvärde idag). Denna situation (vecko- och månadsmedel) gäller idag tex för reningsverk vid Laholmsbukten.

Vi förutsätter därmed att kraven vid stränga utsläppsvillkor gäller vid:

BOD <sub>7</sub>	Veckomedelvärde, riktvärde
Tot-N	Årsmedelvärde, riktvärde
Tot-P	Månadsmedelvärde, riktvärde

Dessa skärpningar gällande "riktvärdestiden" påverkar framförallt kraven på bräddningar. Även vid skärpta krav på kväve skulle man kunna tillåta sig

bräddningar så länge det bräddade vattnet genomgår en bra kemisk fällning. Därigenom skulle man i de flesta fall troligen kunna klara kraven på fosfor. Men, framför allt vid BOD<sub>7</sub>-krav om <4 mg/l som veckomedelvärde kan man inte tillåta sig att shunta vatten förbi biosteget. Av denna anledning baseras samtliga framtagna processförslag (se Bilaga 1-3) vid stränga villkor på att allt vatten som leds genom försedimentering och passerar biosteget och efterföljande poleringssteg för partikelavskiljning, bestående av sandfilter eller membran. Vid bedömningen av kapaciteten genomförs dock en bedömning och ett resonemang kring möjligheten att driva befintlig anläggning med skärpta utsläppsvillkor, se Bilaga 5.

På grund av ovanstående stränga utsläppshalter och förutsättning kring "riktvärdestiden" föreslår vi inte biologisk fosforavskiljning eftersom slammet då innehåller 3-4 gånger så hög fosforhalt som utan bio-P.

En given förutsättning från Käppalaförbundet är att man inte får öka ytan åt sida i anläggningen utan enbart fördjupa bassängerna.

Volymerna i anläggningen, är efter fördjupning av bassänger, fullt tillräcklig för utökad föroreningsbelastning från 700 000 till 900 000 pe. Detta gäller även vid de strängare utsläppsvillkoren. Detta kan klaras med flera olika processlösningar.

Vid ökning av belastningen från 700 000 till 900 000 pe (29 %) ökar dock maxflödet, enligt givna förutsättningar från Käppalaförbundet, från 21 600 m<sup>3</sup>/h (6 m<sup>3</sup>/s) till 32 400 m<sup>3</sup>/h (9 m<sup>3</sup>/s); dvs en flödesökning med 50 %.

## 7. Sammanfattning av genomfört processarbete

### 7.1 Vid vilken belastning måste åtgärder vidtas med nuvarande reningskrav

Beräkning av kapaciteten hos nuvarande reningsverk, med nuvarande utformning, har genomförts i bilaga 5. Sammanfattningsvis kan konstateras följande vid nuvarande utsläppskrav:

- Ø En belastning motsvarande ca 700 000 pe bör kunna klaras med nuvarande reningsprocesser med förfällning i nya delen och biologisk fosforavskiljning i gamla delen om bräddningsmöjlighet anordnas före sandfiltren. Det är dock "på gränsen" gällande denitrifikationshastigheten. man bör därför noggrant mäta denitrifikationshastigheten.
- Ø Den trånga sektionen i verket är sandfiltrens kapacitet.
- Ø Reningsverket kapacitet skulle kunna ökas med ca 20 % vid bibehållande av biologisk fosforavskiljning i gamla delen om:
  - Sandfiltrens kapacitet ökas med 20 å 25 %.
  - Mellanväggar installeras i de stora aeroba volymerna i de 6 linjerna i gamla delen så att den anoxa volymen kan ökas vid låga vattentemperaturer. Luftningssystemet måste då också byggas om så att lufttillförseln till dessa volymer kan stoppas samtidigt som mekaniska omrörare installeras.

Det bör betonas att ovanstående slutsatser baseras på en översiktlig processberäkning enbart vid årsmedeltemperaturen av avloppsvattnet. En noggrannare analys av processerna bör göras över ett helt år vid alla förekommande vattentemperaturer.

### 7.2 Vid vilken belastning måste åtgärder vidtas vid strängare reningskrav

Anläggningen bör teoretiskt sett klara en ökad belastning upp till ca 520 000 pe (480 000 pe enligt miljörapport år 2008) vid strängare utsläppskrav (BOD7 10 mg/l, Tot-N 5 mg/l, Tot-P 0,1 mg/l). Se bilaga 5 för detaljer. Detta förutsätter dock att inte "riktvärdestiden" (månadsmedel=>veckomedel etc) förändras.

Eftersom belastningen enligt Miljörapporten för år 2008 var ca 480 000 pe innebär allt detta ändå, pga belastningsvariationer, i praktiken att reningsverket måste byggas om redan nu om man ska klara strängare utsläppsvillkor.

För att klara de skärpta kraven *vid högre belastning* krävs någon/några av följande åtgärder:

- Ø Rejektvattenrening. En rejektvattenrening med 90 % kväveavskiljning sänker kvävehalten i huvudströmmen med ca 4 mg/l.
- Ø Utbyggnad av filterkapaciteten så att ingen bräddning sker.
- Ø Komplettering av bioprocessen med en anläggning för efterdenitrifikation med extern kolkälla.
- Ø Ombyggnad av befintlig anläggning till en anläggning för efterdenitrifikation med extern kolkälla. En sådan ombyggnad skulle spara volym, eftersom denitrifikationshastigheten skulle öka väsentligt vid användning av t ex metanol som kolkälla. Samtidigt skulle driftskostnaden öka.

### 7.3 Beräkningsfall A

Strängare UTSLÄPPSKRAV och 900 000 pe

Den stora utmaningen i detta fall ligger dels i att få tillräckligt utökad kapacitet på det sista efterpoleringssteget, idag tvåmediafilter, men framförallt att utöka kapaciteten på biosedimenteringen.

Kapaciteten för sandfång måste utökas. Denna kapacitetsökning sker genom att ta i drift de tre sandfång som idag har tagits i drift.

Försedimenteringarna har tillräcklig kapacitet.

#### 7.3.1 Processlösning A1, MBR och aktivt slam

Detta förslag består av att leda 55 % av flödet till ett ombyggt aktivt slamsteg i de 5 bassängerna i "nya biodelen". Bassängdjupet bibehålls. Processen utformas som för- och efterdenitrifikation. Vattnet fördelas till 11 eftersedimenteringsbassänger. Allt detta vatten kan behandlas i dagens filtersteg.

45 % av flödet behandlas i en nybyggd MBR, membrane bio reactor, som inryms i 5 av dagens "befintliga anox/oxbassänger". Bassängdjupet bibehålls. Befintliga mellanväggar rivs och nya byggs. Processen utformas som för- och efterdenitrifikation.

#### 7.3.2 Processlösning A2, Aktivt slam

Flödet fördelas som 63,4 % till det som kallas "ny del". Enbart flödet till nya delen passerar lamellsedimentering. Det övriga flödet passerar konventionella sedimenteringsbassänger för slamavskiljning.

36,6 % (11 860 m<sup>3</sup>/h) av flödet leds till den del av biosteget som i K-Konsults principförslag kallas befintlig del.

Dagens 10 m djupa bioreaktor, 5 linjer, byggs om till efterdenitrifikation. 3 av de 6 linjerna med 5,9 m djup fördjupas till 12,1 m och byggs om till bioreaktordel. De övriga 3 linjerna byggs om till eftersedimentering. Djupet 5,9 m bibehålls.

Totalflödet från samtliga eftersedimenteringsbassänger, såväl konventionella som lamelledimenteringar, leds till filter. Filtersteget utökas med 24 st nya filter av samma sort som finns idag.

### 7.3.3 Processlösning A3, MBBR

Den 10 m djupa bioreaktordelen byggs om till MBBR. Processlösningen består av för- och efterdenitrifikation med dosering av metanol till efterdenitrifikationen. Efter varje MBBR leds vattnet in till ett flockningssteg där det ska finnas möjlighet att dosera fällningskemikalie.

Totalflödet från samtliga eftersedimenteringsbassänger leds till filter. Filtersteget utökas med 24 st nya filter av samma sort som finns idag.

## 7.4 Beräkningsfall B

Nuvarande UTSLÄPPSKRAV med ökad anslutning till 900 000 pe

### 7.4.1 Processlösning B1, MBBR

Kapaciteten för sandfång måste utökas. Denna kapacitetsökning sker genom att ta i drift de tre sandfång som idag har tagits i drift.

Försedimenteringarna har tillräcklig kapacitet. Vid maxflöde är dock ytbelastningen hög, 4,1 m/h.

Den 10 m djupa bioreaktordelen byggs om till MBBR med fördenitrifikation.

Efter varje MBBR leds vattnet in till ett flockningssteg där det ska finnas möjlighet att dosera fällningskemikalie.

Därför har vi valt att flöde från eftersedimenteringarna som överstiger 23 000 m<sup>3</sup>/h leds via reglerlucka alternativt bräddskibord direkt till utloppspumpstationen (alternativt till läkemedelsreningen om den skulle finnas). Detta innebär att filtrens hydrauliska maxbelastning kommer att vara 23 000 m<sup>3</sup>/h, vilket ger 10 m/h. Det krävs att 8 nya filter byggs.



## 7.5 Beräkningsfall C

Strängare UTSLÄPPSKRAV och 700 000 pe

### 7.5.1 Processlösning C1, Aktivt slam

Får att få tillräcklig sandfångskapacitet tas ett sandfång i drift av de tre ur drift tagna sandfångarna.

Befintliga försedimenteringar har tillräcklig kapacitet.

Idag har biosteget  $Q_{max}$  18 000 m<sup>3</sup>/h (5 m<sup>3</sup>/s) medan  $Q_{max}$  för försedimentering och filter är 21 600 m<sup>3</sup>/h (6 m<sup>3</sup>/s).

Denna processlösning går ut på att införa för- och efterdenitrifikation med dosering av metanol till efterdenitrifikationen. Två av de 6 linjerna i "befintlig anox/ox" byggs om till sedimentering så att allt vatten passerar biosteget.  $Q_{max}$  är 21 600 m<sup>3</sup>/h för både försed, bio och sandfilter.

6 nya filter byggs så att allt vatten kan filtreras med ytbelastningen 10 m/h vid maxflödet.

## 7.6 Beräkningsfall D

Valet av reningsteknik för rening av läkemedelsrester står mellan ozonering och aktivt kol. Kostnaden för ozon är dock mindre än för aktivt kol. Nackdelen med ozonering är risken för bildning av biprodukter.

Reduktionen av läkemedelsrester i utgående vatten från Käppala reningsverk rekommenderas ske med ozonering vid en dos av 5 g O<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>.

15 g O<sub>3</sub>/m<sup>3</sup> har alla läkemedelsrester avlägsnats mer än 95 %, då säger däremot de ekotoxikologiska testerna ifrån att ozondosen är för hög. Detta beror på att det vid denna höga dos bildas toxiska organiska nedbrytningsprodukter av ozonet.

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

Vattnet från utloppskanalen efter filtren leds till en ny bassäng under kanalen, en så kallad dödzon. Dennas funktion är att inte ozon ska kunna nå uppåt till filterbotten. Denna dödzon avslutas med en mellanvägg i överkant för att få

funktionen av en säkerhetsbarriär/vattenlås. Efter mellanväggen doseras ozon. Ozonkontaktbassängen avslutas med att vattnet leds in till utloppspumpstationen.

### 7.6.1 Processlösning D1

Nedan visas volym för läkemedelsreningen vid 900 000 pe dimensionerande belastning.

		900 000 pe
Dödzon	m3	945
Ozonkontaktbassäng	m3	4725
Totalvolym läkemedelsrening	m3	5670

### 7.6.2 Processlösning D2

Nedan visas volym för läkemedelsreningen vid 700 000 pe dimensionerande belastning.

		700 000 pe
Dödzon	m3	735
Ozonkontaktbassäng	m3	3675
Totalvolym läkemedelsrening	m3	4410

## 7.7 Ytterligare lösningar vid 900 000 pe, strängare krav

### Konventionell aktivt slam

Att kunna hitta en processlösning med konventionell aktivt slammetod är oftast den ur ekonomisk synpunkt mest effektiva lösningen. Vi redovisar nedan vad som krävs för att nå en sådan lösning.

Om vi räknar med slamhalten 4 kg TSS/m<sup>3</sup> och att den eftersedimentering som av K-Konsult benämns ny eftersedimentering, 7200 m<sup>2</sup> kan ta emot slamybelastningen 6,4 kg TSS/m<sup>2</sup>, h vid maxflödet kan den ta emot 11 520 m<sup>3</sup>/h. Om den eftersedimentering som av K-Konsult benämns befintlig eftersedimentering, 5300 m<sup>2</sup> kan ta emot slamybelastningen 5,2 kg TSS/m<sup>2</sup>, h vid maxflödet kan den ta emot 6 890 m<sup>3</sup>/h. Om då ett antal av de bassänger som av K-Konsult benämns befintliga ox/anoxbassänger görs om till eftersedimentering med kapaciteten 6,4 kg TSS/m<sup>2</sup>, h behövs 8750 m<sup>2</sup>. Då varje sådan bassäng har

ytan 1500 m<sup>2</sup> inses att ingen av befintliga ox/anoxbassänger kan användas till bioreaktor.

Vid 4 kg TSS/m<sup>3</sup> (obs, att 4 kg TSS/m<sup>3</sup> egentligen är för högt för eftersedimenteringen) och enbart 185 % recirkulation (för nitrat och returslam) krävs då en bioreaktorvolym om 149 000 m<sup>3</sup>.

Om den 10 m djupa bioreaktordelen och en av de "befintliga anox/oxbassängerna" fördjupas till 13 m får man ändå bara volymen 142 000 m<sup>3</sup>, det saknas alltså 7000 m<sup>3</sup>. Man kan dock minska volymsbehovet till 142 000 m<sup>3</sup> genom att öka metanoldoseringen med 13 %.

Men två problem kvarstår: man har ingen säkerhetsfaktor gällande reaktionskapacitet (om man bedömer att 13 m är en gräns för hur mycket man kan/ska fördjupa bassängerna, vilket kan ha både praktiska och ekonomiska skäl). Dessutom konstaterade vi ovan att den "befintliga anox/oxbassäng" som i exemplet gjordes om till fördjupad bioreaktor ju behövdes som eftersedimentering om man ska ha 4 kg TSS/m<sup>3</sup> i bioreaktordelen. Det innebär att bioreaktorvolymen, pga att man måste sänka slamhalten från 4 kg TSS/m<sup>3</sup>, måste ökas ytterligare utöver de 142 000 m<sup>3</sup>. Detta får sägas vara den slutliga spiken i kistan för konventionell aktivt slam, som alltså inte är något möjligt alternativt.

Vi har även beräknat volymsbehovet för en rejektvattenrening med metanoldosering vid efterdenitrifikation. Vid 900 000 pe krävs en rejektvattenrening om knappt 12 000 m<sup>3</sup>. Vid 4,5 m djup blir ytbehovet 2700 m<sup>2</sup>. Denna yta är svår att reservera utomhus då den tillgängliga ytan utomhus är begränsad vid Käppalaverket. Vinsten med rejektvattenrening är inte så stor eftersom det vid stränga krav ändå krävs efterdenitrifikation i huvudvattenströmmen. Dessutom innebär det ytterligare att "reningsverk" att sköta drift av. Vi har därför valt att inte utnyttja rejektvattenrening.

Nedan presenteras ytterligare en potentiell möjlig utformning för aktivt slam.

#### Aktivt slam med lamellsedimentering i bioreaktordelen.

Ytterligare en möjlighet att bygga om anläggningen för uppfylla 900 000 pe och strängare krav är bygga samma volym bioreaktor som alt 1B, aktivt slam med lamellsedimentering.

Lösningen består i detta fall att i slutet av bioreaktordelen, innan det aktiva slammet leds ut till eftersedimenteringen, installera lameller. Med denna metod kan koncentrationen på det slam som har passerat lamellerna och när eftersedimenteringen minskas med 30-50 % jämfört med slamhalten i bioreaktorn (Plass & Sekoulov, 1996; Kolisch & Schirmer, 2004).

Om vi då räknar med en slamhalt om 4,5 kg TSS/m<sup>3</sup> i bioreaktordelen för att delvis kompensera (ytterligare kompensation måste troligen ske genom att fördjupa bioreaktorbasängerna jämfört med alt A2, se bilaga 1) för den plats som lamellpaketen tar i bioreaktorn. Vi antar vidare att slamavskiljningen är 40 % erhålls slamhalten efter lamellerna 2,7 kg TSS/m<sup>3</sup>.

I processförslag A2 (se bilaga 1) är den totala eftersedimenteringsytan 17 000 m<sup>2</sup>. Skulle denna sedimenteringsyta vara tillräcklig? Maxflödet är 32 400 m<sup>3</sup>/h. Detta ger: 1,9 m/h (32 400/17 000). Detta är tillräckligt. Det är dock oftast slamybelastningen som är bestämmande vid aktivt slam. Slamybelastningen är 5,1 kg TSS/m<sup>2</sup>, h (=2,7x1,9). Detta är fullt tillräckligt. Detta visar att detta är en framkomlig väg. Vi har dock i detta läge inte gjort någon detaljdimensionering eller kostnadskalkyl över denna lösning. En situationsplan för denna lösning skulle troligen se ut som situationsplanen för processlösning A2, se bilaga 1, förutom att samtliga lameller skulle ligga i bioreaktorbasängerna. Utmaningen/svårigheten ligger i att lamellerna trots allt kommer att täcka en relativt stor andel av bioreaktorernas yta.

Kolfurth reningsverk i Wuppertal, Tyskland, 160 000 pe, har denna lösning sedan 2004 (Kolisch & Schirmer, 2004). Man har 55<sup>o</sup> lutning och 80 mm avstånd mellan lamellerna. Ytbelastningen på lamellerna är 0,8-1,3 m/h.

## 8. Sammanfattning av berg, bygg- och maskinåtgärder

För de olika beräkningsfallen A-D och respektive alternativ, finns sammanfattningar av åtgärderna. Berg, bygg och maskinåtgärder är genomkalkylerade och stödjer sig på inhämtade budgetofferter, referensprojekt, erfarenhetssiffror samt schabloner. Nedan följer en kort sammanfattning av respektive alternativ. Ritningsförteckning och ritningar finns i bilaga 13

- 8.1 Alternativ A1 MBR - strängare utsläppskrav och 900 000 pe. Detta alternativ omfattar en ny aktiv slam process med komplettering av membranteknik (MBR) för en delström av avloppsvattnet. Förslaget innebär ändringar av nuvarande kanalisationer och ombyggnad i flertalet av befintliga bassänger. De tre äldre sandfången behöver åter tas i drift för att klara det nya högre flödet vid 900 000 pe. Samtliga åtgärder kan utföras etappvis i respektive linje, men relativt små störningar för pågående drift. Se ritningsnummer N40-01-A1. En utförlig åtgärdsbeskrivning finns i bilaga 6.

- 8.2 Alternativ A2 LAMELL - strängare utsläppskrav och 900 000 pe.  
Detta alternativ omfattar en ny aktiv slam process med efterföljande lamellsedimentering. Förslaget innebär ändringar av nuvarande kanalisationer och i flertalet av befintliga bassänger, samt en anpassad utökning av filterhallen. De tre äldre sandfången behöver åter tas i drift för att klara det nya högre flödet vid 900 000 pe.  
Samtliga åtgärder kan utföras etappvis i respektive linje, men relativt små störningar för pågående drift. Se ritningsnummer N40-01-A2.  
En utförlig åtgärdsbeskrivning finns i bilaga 7
- 8.3 Alternativ A3 MBBR - strängare utsläppskrav och 900 000 pe.  
MBBR (Moving Bed Bio Reactor) Detta alternativ omfattar en ny biologisk rening genom MBBR process med efterföljande biosedimentering. Förslaget innebär ändringar av nuvarande kanalisationer och i flertalet av befintliga bassänger, samt en anpassad utökning av filterhallen. De tre äldre sandfången behöver åter tas i drift för att klara det nya högre flödet vid 900 000 pe.  
Samtliga åtgärder kan utföras etappvis i respektive linje, men relativt små störningar för pågående drift. Se ritningsnummer N40-01-A3.  
En utförlig åtgärdsbeskrivning finns i bilaga 8
- 8.4 Alternativ B1 MBBR - nuvarande utsläppskrav och 900 000 pe.  
MBBR (Moving Bed Bio Reactor) Detta alternativ omfattar en ny biologisk rening genom MBBR process med efterföljande biosedimentering. Förslaget innebär omfattande ändringar av nuvarande kanalisationer och i flertalet av befintliga bassänger, samt en anpassad utökning av filterhallen. De tre äldre sandfången behöver åter tas i drift för att klara det nya högre flödet vid 900 000 pe.  
Samtliga åtgärder kan utföras etappvis i respektive linje, men relativt små störningar för pågående drift. Se ritningsnummer N40-01-B1.  
En utförlig åtgärdsbeskrivning finns i bilaga 9
- 8.5 Alternativ C1 Aktiv slam - strängare utsläppskrav och 700 000 pe.  
Detta alternativ omfattar en ny aktiv slam process med efterföljande konventionell sedimentering. Förslaget innebär ändringar av nuvarande kanalisationer och i flertalet av befintliga bassänger, samt en anpassad utökning av filterhallen. Ett av de tre äldre sandfången behöver åter tas i drift för att klara det nya högre flödet vid 700 000 pe.  
Samtliga åtgärder kan utföras etappvis i respektive linje, men relativt små störningar för pågående drift. Se ritningsnummer N40-01-C1.  
En utförlig åtgärdsbeskrivning finns i bilaga 10

- 8.6 Alternativ D1 – Läkemedelsrening vid 900 000 pe.  
 Detta alternativ omfattar ett nytt reningssteg för läkemedel. Förslaget innebär kompletteringar genom att ett helt nytt bergrum öppnas under den befintliga sandfilterhallen. För åtkomst till det nya bergrummet krävs även en tillfartsväg som kan byggas från den befintliga transporttunneln i västra delen av anläggningen. Det nya bergrummet i det här förslaget är tänkt att användas för ozonbehandling av filtrerat avloppsvatten.  
 Den nya anläggningsytan kan byggas under pågående drift, med relativt små störningar för verksamheten. Då kravet på en framtida läkemedelsrening troligen ligger längre bort i framtiden, än en utökning av verkets kapacitet, kan vissa förberedelser med fördel utföras under andra processändringar. Se ritningsnummer N40-01-Da.  
 En utförlig åtgärdsbeskrivning finns i bilaga 11
- 8.7 Alternativ D2 – Läkemedelsrening vid 700 000 pe.  
 Detta alternativ omfattar ett nytt reningssteg för läkemedel. Förslaget innebär kompletteringar genom att ett helt nytt bergrum öppnas under den befintliga sandfilterhallen. För åtkomst till det nya bergrummet krävs även en tillfartsväg som kan byggas från den befintliga transporttunneln i västra delen av anläggningen. Det nya bergrummet i det här förslaget är tänkt att användas för ozonbehandling av filtrerat avloppsvatten.  
 Den nya anläggningsytan kan byggas under pågående drift, med relativt små störningar för verksamheten. Då kravet på en framtida läkemedelsrening troligen ligger längre bort i framtiden, än en utökning av verkets kapacitet, kan vissa förberedelser med fördel utföras under andra processändringar. Se ritningsnummer N40-01-Da.  
 En utförlig åtgärdsbeskrivning finns i bilaga 12

## 9. Arbetsmiljö

Föreslagna alternativ i denna rapport har i samtliga alternativ tagit hänsyn till att fortsätta hålla en hög nivå på arbetsmiljön och säkerhet i reningsverket. I kalkyler har hänsyn tagits till utformning för säkerhet.

Vid en fortsatt förstudie och framtida detaljprojektering är det särskilt viktigt att beakta arbetsmiljö och säkerhet vid utformningen fallskydd, brand- och utrymningsåtgärder, möjligheter till kommunikation i berget, tydlig skyltning samt att utbilda driftspersonal.

## 10. Kostnads kalkyler

Berg, bygg och maskinätgärder är genomkalkylerade och stödjer sig på inhämtade budgetofferter, referensprojekt, erfarenhetssiffror samt schabloner.

På kalkylerade entreprenadkostnader har 20 % lagts på för oförutsedda kostnader. För samordning av entreprenaderna på det gemensamma arbetsstället har 6 % lagts på entreprenaderna maskin och styr.

För byggherrekostnader som framtagning av principförslag, förfrågningsunderlag, upphandlingar, kontroll och besiktningar har 17 % lagts på samtliga entreprenadkostnader.

Underhållskostnaderna är beräknade efter 1 % på bygginvesteringarna samt 2 % på installationerna för el, styr, VVS och maskin.

Driftkostnaderna har räknats på Qmedel med 0,71 kr/KWh, 3000 kr per ton metanol och 450 kr per ton fällningskemikalie (FeSO<sub>4</sub>). Ingen kostnad för personal är medtagen.

För beräkning av kostnad med annuitetsmetoden har kapitalräntan 3 % används och avskrivningstiden för bergarbeten 50 år, byggarbeten 30 år, VVS arbeten 20 år, samt 50 % av el, automation och maskin 20 år och 50 % av el, automation och maskin 10 år.

### 10.1 Beräknad investeringskostnad

I tabellen presenteras beräknad investeringskostnad för samtliga alternativ, med och utan läkemedelsrening.

Investeringskostnad	A1 MBR 900 000 pe Strängare krav	A2 Lamell 900 000 pe Strängare krav	A3 MBBR 900 000 pe Strängare krav	B1 MBBR 900 000 pe Nuvarande krav	C1 Aktivt slam 700 000 pe Strängare krav
Utan läkemedelsrening [Mkr]	1 051	1 049	1 410	1 075	322
Med läkemedelsrening [Mkr]	1 202	1 200	1 561	1 226	459

Ur ovanstående tabell framgår att, för beräkningsfall A, investeringskostnaden är lägst för alternativ A1 (MBR och aktivt slam) och A2 (aktivt slam med lamellsedimentering) ca 1,05 miljarder kronor. Investeringskostnaden för alternativ A3 (MBBR) är ca 1,4 miljarder kronor.

Investeringskostnaden för läkemedelsrening är ca 151 miljoner kronor för 900 000 pe, medan den är ca 137 miljoner kronor då den dimensionerade belastningen är 700 000 pe.

## 10.2 Beräknad kostnad med annuitetsmetoden

900 000 pe – Strängare utsläppskrav	Utan läkemedelsrening			Med läkemedelsrening		
	A1 MBR	A2 Lamell	A3 MBB R	A1 MBR	A2 Lamell	A3 MBBR
Kapitalkostnad [Mkr/år]	95	78	112	107	90	124
Drift & underhållskostnad [Mkr/år]	88	51	70	103	66	85
Summa [Mkr/år]	183	129	182	210	156	209

900 000 pe – Nuvarande utsläppskrav	Utan läkemedelsrening	Med läkemedelsrening
	B1 MBBR	B1 MBBR
Kapitalkostnad [Mkr/år]	88	100
Drift & underhållskostnad [Mkr/år]	53	68
Summa [Mkr/år]	141	168

700 000 pe – Strängare utsläppskrav	Utan läkemedelsrening	Med läkemedelsrening
	C1 Aktivt slam	C1 Aktivt slam
Kapitalkostnad [Mkr/år]	24	35
Drift & underhållskostnad [Mkr/år]	30	43
Summa [Mkr/år]	54	78

Förutom driftkostnad och underhållskostnad, baserad på en %-sats av investeringskostnaden, finns det ytterligare en kostnadspost i det som ovan kallas drift & underhållskostnad.

Det är i alternativ A1, MBR. Där ingår byte av membran som bedöms ha en livslängd av 7,5 år. Denna kostnad är ca 150 miljoner. Fördelat på 7,5 år ger detta 20 miljoner kronor. Dessa 20 miljoner/år ingår i ovanstående angivna kostnader.

Av ovanstående tabell framgår att den vid 900 00 pe vid stränga utsläppsvillkor, beräkningsfall A, totalt sett mest kostnadseffektiva lösningen är aktivt slam med delar av sedimenteringskapaciteten bestående av lamellsedimentering, ca 129 miljoner kronor per år.



Årskostnaden för MBR och MBBR är märkligt nog identisk, ca 182-183 miljoner kronor per år vid 900 000 pe och stränga krav.

Vi har räknat med att MBBR drivs med syrehalten 5,5 mg O<sub>2</sub>/l. Om den istället skulle vara 6 mg O<sub>2</sub>/l ökar årskostnaden med ca 7 miljoner kronor. Vid beräkning av driftkostnaden för MBR och aktivt slamalternativet, alt A1, har vi använt värdet 0,6 kWh/m<sup>3</sup> för den delen av bioreningen som drivs med MBR. Detta ger årskostnaden 22 miljoner kronor.

### 10.3 Beräknad kostnad per personekvivalent och kg kväve avskiljt

Nedanstående nyckeltal har beräknats ur den totala årskostnaden dividerat med dimensionerande belastning uttryckt som pe respektive dividerat med totalt avskiljd kvävemängd

900 000 pe – Strängare utsläppskrav Årskostnaden dividerad med pe respektive avskilt N	Utan läkemedelsrening			Med läkemedelsrening		
	A1 MBR	A2 Lamell	A3 MBBR	A1 MBR	A2 Lamell	A3 MBBR
Kr/pe	203	143	202	234	174	232
Kr/kg N avskiljt	53	37	52	61	45	60

900 000 pe – Nuvarande utsläppskrav Årskostnaden dividerad med pe respektive avskilt N	Utan läkemedelsrening	Med läkemedelsrening
	B1 MBBR	B1 MBBR
Kr/pe	156	187
Kr/kg N avskiljt	49	59

700 000 pe – Strängare utsläppskrav Årskostnaden dividerad med pe respektive avskilt N	Utan läkemedelsrening	Med läkemedelsrening
	C1 Aktivt slam	C1 Aktivt slam
Kr/pe	78	111
Kr/kg N avskiljt	20	29

## 11. Resursförbrukning

Nedan presenteras resursförbrukning för kemikalier och energi, omräknat till sedvanliga jämförelsetal.

### 11.1 Kemikalier

Kemikalieförbrukningen för respektive alternativ presenteras specifikt i bilaga 14.

### 11.2 Kolkälla

Förbrukningen av kolkälla för respektive alternativ presenteras specifikt i bilaga 14.

### 11.3 Energi

Beräknad energiförbrukning uppdelat på olika jämförelseenheter för de alternativa beräkningsfallen:

#### Belastningsfall A

900 000 pe – Strängare utsläppskrav	Utan läkemedelsrening			Med läkemedelsrening		
	A1 MBR	A2 Lamell	A3 MBBR	A1 MBR	A2 Lamell	A3 MBBR
kWh/pe	50	24	52	70	44	72
kWh/m <sup>3</sup>	0,38	0,18	0,39	0,53	0,33	0,54
kWh/kg N borttaget	13	6	13	18	11	19

För belastningsfall A är A2 (lamell) det alternativ som drar minst energi.

#### Belastningsfall B

900 000 pe – Nuvarande utsläppskrav	Utan läkemedelsrening		Med läkemedelsrening	
	B1 MBBR	B1 MBBR	B1 MBBR	B1 MBBR
kWh/pe	48	48	68	68
kWh/m <sup>3</sup>	0,36	0,36	0,51	0,51
kWh/kg N borttaget	15	15	21	21

## Belastningsfall C

700 000 pe – Strängare utsläppskrav	Utan läkemedelsrening	Med läkemedelsrening
	C1 Aktivt slam	C1 Aktivt slam
kWh/pe	26	46
kWh/m <sup>3</sup>	0,19	0,34
kWh/kg N borttaget	7	12

Vid en jämförelse av belastningsalternativen A-C är alternativ A2 (aktivt slam med lamellsedimentering) det minst energikrävande.

## 12. Övriga resultat och diskussion

### Påverkan på slamproduktionen:

Det föreslås inte någon slamhydrolys i någon lösning. Vi inför förfällning (med FeSO<sub>4</sub>) i samtliga försedimenteringsbassänger i de föreslagna processlösningarna. Vi bedömer därför att den specifika gasproduktionen kan öka med ca 5 %, kanske något mera, jämfört med dagens processutformning.

### Sedimenteringsegenskaper

Samtliga föreslagna aktivt slamlösningar utom MBR-bassängerna utrustas med selektorindelning i första delen av anoxbassängerna med syfte att vara ett verktyg /åtgärd mot eventuella slamsvällningsproblem. Slamseparationsegenskaperna bedöms vara den samma för samtliga aktivt slamlösningar. Det enda som skiljer dem åt är hur mycket metanol som doseras, och därmed hur stor recirkulationen är.

Vid MBBR-lösningar får man inte den stora slamytbelastning som vid aktivt slam. Slammet som uppstår vid MBBR-lösningar brukar dock vara sämre än aktivt slam genom att det innehåller mer dispers, turbid flock som kan kräva större dos v fällningskemikalie, alternativt polymer, än aktivt slam. Vi har dock i driftkostnadskalkylen räknat med lika stor dos kemikalie för aktivt slam och MBBR.