

PM

Kompletteringar till Förstudie, Projekt Käppala 2020

Inledning

Syftet med detta PM är att fungera som arbetsunderlag inför färdigställandet av Käppalaförbundets egen rapport Förstudie, Projekt Käppala 2020.

Efterfrågade kompletteringar av tabeller för kostnader, samt svar på särskilda frågeställningar, följer de kommentarer som finns i arbetsversionen till ovanstående förstudie, daterad 2010-09-01. Denna arbetsversion bifogas detta PM.

Medverkande

WSP: Regine Ullman - process och maskin, Karolina Ekman - samordnande uppdragsansvarig

Treatcon AB: Anders Ullman - process

CPM, Cost & Project Management: Geron Carlsson - byggkalkyl

Käppalaförbundet: Bo Larsson - kalkyl el och automation

Definition av driftfall

För att öka tydligheten angående vilken milstolpe som avses kallar vi i detta PM de olika driftfallen för följande:

FALL 1 – nuvarande krav

Milstolpe 1: Upp till 700 000 pe

Milstolpe 2: 700 000 pe

Milstolpe 3: 900 000 pe

FALL 2 – skärpta krav

Milstolpe 4: Upp till 700 000 pe (i Förstudien Milstolpe 1 och skärpta krav)

Milstolpe 5: 700 000 pe (i Förstudien Milstolpe 2 och skärpta krav)

Milstolpe 6: 900 000 pe (i Förstudien Milstolpe 3 och skärpta krav)

Behandling av väggar för minskat slitage på bärmaterial

Frågan om slitage på bärmaterial i MBBR-processer har dykt upp under utredningens gång. En metod för att minska slitaget och öka bärmaterialets livslängd är att behandla aktuella bassängväggar.

Utifrån tidigare erfarenheter och kontakter med leverantörer har frågan dock inte varit aktuell. Nya kontakter med ANOX bekräftar att det för kommunala anläggningar sällan är problem med slitage på bärmaterialet, men att en specifik bedömning bör ske för ett mer säkert utlåtande.

Vi rekommenderar därför Käppalaverket att ta kontakt med leverantör av bärmaterial för en bedömning av bergväggarna, och ett utlåtande angående behov av ytbehandling.

I detta PM ingår *inte* något pris för en sådan behandling av bergväggarna i gamla delens linjer.

Kompletteringar till Kapitel 5

Förtydliganden om bedömda investeringar

I detta kapitel listas svar på kommentarerna A1-A46 i förstudien samt efterfrågade kompletteringar av tabellerna.

I tabellerna har vi adderat en rad för oförutsedda kostnader, vilka har ansatts till 25 % av entreprenadkostnaden för process och maskin, el och automation och bygg. I tidigare uppdrag (Idéstudie samt tilläggsbeställning angående kolkällebehov och bedömning av ombyggnadskostnader för biosteget) har oförutsedda kostnader satts till 10 %. Vi gör nu en ny bedömning och ansätter istället 25 % för att bättre täcka upp för bl a samordningskostnader, och minska risken för att investeringens storlek undervärderas.

För övriga kostnader som geoteknisk undersökning, projektering, upphandling, projektledning, byggledning, samordning, kontroll, ingångkörning, intrimning, besiktningar, driftinstruktioner, relationsritningar och driftuppföljning har WSP i tidigare levererade kalkyler i tidigare uppdrag använt 23 % påslag. I de tabeller som här levereras har vi dock *inte* ansatt någon kostnad för ovanstående, utan har överlämnat åt Käppalaförbundet att välja hur ni vill presentera och dela upp dessa kostnader. Vi har därför inte heller beräknat summor i tabellerna.

För driftkostnader har underhållskostnader ansatts till 2 % av maskininvesteringen.

Beräkningsgrunder för energiförbrukning

Energiåtgången som är underlag för redovisade energikostnader har beräknats utifrån följande antaganden:

Energi för syresättning

- Finblåsiga luftare – 3 kg O₂/kWh
- Grovblåsiga luftare – 2 kg O₂/kWh

Omrörning

- Effekt omrörning utan bärarmaterial – 7 W/m³
- Effekt omrörning med bärarmaterial – 20 W/m³

Returslampumpning (angiven effekt från pumpleverantör)

- 700 000 pe, gamla delen – 12 kW per returslampump, 100% returslamåterföring
- 700 000 pe, nya delen – 30 kW per returslampump, 100% returslamåterföring
- 900 000 pe, gamla delen – 15 kW per returslampump, 100% returslamåterföring
- 900 000 pe, nya delen – 60 kW per returslampump, 100% returslamåterföring

Beräkningsgrunder för kemikalieförbrukning

kemikalieförbrukningen som är underlag för redovisade kemikaliekostnader har beräknats utifrån följande:

Järnklorid

- Förfällning – 10 g Fe/m³ (75 g FeCl₃/m³)
- Efterfällning - 5 g Fe/m³ (40 g FeCl₃/m³)
- 1 350 kr/ton

Etanol Tails

- 5 g COD/g NO₃
- 1,469 kg COD/l
- Densitet 0,845 kg/l
- Överdoserings 15 %
- 3,9 kr/kg

Brenta plus

- 5 g COD/g NO₃
- 1,0 kg COD/l
- Densitet 1,2 kg/l
- Överdoserings 15 %
- 4 kr/kg

Svar på kommentarer

A.1 Ja

A.2 Ja, kostnaderna för installation av dämpskärmar redovisas nedan (ingår i tabell 3). Kostnaden gäller försök i två linjer (ES01 och ES11). Kostnaderna för modifiering av resterande ES-linjer bedöms till ca 1 500 000 kr.

A.3 – A.6 Se investeringskostnader tabell 3

MILSTOLPE 1

Tabell 3 - Investeringskostnader för nödvändiga åtgärder innan 700 000 p e

Processdel	Investeringskostnad (kkkr)
Omställning av zoner i biosteg	
Process och maskin	4 500
Bygg	2 100
Ventilation	-
Elutrustning	500
Oförutsedda kostnader 25 %	1 800
Projektering och genomförande	
Summa anläggningskostnad	
Bräddvattenrening (Actiflo)	
Rivning samt sprängning och förstärkning	
Betongkonstruktioner	
Maskinutrustning	
Instrument och styr	
Montage för maskin och el	
Allmän el	
Ventilation	
VVS installation	
Flödesmätare, ombyggnad för koagulant	
Design, projektering, upphandling, byggledning, drifttagning, intrimning	
Summa anläggningskostnad	

Forts tabell 3

Pilotanläggning för avgasningstorn

Avgasningsanläggning

Montage

Sprängning för hål

El och automation

Intransport berg, utvändigt upplag

Projektering, byggledning etc.

Summa anläggningskostnad

Pilotanläggning kolkälla

Process och maskin	1 000
--------------------	-------

Bygg	1 300
------	-------

Ventilation	-
-------------	---

Elutrustning	500
--------------	-----

Oförutsedda kostnader 25 %	700
----------------------------	-----

Projektering och genomförande

Summa anläggningskostnad

Pilotanläggning MBBR

Process och maskin	28 500
--------------------	--------

Bygg	1 700
------	-------

Ventilation	-
-------------	---

Elutrustning	1 200
--------------	-------

Oförutsedda kostnader 25 %	7 800
----------------------------	-------

Projektering och genomförande

Summa anläggningskostnad

³⁾ Endast om vakuumteknik ej fungerar som utlovat

A.7 Ja. Mängden bärmaterial i pilot-MBBR är den mängd som resterande tre linjer fylls med vid 700 000 pe och nuvarande krav.

A.8 Ja.

A.9 Se bifogad åtgärdslista milstolpe 2.

MILSTOLPE 2

Tabell 5 - Investeringskostnader för nödvändiga åtgärder vid 700 000 p e med ASP och vakuumteknik.

Processdel	Investeringskostnad (kk)
Avgasningstorn i biobassänger	
Avgasningsanläggning	
Montage	
Sprängning för hål	
El och automation	
Intransport berg, utvändigt upplag	
Entreprenadsamordning	
Projektering, byggledning etc.	
Luftningskapacitet biosteg	
Process och maskin	16 000
Bygg	500
*Ventilation	10 000
Elutrustning	3 400
Oförutsedda kostnader 25 %	7 500
Projektering och genomförande	
Summa anläggningskostnad	
Summa anläggningskostnad	

*I denna kostnad ingår åtgärder för att få luftflöden till de nya blåsmaskinrummen. Vi förutsätter här att befintlig installation inte klarar de erforderliga luftflödena, att leda det till de nya blåsmaskinerna och att ta hand om det efter att det har blåsts in i biobassängerna. Det kvarstår dock att kontrollera om befintlig installation är tillräcklig.

A.10 se tabell 6.

Tabell 6 - Investeringskostnader för nödvändiga åtgärder vid 700 000 p e med MBBR

Processdel	Investeringskostnad (kk)
Omställning till MBBR i tre linjer*	
Process och maskin	75 000
Bygg	3 400
Ventilation	-
Elutrustning	3 600
Oförutsedda kostnader 25 %	20 500
Projektering och genomförande	
Summa anläggningskostnad	
Luftningskapacitet biosteg nya delen**	
Process och maskin	7 500
Bygg	500
Ventilation***	10 000
Elutrustning	1 500
Oförutsedda kostnader 25 %	4 900
Projektering och genomförande	
Summa anläggningskostnad	

* Den fjärde linjen är PILOT-linjen för Milstolpe 1

** Tabell 6 visar alla kostnader som uppstår för alternativet med ASP i nya delen och MBBR i gamla delen. Kostnader för ASP i nya delen finns därför med i denna tabell.

*** Kostnaden för ventilation är en klumpsumma för åtgärder som krävs för den nya och gamla delen. Den är inte uppdelad för ASP i nya delen och MBBR i gamla delen för att siffran skall kännas igen (samma som i tabell 5). Se kommentar tabell 5.

A.11 OBS! Tabellen nedan motsvarar tabell 7, exkl. driftkostnaden för vakuumteknik, samt tabell 8.

Parameter	Enhet	ASP - 700 000 pe			ASP+MBBR - 700 000 pe		
		Gamla delen	Nya delen	Totalt	Gamla delen	Nya delen	Totalt
Nuvarande krav - milstolpe 2							
Elförbrukning	kr/år	800 000	1 100 000	1 900 000	4 000 000	900 000	4 900 000
Underhåll maskin	kr/år	200 000	100 000	300 000	1 500 000	100 000	1 600 000
Järnklorid	kr/år	0	0	0	1 600 000	0	1 600 000
Etanol	kr/år	0	0	0	6 200 000	0	6 200 000
Brenta plus VP1	kr/år	0	0	0	13 100 000	0	13 100 000

Personalbehovet för milstolpe 2 bedöms inte öka.

A.12 Om vakuumtekniken fungerar så behövs inga ytterligare omställningar av zoner, och anläggningen utformas således enligt figur 7.

A.13 Ja mer bärarmaterial i gamla delens linjer. Ingen förändring av zonerna i nya delens linjer.

A.14 Se bifogad åtgärdslista milstolpe 3. Se tabell 9.

A.15 Se tabell 9.

MILSTOLPE 3

Tabell 9 - Investeringskostnader för nödvändiga åtgärder vid 900 000 p e med aktivslamprocess och vakuumteknik

Processdel	Investeringskostnad (kkkr)
Nya luftningssystem och mer luftningskapacitet i biosteg	
Process och maskin	40 000
Bygg	500
Ventilation*	-
Elutrustning	2 800
Oförutsedda kostnader, 25 %	10 800
Projektering och genomförande	
Summa anläggningskostnad	

* Erforderlig kapacitet förutsätts installeras i Milstolpe 2

A.16 Se tabell 10.

Tabell 10 - Investeringskostnader för nödvändiga åtgärder vid 900 000 p e med MBBR

Processdel	Investeringskostnad (kk)
Bärarmaterial och luftningskapacitet	
Process och maskin	18 000
Bygg	300
Ventilation*	-
Elutrustning	1 900
Oförutsedda kostnader 25 %	5 000
Projektering och genomförande	
Luftningskapacitet och luftningssystem nya delen	
Process och maskin	24 000
Bygg	500
Ventilation*	-
Elutrustning	2 500
Oförutsedda kostnader 25 %	6 700
Projektering och genomförande	

* Erforderlig kapacitet förutsätts installeras i Milstolpe 2

A.17 Ingen fråga att utreda.

A.18 OBS! Tabellen nedan motsvarar tabell 11, exkl. driftkostnaden för vakuumteknik, samt tabell 12.

Parameter	Enhet	ASP - 900 000 pe			ASP+MBBR - 900 000 pe		
		Gamla delen	Nya delen	Totalt	Gamla delen	Nya delen	Totalt
Nuvarande krav - milstolpe 3							
Elförbrukning	kWh/år	2 200 000	4 500 000	6 700 000	5 700 000	3 700 000	9 400 000
Underhåll maskin	kr/år	300 000	500 000	800 000	400 000	500 000	900 000
Järnklorid	kr/år	0	0	0	2 100 000	0	2 100 000
Etanol	kr/år	0	0	0	7 800 000	0	7 800 000
Brenta plus VP1	kr/år	0	0	0	16 700 000	0	16 700 000

Ökat personalbehov för milstolpe 3 bedöms till 0,25 heltidstjänster. Med en antagen kostnad om 400 000 kr per tjänst blir det, 100 000 kr/år.

A.19 För att nå 0,1mg Ptot/l så föreslås att förfällning, som släpper tillräckligt med fosfor till biosteget (se nivåer i förstudien), kombineras med efterpolering på filter. Simultanfällning medför att slamåldern sjunker och dessutom binds löst fosfor upp varför risk för fosforbrist i biosteget föreligger om förfällningen kompletteras med simultanfällning.

A.20 OK

A.21 ,A.22, A.24- A.26 Se investeringskostnad tabell 13

A.23 Ja, se pkt A2.

MILSTOLPE 4

Tabell 13 - Investeringskostnader för nödvändiga åtgärder innan 700 000 p e

Processdel	Investeringskostnad (kkkr)
Omställning av zoner i biosteg	
Process och maskin	4 500
Bygg	2 400
Ventilation	
Elutrustning	500
Oförutsedda kostnader 25 %	1 900
Projektering och genomförande	
Summa anläggningskostnad	
Bräddvattenrening (Actiflo)	
Rivning samt sprängning och förstärkning	
Betongkonstruktioner	
Maskinutrustning	
Instrument och styr	
Montage för maskin och el	
Allmän el	
Ventilation	
VVS installation	
Flödesmätare, ombyggnad för koagulant	
Design, projektering, upphandling, byggledning, drifttagning, intrimning	
Summa anläggningskostnad	

Forts tabell 13

Pilotanläggning för avgasningstorn

Avgasningsanläggning

Montage

Sprängning för hål

El och automation

Intransport berg, utvändigt upplag

Projektering, byggledning etc.

Summa anläggningskostnad

Pilotanläggning kolkälla

Process och maskin 1 000

Bygg 1 300

Ventilation -

Elutrustning 500

Oförutsedda kostnader 25 % 700

Projektering och genomförande

Summa anläggningskostnad

Pilotförsök med för- & simultanfällning

Maskin* och el 1 200

Bygg 400

Oförutsedda kostnader 25 % 400

Pilotanläggning MBBR

Process och maskin 28 500

Bygg 1 700

Ventilation -

Elutrustning 1 000

Oförutsedda kostnader 25 % 7 800

Projektering och genomförande

Summa anläggningskostnad

Summa anläggningskostnader

⁷⁾ Endast om vakuumteknik ej fungerar som utlovat

* Maskininvesteringen inkluderar en ny stor lagringstank Fe Cl3 med transportpumpar, mellantank och doserpump.

A.27 OK

A.28 OK

A.29 Ja, se pkt. A7.

A.30 Om dämpskärmar har installerats i samtliga ES-bassänger krävs inga ytterligare åtgärder.

A.31 Ja.

A.32 Se tabell 15

MILSTOLPE 5

Tabell 15 – Investeringskostnader för ASP och vakuumteknik med skärpta reningskrav vid 700 000 p e.

Processdel	Investeringskostnad (kk)
Avgasningstorn i biobassänger	
Avgasningsanläggning	
Montage	
Sprängning för hål	
El och automation	
Intransport berg, utvändigt upplag	
Entreprenadsamordning	
Projektering, byggledning etc.	
Summa anläggningskostnad	
Omställning till efterdenitrifikation	
Process och maskin	55 000
Bygg	8 000
Ventilation*	10 000
Elutrustning	7 500

Oförutsedda kostnader 25 % 20 100
 Projektering och genomförande
 Summa anläggningskostnad

Summa anläggningskostnad

*I denna kostnad ingår åtgärder för att få luftflöden till de nya blåsmaskinrummen. Vi förutsätter här att befintlig installation inte klarar de erforderliga luftflödena, att leda det till de nya blåsmaskinerna och att ta hand om det efter att det har blåsts in i biobassängerna. Det kvarstår dock att kontrollera om befintlig installation är tillräcklig.

A.33 Se tabell 16.

Tabell 16 – Investeringskostnader för MBBR med skärpta reningskrav vid 700 000 p e.

Processdel	Investeringskostnad (kk)
Omställning till MBBR i tre linjer*	
Process och maskin	75 000
Bygg	3 000
Ventilation	-
Elutrustning	4 500
Oförutsedda kostnader 25 %	20 600
Projektering och genomförande	
Summa anläggningskostnad	
Omställning till efterdenitrifikation i nya delen**	
Process och maskin	28 000
Bygg	7 000
Ventilation***	10 000
Elutrustning	3 500
Oförutsedda kostnader 25 %	12 100
Projektering och genomförande	
Summa anläggningskostnad	

* Den fjärde linjen är PILOT-linjen för Milstolpe 1

** Tabell 16 visar alla kostnader som uppstår för alternativet med ASP i nya delen och MBBR i gamla delen. Kostnader för ASP i nya delen skall därför finnas med i denna tabell.

*** Kostnaden för ventilation är en klumpsumma för åtgärder som krävs för den nya och gamla delen. Den är inte uppdelad för ASP i nya delen och MBBR i gamla delen för att siffran skall kännas igen (samma som i tabell 15). Se kommentar tabell 15.

A.34 Ingen fråga att utreda.

A.35 Ingen fråga att utreda.

A.36 OBS! Tabellen nedan motsvarar tabell 17, exkl. driftkostnaden för vakuumteknik, samt tabell 18.

Parameter	Enhet	ASP - 700 000 pe			ASP+MBBR - 700 000 pe		
		Gamla delen	Nya delen	Totalt	Gamla delen	Nya delen	Totalt
Skärpta krav - milstolpe 5							
Elförbrukning	kr/år	1 100 000	1 400 000	2 500 000	4 800 000	1 900 000	6 700 000
Underhåll maskin	kr/år	600 000	600 000	1 200 000	1 500 000	600 000	2 100 000
Järnklorid	kr/år	3 000 000	5 400 000	8 400 000	1 600 000	5 400 000	7 000 000
Etanol	kr/år	2 000 000	3 400 000	5 400 000	8 100 000	3 400 000	11 500 000
Brenta plus VP1	kr/år	4 100 000	7 300 000	11 400 000	17 200 000	7 300 000	24 500 000

Ökat personalbehov för milstolpe 5 bedöms till 0,25 heltidstjänster. Med en antagen kostnad om 400 000 kr per tjänst blir det, 100 000 kr/år.

A.37 se ovan

A.38 Ja

A.39 Se bifogad åtgärdslista milstolpe 6.

A.40 Se tabell 19.

MILSTOLPE 6

Tabell 19 – Investeringskostnader för ASP och vakuumteknik med skärpta reningskrav vid 900 000 p e.

Processdel	Investeringskostnad (kk)
Luftningskapacitet	
Process och maskin	5 000
Bygg	500
Ventilation*	-
Elutrustning	1 500
Oförutsedda kostnader 25 %	1 800
Projektering och genomförande	
Summa anläggningskostnad	

* Erforderlig kapacitet förutsätts installeras i Milstolpe 5

A.41 Finns ej.**A.42** Se tabell 20.

Tabell 20 – Investeringskostnader för MBBR med skärpta reningskrav vid 900 000 p e.

Processdel	Investeringskostnad (kk)
Bärrmaterial och luftningskapacitet	
Process och maskin	18 000
Bygg	300
Ventilation*	-
Elutrustning	2 000
Oförutsedda kostnader 25 %	5 100
Projektering och genomförande	
Summa anläggningskostnad	

Forts tabell 20

Luftningskapacitet i nya delen

Process och maskin	5 000
Bygg	500
Ventilation*	-
Elutrustning	1 500
Oförutsedda kostnader 25 %	5 100
Projektering och genomförande	

Summa anläggningskostnad

* Erforderlig kapacitet förutsätts installeras i Milstolpe 5

A.43 Ingen fråga att utreda.

A.44 Ingen fråga att utreda.

A.45 OBS! Tabellen nedan motsvarar tabell 21, exkl. driftkostnaden för vakuumteknik, samt tabell 22.

Parameter	Enhet	ASP - 900 000 pe			ASP+MBBR - 900 000 pe		
		Gamla delen	Nya delen	Totalt	Gamla delen	Nya delen	Totalt
Skärpta krav - milstolpe 6							
Elförbrukning	kWh/år	2 400 000	4 600 000	7 000 000	6 100 000	3 900 000	10 000 000
Underhåll maskin	kr/år		100 000	100 000	400 000	100 000	500 000
Järnklorid	kr/år	4 000 000	7 000 000	11 000 000	2 100 000	7 000 000	9 100 000
Etanol	kr/år	2 500 000	4 500 000	7 000 000	10 300 000	4 500 000	14 800 000
Brenta plus VP1	kr/år	5 400 000	9 500 000	14 900 000	22 000 000	9 500 000	31 500 000

Ökat personalbehov för milstolpe 6 bedöms till 0,5 heltidstjänster. Med en antagen kostnad om 400 000 kr per tjänst blir det, 200 000 kr/år.

A.46 Se ovan

Slamproduktion till följd av dosering av extern kolkälla

Milstolpe 2 - ASP		Totalt
G:a linje (kg TS/d)	Nya linje (kg TS/d)	kg TS/d
0	0	0

Milstolpe 2 – ASP+MBBR		Totalt
G:a linje (kg TS/d)	Nya linje (kg TS/d)	kg TS/d
1 150	0	1 150

Milstolpe 3 - ASP		Totalt
G:a linje (kg TS/d)	Nya linje (kg TS/d)	kg TS/d
0	0	0

Milstolpe 3 – ASP+MBBR		Totalt
G:a linje (kg TS/d)	Nya linje (kg TS/d)	kg TS/d
1 450	0	1 450

Milstolpe 5 - ASP		Totalt
G:a linje (kg TS/d)	Nya linje (kg TS/d)	kg TS/d
350	650	1 000

Milstolpe 5 – ASP+MBBR		Totalt
G:a linje (kg TS/d)	Nya linje (kg TS/d)	kg TS/d
1 500	650	2 150

Milstolpe 6 - ASP		Totalt
G:a linje	Nya linje	
(kg TS/d)	(kg TS/d)	kg TS/d
500	850	1 350

Milstolpe 6 – ASP+MBBR		Totalt
G:a linje	Nya linje	
(kg TS/d)	(kg TS/d)	kg TS/d
1 900	850	2 750

Denna slamproduktion medför dels att slamåldern påverkas (dock marginellt, ca 1% minskning) dels att kostnaderna för slambehandlingen ökar något (troligtvis också marginellt).

Stockholm 2010-10-29

WSP Samhällsbyggnad

Upprättat och godkänt av Karolina Ekman

Granskat av Regine Ullman



BILAGA 1 – ÅTGÄRDSLISTA MILSTOLPAR

FALL 1 – nuvarande reningskrav) MILSTOLPE 1: nuvarande utsläppskrav upp till 700 000 pe

Utsläppsvillkor	Anläggningsdel	Upp till 700 000 pe
Nuvarande utsläppskrav	Gamla delen	Vattenreningsprocess ASP i BB01-06 med SS=3,5g/l: 1. (= gamla 46) håltagning i vägg för att leda returslam till Anaerob-zon = ny Anox 1 (RS-luftning) med 2 st manuella avst.luckor (gäller 6 linjer och 1 vägg/linje; storlek hål 1m x 2m) 2. (= gamla 47) flytt av 2 bef. mellanväggar (BxH = 6x6m) per linje 3. (= gamla 48) komplettering av luftningssystem i Ox 1 (några fler luftare; förutsetts ingen ny nedledare) 4. (ny punkt) installation av 1 st dränkbar omrörare per linje; 10kW
	Nya delen	Vattenreningsprocess ASP i BB07-11 med 3,0gSS/l: 5. (= gamla 51) transport av RS till zon 1 = ANOX 1 (RS-luftning): installation av 2 st. manuell avstluckor/linje (2 st håltagningar DN300/linje; bortbilning av en vägg 1mx1,2m) 6. (~ gamla 26) installation av dämpskärm i tryckimpregnerat trä i ES11 (2 st/linje à BxH = 8mx6,5m)
	Pilot kolkälledosering	(ny åtgärd som förverkligas delvis m h a gamla punkter) Pilotlinje för dosering av kolkälla i BB11: 7. (= gamla 67) installation av 2 st nya mellanväggar/linje av tryckimpregnerat trä för att skapa (BxH = 10x16m): a. Anox 4 b. Ox 3 8. (= gamla 68) rivning + justering av luftningssystem i Ox 2 9. (= gamla 69) installation av nytt luftningssystem i Ox 3 10. (~ gamla 70) installation av 2 st ny omrörare i Anox 4 à 5,5kW (nybyggnad av ny brygga; titta på hur bef. ser ut och räkna med att skapa likadan ny i Anox 4) 11. (= gamla 71) flytt av bef. nitratrecirkulationspump från slutet på linjen till Ox 2 (2 st håltagningar DN300; 1 igensättning av hål DN400) 12. (= gamla 72) installation av online nitratmätare i BB11 för reglering av kolkälledosering 13. (= gamla 31) installation av ny lagringstank för kolkälla V=40m ³ ovan mark; med Eex-klassade nivågivare, nivåvipa och varningslampa vid lossningsplats för att indikera full tank; betonginvallning 40 m ³ 14. (~ gamla 32) installation av 1 st ny transportpump och ny transportledning för kolkälleblandning till mellantank i berget i BB11 med flödesmätare 15. (~ gamla 33) installation av 1 st ny spädvattenpump och ny ledning med 1 st flödesmätare för att blanda ut högprocentig kolkälla till en icke Eex-klassad ofarlig vätska (30 st håltagningar DN50) 16. (ny punkt) installation av 1 st ny mellantank 5m3 i eller invid BB11 för icke Eex-klassad kolkälleblandning; invallning 5m3; nivågivare som styr transportpumpen 17. (ny punkt) installation av 1 st ny doserpump invid ny mellantank och ny doserledning för dosering av kolkälla i BB11 Anox 4; med flödesmätare
	Pilot MBBR	BB01 omvandlas till en MBBR-process för försöksdrift i fullskala 18. (= gamla 1) avstängning av bef. inloppskanal genom byggnation av 1st tvärvägg i betong i inloppskanalen; 2 st håltagningar i kanalens väggar (B=2,0m; H=1,0) för att kunna leda inkommande avloppsvatten till ”vänster” och ”höger”; installation av 2 st manuella luckor för avstängning av ink. vatten

R:\5116\2010\10142485_Käppala Förstudie rådgivning\3_Dokument\36_PMA åtgärdslista milstolpar 101029.doc



		19. (= gamla 2) igensättning av 1 st hål i vägg i mellanväggen (ca 3x3m) 20. (= gamla 3) 1 st håltagning i slutet av biolinjens ena halva för utsläpp av vatten till fördelningskanalen till ES (B=4,0m, H=1,0m) 21. (= gamla 4) rivning av luftningssystem 22. (= gamla 5) demontering av befintliga returslampumpar 23. (= gamla 6) demontering av befintliga ammoniumrecirkulationspumpar 24. (= gamla 7) upprättande av nya zoner genom installation av silplåtar: a. Anox 1 b. Ox 1 c. Ox 2 d. Anox 2 e. Ox 3 f. Deox 25. (~ gamla 8) rivning av befintliga omrörare och nyinstallation av 12 st omrörare à 5,5 kW (6st i Anox 2, och 6 st i Anox 4) plus 2 st omrörare à 1,5kW i deoxzonen 26. (= gamla 9) flytt av befintlig nitratrecirkulationspump till slutet på ny Ox 2 27. (= gamla 11) installation av nytt grovblåsig luftningssystem i Ox 1, Ox 2, Ox 3 28. (~ gamla 12) installation av 6 st nya reglerventiler för luft, 6 st luftflödesmätare och 6 st syremätare 29. (~ gamla 13) tillsats av bärmaterial i Anox 1, Ox 1, Ox 2, Anox 2, Ox 3 – mängd 2324m³ (motsvarar 1/4 av vad som behövs för 700 000 pe nuv. ren.krav) 30. (~ gamla 14) installation av 2 st online nitratmätare i BB01 för reglering av kolkälledosering 31. (~ gamla 15) installation av dämpskärm i tryckimpregnerat trä i ES 01 (12 st à BxH = 6x4m) 32. (ny punkt) installation av 1 st ny doserpump vid BB01 och ny doserledning för dosering av FeCl3 till ES01; med 1st flödesmätare Gedächtnisstütze: Kolkälledoseringsutrustning från ”Pilot kolkälledosering” används. Reservblåsmaskin används.
--	--	---



FALL 1 – nuvarande reningskrav) MILSTOLPE 2: nuvarande utsläppskrav 700 000 pe

Åtgärder utöver det som utförts i Milstolpe 1

Utsläppsvillkor	Anläggningsdel	700 000 pe
Nuvarande utsläppskrav	Gamla delen - ASP	Vattenreningsprocess ASP i BB01-06 med 3,5gSS/l: 33. (ny punkt) - UTGÅR 34. (ny punkt) installation av ny blåsmaskin (1 st à 17 000m³/h) i befintligt utrymme ovanför bioblock 1 i gamla delen med ny stamledning
	Gamla delen - MBBR	Vattenreningsprocess MBBR i BB01 + BB04-06 - vi använder oss av pilotlinjen (se MILSTOLPE 1) som 4:e linje , vilket innebär att man i denna milstolpe 2 utför åtgärderna i BB04-06 = 3 linjer: 35. (= gamla 1) avstängning av bef. inloppskanal genom byggnation av 1st tvärvägg/linje i betong i inloppskanalen; 2 st håltagningar/linje i kanalens väggar (B=2,0m; H=1,0) för att kunna leda inkommande avloppsvatten till ”vänster” och ”höger”; installation av 2 st manuella luckor/linje för avstängning av ink. vatten 36. (= gamla 2) igensättning av 1 st hål/linje i vägg i mellanväggen (ca 3x3m) 37. (= gamla 3)1 st håltagning/linje i slutet av biolinjernas ena halva för utsläpp av vatten till fördelningskanalen till ES (B=4,0m, H=1,0m) 38. (= gamla 4) rivning av bef. luftningssystem 39. (= gamla 5) demontering av befintliga returslampumpar 40. (= gamla 6)demontering av befintliga ammoniumrecirkulationspumpar 41. (= gamla 7) upprättande av nya zoner genom installation av silplåtar: a. Anox 1 b. Ox 1 c. Ox 2 d. Anox 2 e. Ox 3 f. Deox 42. (~ gamla 8) rivning av befintliga omrörare och nyinstallation av 12 st omrörare à 5,5 kW per linje (= totalt 36 st; i varje linje 6st i Anox 2, och 6 st i Anox 4) plus 2 st omröra-re à 1,5kW per linje (= totalt 6 st) i deoxzonen 43. (= gamla 9) flytt av befintliga nitratrecirkulationspumpar till slutet på ny Ox 2 44. (ny punkt)- UTGÅR 45. (= gamla 10) installation av ny blåsmaskin (1 st à 17 000m³/h) i bef. utrymme ovanför bioblock 1 i gamla delen med ny stamledning förberedd för kapacitet från ytterligare en maskin (milstolpe 3, pkt. 59) 46. (= gamla 11) installation av nytt grovblåsig luftningssystem i Ox 1, Ox 2, Ox 3 47. (= gamla 12) installation av 6 st nya reglerventiler för luft, 6 st luftflödesmätare och 6 st syremätare per linje 48. (= gamla 13) tillsats av bärarmaterial i Anox 1, Ox 1, Ox 2, Anox 2, Ox 3 (mängd bärare enligt WSP FALL 1 minus det som lagts in i pilot-linjen; konkret: 6971m³ här)



		49. (= gamla 14) installation av online nitratmätare i MBBR 04-06 för reglering av kolkälledosering (2st/linje) 50. UTGÅR 51. (= gamla 34) installation av ny lagringstank för FeCl ₃ V=40m ³ ovan mark; med nivågivare, nivåvipa och varningslampa vid lossningsplats för att indikera full tank; betong-invallning 40 m ³ 52. (ny punkt) installation av 2 st nya transportpumpar (1 i reserv) och ny transportledning för FeCl ₃ till mellantank i berget med flödesmätare 53. (ny punkt) installation av 1 st ny mellantank 5m ³ i gången utanför BB04-06 för FeCl ₃ ; invallning 5m ³ ; nivågivare som styr transportpumpen 54. (ny punkt) installation av 3 st nya doserpumpar invid ny mellantank och nya doserledningar för dosering av FeCl ₃ till ES01-06; med 1st flödesmätare/doserpump = 3 st totalt 55. (ny punkt) installation av 6 st nya doserpumpar för kolkälleblandning till BB04-06 med doserledningar och med 6 st flödesmätare
	Nya delen	Vattenreningsprocess ASP i BB07-11 med 3,0gSS/l: 56. (ny punkt) installation av ny blåsmaskin (1 st à 10 000m ³ /h) i utrymmet ovanför anaerobzon i BB11 med ny stamledning (bygg; ta med en kostnad för att avskärma blåmaskiner i ett eget ”rum” med ljudisolering; storlek av ”rummet” ca 15 x 20m)



FALL 1 – nuvarande reningskrav) MILSTOLPE 3: nuvarande utsläppskrav 900 000 pe

Åtgärder utöver det som utförts i Milstolpe 1+2

Utsläppsvillkor	Anläggningsdel	900 000 pe
Nuvarande utsläppskrav	Gamla delen - ASP	Vattenreningsprocess ASP i BB01-06 med SS=4,5g/l: 57. (ny punkt) rivning av bef. luftningssystem och installation av helt nytt med nya 3 st luftflödesmätare/linje (= totalt 18 st) och 3 st reglerventiler/linje (= totalt 18 st)
	Gamla delen - MBBR	Vattenreningsprocess MBBR i BB01 + BB04-06: 58. (= gamla 17) fyll på med mer bärare; ytterligare 2647m ³ fördelat på 4 linjer 59. (= gamla 18) installation av 1 st ny blåmaskin som reserv – ca 17 000 Nm ³ /h – i bef. utrymme ovanför bioblock 1 i gamla delen och koppling till ny stamledning från milstolpe 2 (pkt. 45)
	Nya delen	Vattenreningsprocess ASP i BB01-06 med SS=4,0g/l: Kommentar till Käppala: ingen ny zonindelning; Förklaring: om vakuumtekniken fungerar, så klarar man lite högre slamhalt och även utan vakuumteknik så anses tidiga-re angiven ändring av zonvolym med 6% ej nödvändig. 60. (ny punkt) rivning av bef. luftningssystem och installation av helt nytt med nya 3 st luftflödesmätare/linje (= totalt 15 st) och 3 st reglerventiler/linje (= totalt 15 st) 61. (~gamla 28) installation av 5 st nya RS-pumpar ca 5 kW (total kapacitet per linje: 70m ³ /h) (10 st håltagningar DN150) 62. (= gamla 29) installation av 5 st nya recirkulationspumpar (1 st per linje à 5,5kW) (10 st håltagningar DN200) 63. (~ gamla 30) installation av 1st ny blåmaskin som reserv 10 000 Nm ³ /h ovanför anaerob-zon i BB11; koppling till ny stamledning från milstolpe 2 pkt 56



FALL 2 – skärpta reningskrav) MILSTOLPE 4: skärpta utsläppskrav 700 000 pe

Utsläppsvillkor	Anläggningsdel	Upp till 700 000 pe
Skärpta utsläppskrav	Gamla delen	Vattenreningsprocess ASP i BB01-06 med 4,0gSS/l: samma 4 st punkter som i milstolpe 1: 64. (= gamla 46) håltagning i vägg för att leda returslam till Anaerob-zon = ny Anox 1 (RS-luftning) med 2 st manuella avst.luckor (gäller 6 linjer och 1 vägg/linje; storlek hål 1m x 2m) 65. (= gamla 47) flytt av 2 bef. mellanväggar (BxH = 6x6m) per linje 66. (= gamla 48) komplettering av luftningssystem i Ox 1 (några fler luftare; förutsetts ingen ny nedledare) 67. (ny punkt) installation av 1 st dränkbar omrörare per linje; 10kW
	Nya delen	Vattenreningsprocess ASP i BB07-11 med 3,5gSS/l: Samma 2 st punkter som i milstolpe 2 68. (= gamla 51) transport av RS till zon 1 = ANOX 1 (RS-luftning): installation av 2 st. manuell avstluckor/linje (2 st håltagningar DN300/linje; bortbilning av en vägg 1mx1,2m) 69. (~ gamla 26) installation av dämpskärm i tryckimpregnerat trä i ES11 (2 st/linje à BxH = 8mx6,5m)
	Försök förfällning	70. (= gamla 34) installation av ny lagringstank för FeCl ₃ V=40m ³ ovan mark; med nivågivare, nivåvipa och varningslampa vid lossningsplats för att indikera full tank; betong-invallning 40 m ³ 71. (ny punkt) installation av 2 st nya transportpumpar (1 i reserv) och ny transportledning för FeCl ₃ till mellantank i berget med flödesmätare 72. (ny punkt) installation av 1 st ny mellantank 5m3 i gången utanför BB01-06 för FeCl ₃ ; invallning 5m3; nivågivare som styr transportpumpen 73. (ny punkt) installation av 1 st ny doserpump invid ny mellantank och ny doserledning för dosering av FeCl ₃ som förfällning till FS01; med 1st flödesmätare
	Pilot kolkälledosering	Samma punkter som i milstope 1 – pilot kolkälledosering (ny punkt som förverkligas delvis m h a gamla punkter) Pilotlinje för dosering av kolkälla i BB11: 74. (= gamla 57) installation av 2 st nya mellanväggar/linje av tryckimpregnerat trä för att skapa (BxH = 10x16m): a. Anox 4 b. Ox 3 75. (= gamla 58) rivning + justering av luftningssystem i Ox 2 76. (= gamla 59) installation av nytt luftningssystem i Ox 3 77. (~ gamla 60) installation av 2 st nya omrörare i Anox 4 à 5,5kW(nybyggnad av ny brygga; titta på hur bef. ser ut och räkna med att skapa likadan ny i Anox 4) 78. (= gamla 61) flytt av bef. nitratrecirkulationspump från slutet på linjen till Ox 2 (2 st håltagningar DN300; 1 igensättning av hål DN400) 79. (= gamla 62) installation av online nitratmätare i BB11 för reglering av kolkälledosering 80. (= gamla 31) installation av ny lagringstank för kolkälla V=40m ³ ovan mark; med Eex-klassade nivågivare, nivåvipa och varningslampa vid lossningsplats för att indikera full tank; betonginvallning 40 m ³ 81. (~ gamla 32) installation av 1 st ny transportpump och ny transportledning för kolkälleblandning till mellantank i berget i BB11 med flödesmätare 82. (~ gamla 33) installation av 1 st ny spädvattenpump och ny ledning med 1 st flödesmätare för att blanda ut högprocentig kolkälla till en icke Eex-klassad ofarlig vätska (30 st håltagningar DN50)



		83. (ny punkt) installation av 1 st ny mellantank 5m3 i eller invid BB11 för icke Eex-klassad kolkälleblandning; invallning 5m3; nivågivare som styr transportpumpen 84. (ny punkt) installation av 1 st ny doserpump invid ny mellantank och ny doserledning för dosering av kolkälla i BB11 Anox 4; med flödesmätare
	Pilot MBBR	Samma punkter som i milstolpe 1 – Pilot MBBR BB01 omvandlas till en MBBR-process för försöksdrift i fullskala 85. (= gamla 1) avstängning av bef. inloppskanal genom byggnation av 1st tvärvägg i betong i inloppskanalen; 2 st håltagningar i kanalens väggar (B=2,0m; H=1,0) för att kunna leda inkommande avloppsvatten till ”vänster” och ”höger”; installation av 2 st manuella luckor för avstängning av ink. vatten 86. (= gamla 2) igensättning av 1 st hål i vägg i mellanväggen (ca 3x3m) 87. (= gamla 3) 1 st håltagning i slutet av biolinjens ena halva för utsläpp av vatten till fördelningskanalen till ES (B=4,0m, H=1,0m) 88. (= gamla 4) rivning av luftningssystem 89. (= gamla 5) demontering av befintliga returslampumpar 90. (= gamla 6) demontering av befintliga ammoniumrecirkulationspumpar 91. (= gamla 7) upprättande av nya zoner genom installation av silplåtar: a. Anox 1 b. Ox 1 c. Ox 2 d. Anox 2 e. Ox 3 f. Deox 92. (~ gamla 8) rivning av befintliga omrörare och nyinstallation av 12 st omrörare à 5,5 kW (6st i Anox 2, och 6 st i Anox 4) plus 2 st omrörare à 1,5kW i deoxzonen 93. (= gamla 9) flytt av befintlig nitratrecirkulationspump till slutet på ny Ox 2 94. (= gamla 11) installation av nytt grovblåsig luftningssystem i Ox 1, Ox 2, Ox 3 95. (~ gamla 12) installation av 6 st nya reglerventiler för luft, 6 st luftflödesmätare och 6 st syremätare 96. (~ gamla 13) tillsats av bärarmaterial i Anox 1, Ox 1, Ox 2, Anox 2, Ox 3 – mängd 2324m³ (motsvarar 1/4 av vad som behövs för 700 000 pe nuv. ren.krav) 97. (~ gamla 14) installation av 2 st online nitratmätare i BB01 för reglering av kolkälledosering 98. (~ gamla 15) installation av dämpskärm i tryckimpregnerat trä i ES 01 (12 st à BxH = 6x4m) 99. (ny punkt) installation av 1 st ny doserpump vid BB01 och ny doserledning för dosering av FeCl3 till ES01; med 1st flödesmätare Kolkälledoseringsutrustning från ”Pilot kolkälledosering” används. Reservblåsmaskin används.



FALL 2 – skärpta reningskrav) MILSTOLPE 5: skärpta reningskrav 700 000 pe

Åtgärder utöver det som utförts i Milstolpe 4

Utsläppsvillkor	Anläggningsdel	700 000 pe
Skärpta utsläppskrav	Gamla delen – som ASP	Vattenreningsprocess ASP i BB01-06 med SS=4,0g/l: 100. (= gamla 57) installation av 2 st nya mellanväggar/linje av tryckimpregnerat trä för att skapa (BxH = 6x6m): a. Anox 4 b. Ox 3 101. (ny punkt) rivning av befintligt luftningssystem 102. (ny punkt) installation av nytt luftningssystem 103. (= gamla 60) installation av 2 st nya omrörare/linje i Anox 4 à 5,5kW (=totalt 12 st; nybyggnad av ny brygga; titta på hur bef. ser ut och räkna med att skapa lika-dan ny i Anox 4) 104. (= gamla 61) flytt av bef. nitratrecirkulationspumpar från slutet på linjen till Ox 2 (2 st håltagningar DN300/linje; 1 igensättning av hål DN400/linje) 105. (ny punkt) UTGÅR 106. (ny punkt) installation av ny blåsmaskin (1 st à 17 000m³/h) i bef. utrymme ovanför bioblock 1 i gamla delen med ny stamledning 107. (= gamla 62) installation av 6 st online nitratmätare i BB01-06 för reglering av kolkälledosering 108. (~ gamla 76) installation av 6 st nya doserpumpar för extern kolkälla till BB01-06 med doserledningar och 6 st flödesmätare 109. (~gamla 76) installation av 6 st nya doserpumpar för dosering av FeCl₃ till BB01-06 med doserledningar och 6 st flödesmätare 110. (ny punkt) installation av 5 st nya doserpumpar för FeCl₃ till FS02-06 med doserledningar och 5 st flödesmätare
	Gamla delen – som MBBR	Vattenreningsprocess MBBR i BB01 + BB04-06 - vi använder oss av pilotlinjen (se MILSTOLPE 4) som 4:e linje , vilket innebär att man i denna milstolpe 5 utför åtgärder i BB04-06 = 3 linjer: 111. (= gamla 1) avstängning av bef. inloppskanal genom byggnation av 1st tvärvägg/linje i betong i inloppskanalen; 2 st håltagningar/linje i kanalens väggar (B=2,0m; H=1,0) för att kunna leda inkommande avloppsvatten till ”vänster” och ”höger”; installation av 2 st manuella luckor/linje för avstängning av ink. vatten 112. (= gamla 2) igensättning av 1 st hål/linje i vägg i mellanväggen (ca 3x3m) 113. (= gamla 3)1 st håltagning/linje i slutet av biolinjernas ena halva för utsläpp av vatten till fördelningskanalen till ES (B=4,0m, H=1,0m) 114. (= gamla 4) rivning av bef. luftningssystem 115. (= gamla 5) demontering av befintliga returslampumpar 116. (= gamla 6)demontering av befintliga ammoniumrecirkulationspumpar 117. (= gamla 7) upprättande av nya zoner genom installation av silplåtar: a. Anox 1 b. Ox 1 c. Ox 2 d. Anox 2 e. Ox 3



		f. Deox 118. (~ gamla 8) rivning av befintliga omrörare och nyinstallation av 12 st omrörare à 5,5 kW per linje (= totalt 36 st; i varje linje 6st i Anox 2, och 6 st i Anox 4) plus 2 st omrörare à 1,5kW per linje (= totalt 6 st) i deoxzonen 119. (= gamla 9) flytt av befintliga nitratrecirkulationspumpar till slutet på ny Ox 2 120. (ny punkt) - UTGÅR 121. (= gamla 10)installation av ny blåsmaskin (1 st à 17 000m³/h) i bef. utrymme ovanför bioblock 1 i gamla delen med ny stamledning förberedd för kapacitet från ytterligare en maskin (milstolpe 6, pkt 141) 122. (= gamla 11)installation av nytt grovblåsig luftningssystem i Ox 1, Ox 2, Ox 3 123. (= gamla 12) installation av 6 st nya reglerventiler för luft, 6 st luftflödesmätare och 6 st syremätare per linje (= totalt 18 st av varje sort) 124. (= gamla 13) tillsats av bärarmaterial i Anox 1, Ox 1, Ox 2, Anox 2, Ox 3 (mängd bärare enligt WSP FALL 1 minus det som lagts in i pilot-linjen; konkret: 6971m³ här) 125. (= gamla 14) installation av totalt 6 st online nitratmätare i MBBR 04-06 för reglering av kolkälledosering 126. UTGÅR 127. (ny punkt) installation av 3 st nya doserpumpar invid ny mellantank och nya doserledningar för dosering av FeCl₃ till ES01-06; med 1st flödesmätare/doserpump = 3 st totalt 128. (ny punkt) installation av 6 st nya doserpumpar för kolkälleblandning till BB04-06 med doserledningar och med 6 st flödesmätare
	Nya delen	Vattenreningsprocess ASP i BB07-11 med 3,5gSS/l: 129. (= gamla 65) flytt av bef. mellanvägg mellan zonerna Anox 2 och Anox3/Ox1 (HxB = 10m x 16m; 1 st/linje) 130. (ny punkt) rivning av befintligt luftningssystem 131. (ny punkt) installation av nytt luftningssystem 132. (= gamla 67) installation av 2 st nya mellanväggar av tryckimpregnerat trä/linje (HxB = 10m x 16m) för att skapa: a. Anox 4 b. Ox 3 133. (= gamla 70) installation av 2 st nya omrörare/linje i Anox 4 (= totalt 8 st) nybyggnad av ny brygga; titta på hur bef. ser ut och räkna med att skapa likadan ny Anox 4) 134. (= gamla 71) flytt av bef. nitratrecirkulationspumpar från slutet på linjen till Ox 2 (4 st håltagningar DN500 per linje) 135. (= gamla 74) installation av 1 st ny recirkulationspump/linje = totalt 5 st (2 st håltagningar DN300/linje) 136. (ny punkt) installation av ny blåsmaskin (1 st à 10 000m³/h) i utrymmet ovanför anaerobzon i BB11 med ny stamledning (bygg: ta med en kostnad för att av-skärma blåsmaskiner i ett eget ”rum” med ljudisolering; storlek av ”rummet” ca 15 x 20m) 137. (= gamla 72) installation av 5 st nya online nitratmätare i BB07-11 för reglering av kolkälledosering 138. (~ gamla 76) installation av 5 st nya doserpumpar för dosering av extern kolkälla till BB07-11 med doserledningar och 5 st flödesmätare 139. (ny punkt) installation av 5 st nya doserpumpar för FeCl₃ till FS07-11 med doserledningar och 5 st flödesmätare



FALL 2 – skärpta reningskrav) MILSTOLPE 6: skärpta reningskrav 900 000 pe

Åtgärder utöver det som utförts i Milstolpe 4+5

Utsläppsvillkor	Anläggningsdel	900 000 pe
Skärpta utsläppskrav	Gamla delen – som ASP	Vattenreningsprocess ASP i BB01-06 med SS=5,1g/l: inga åtgärder Gedächtnisstützen: a. ändrad zonindelning enligt WSP FALL 8 jämfört med FALL 6 behövs enligt vår bedömning INTE om vakuumtekniken fungerar, i och med att man kan justera kapaciteten med slamhalten. Ändringsbehov är bara ca 10% och därmed även ändring av slamhalt kring 10%. b. Komplettering av luftningssystem gör man i milstolpe 5 så att det passar 900 000 pe för att undvika att bassängerna behöver tömmas en gång till
	Gamla delen – som MBBR	Vattenreningsprocess MBBR i BB01 + BB04-06: 140. tillsats av ytterligare bärare – xxxm3/linje 141. (= gamla 18) installation av 1 st ny blåsmaskin som reserv – ca 17 000 Nm ³ /h – i bef. utrymme ovanför bioblock 1 i gamla delen och koppling till ny stamledning från milstolpe 5 (pkt. 121)
	Nya delen	Vattenreningsprocess ASP i BB07-11 med 4,5gSS/l: Gedächtnisstütze: a. Komplettering av luftningssystem gör man i milstolpe 5 så att det passar 900 000 pe för att undvika att bassängerna behöver tömmas en gång till b. Installation av ny recirkulationspump utförs i milstolpe 5 för att undvika att bassängerna behöver tömmas en gång till 142. (~ gamla 30) installation av 1st ny blåsmaskin som reserv 10 000 Nm³/h ovanför anaerob-zon i BB11; koppling till ny stamledning från milstolpe 5 ovan, pkt 136

Kalmar 2010-10-18
Rev a 101025
WSP Samhällsbyggnad
Regine Ullman

Förstudie

Käppalaförbundet

Projekt Käppala 2020

Lidingö 2010-09-01

1 Bakgrund

Käppalaverket står inför en rad nya utmaningar som innebär att reningsverkets kapacitet måste ses över. Reningsverket byggdes ut under 90-talet för att kunna hantera en belastning motsvarande 700 000 p e ¹⁾ i samband med att kväverening infördes. Dagens belastning uppgår till ca 550 000 p e med maximala dygnsbelastningar på ca 600 000 p e. Under kommande 20 års period väntas belastningen från redan anslutna kommuner öka med ca 100 000 p e och ett antal nya kommuner har ansökt om eller aviserat intresse för anslutning, som mest kan 200 000 p e väntas från dessa kommuner om samtliga ansluts.

I november 2007 tog Östersjöländernas ministrar beslut om en åtgärdsplan för Östersjön inom ramen för HELCOM. Åtgärdsplanen är benämnd Baltic Sea Action Plan (BSAP) och har som mål att uppnå god ekologisk status i Östersjön till år 2021. I denna plan finns förslag på skärpta reningskrav för närsalter från avloppsreningsverk. Vidare kan också krav på läkemedelsrening väntas, här är det dock ännu oklart vad som ska innefattas i ett sådant krav samt hur långt gången reduktion som krävs.

För att kunna hantera eventuellt skärpta krav i kombination med en ökad belastning har Käppalaförbundet initierat projekt Käppala 2020.

I projektets första fas tog Käppalaförbundet hjälp av fyra teknikkonsulter för att finna möjliga processtekniska lösningar för att kunna hantera en ökad belastning och skärpta reningskrav. Under hösten 2009 redovisades dessa förslag. Det framgick att reningsverket är väl tilltaget i volym och att det finns flera möjliga vägar att gå för att möta framtida krav. Nästa fas i projektet var att sälla bland de förslag som lämnades in och att finna de mest kostnadseffektiva och driftsäkra lösningarna. Ett antal tilläggsbeställningar gick därefter ut där mer detaljerade beräkningar efterfrågades.

Denna rapport syftar till att ge förslag på en etappvis utbyggnad av reningsverket baserat på de inlämnade förslagen och fortsatt arbete i projektet. En grov kostnadsbild presenteras också som underlag till nuvarande ägare i frågan om anslutning av nya kommuner.

2 Idéförslag

Ett antal grundförutsättningar gavs till teknikkonsulterna, dessa var följande;

1. Möjlig utbyggnad av berganläggningen föreligger endast nedåt, i sida eller uppåt finns inga möjligheter. Ny teknik och andra processlösningar premieras framför större volymer i vattenreningen.
2. Allt vatten som uppkommer i anslutna kommuner skall tas om hand då det uppkommer, ingen annan flödesutjämning än den som finns i Lidingötunneln om 40 000 m³ finns tillgänglig.

¹⁾ 1 pe = 70 g BOD₇/person*dag

3. Uppdraget begränsas till vattenbehandlingen. Tunnelsystem, inloppspumpar och slambehandling ska exkluderas från studien.
4. Två belastningssituationer ska undersökas; 700 000 p e samt 900 000 p e.
5. En reduktion med 90 % av läkemedelsrester ska gälla.
6. Ingen bräddning av orenat avloppsvatten får förekomma, hydrauliken skall undersökas separat.
7. Två olika fall gäller för reningskraven;
 - a. Total-N 10 mg/L; Total-P 0,3 mg/L; BOD₇ 8 mg/L.
 - b. Total-N 5 mg/L; Total-P 0,1 mg/L; BOD₇ 4 mg/L.

Samtliga inlämnade förslag visade att Käppalaverket har väl tilltagna volymer och att reningsverkets kapacitet är långt ifrån uppnådd förutsatt att processen modifieras. Förslagen skiljde sig kraftigt åt sinsemellan, vissa innebar mycket stora omställningar medan andra var mer modesta. Ett huvudspår i de inlämnade förslagen är att slamseparation och hydraulik är huvudfrågor de huvudproblem som måste lösas, inte verkets organiska kapacitet.

Under projektets första fas valdes ett antal processer ut för vidare studier, andra förkastades. Nedan summeras kortfattat de processer som har föreslagits och vilka som har valts ut för fortsatt arbete. För mer detaljerade beskrivningar hänvisas till de inlämnade rapporterna [ref] samt sammanställningen "Utvärderingsunderlag till idéskisser 2009-12-14" [ref].

2.1. Förslag som inte ingår i det fortsatta arbetet

2.1.1. Mekanisk rening

Galler

- o Istället för de idag befintliga steggallren har silplåtar (2 mm) föreslagits i kombination med MBR (Membran Bio Reactors, se stycke 2.1.3) för att minska mängden finpartikulärt material i vattenbehandlingen. Lösningen har dock förkastats pga. mycket stora drift- och investeringskostnader för MBR- enheter.

Sandfång

- o Gamla sandfång tas i drift för att öka den hydrauliska kapaciteten till 9 m³/s. Här ska allt flöde ledas genom den biologiska reningen. Mycket stora omställningar krävs för att kunna hantera hydrauliken och går därför emot principen att utnyttja befintliga volymer så långt som möjligt.
- o Gamla sandfång tas i drift för att öka den hydrauliska kapaciteten till 9 m³/s, därefter leds vatten till en ombyggd linje där bräddvattenrening genomförs med lamellflotationsenheter. Förslaget innebär stora omställningar för att kunna hantera hydrauliken, andra metoder är betydligt mer kostnadseffektiva (se stycke 2.2.5).

2.1.2. Biosteg

- o Krauss- processen lyfts fram som en möjlig lösning för att öka reningsverkets kvävereningskapacitet. Metoden innebär separat returslamluftning och tillsats av ammoniumrikt rektvatten vilket ska frigöra volymer i huvudlinjen. Under 90-talet genomfördes försök med Krauss-processen på Käppala. Resultaten visade hur processen är relativt osäker och anses därför inte vara en lösning vid skärpta reningskrav.
- o SSH (sidoströmshydrolys) har föreslagits i kombination med biologisk fosforrening. Här frigörs VFA (flyktiga fettsyror) via returslamhydrolys vilket ger en mer stabil och effektivare fosforavskiljning. Biologisk fosforrening används i nuvarande process och uppvisar stundtals instabila driftförhållanden. Ett återkommande problem är kraftig internbelastning av fosfat från röt-kammarna, ibland motsvarande 50 % av inkommande fosforbelastning. Vid skärpta reningskrav kan inte sådana situationer tillåtas uppstå och biologisk fosforavskiljning anses därför inte vara en lämplig lösning.
- o Överordnad styrning av SCADA. Genom att kontrollera interna flöden och optimera styrningen med så kallad multikriterie- kontroll kan reningsverkets kapacitet ökas. Förslaget medför relativt låga investerings- och driftkostnader men anses vara för osäkert för att lösa de scenarios som väntas. Det har heller inte redovisats några exakta processberäkningar som visar att framtida krav kan hanteras med metoden.
- o ATS (Aeration Tank Settling) innebär att delar av biobassängerna utnyttjas till sedimentation vid höga flöden, detta för att avlasta eftersedimenteringarna. Metoden försämrar avskiljningsgraden och vilar på ett antagande om att utspädningsfaktorn säkerställer utgående halter vilket anses vara osäkert med skärpta reningskrav.
- o Intermittent luftning har lagts fram som en metod för att optimera kvävereningen. Här skapas oxiska/anoxiska volymer i tid istället för spatialt vilket leder till en ökad flexibilitet. Metoden är välbeprövad och kan öka kapaciteten på reningsverket, dock är storleken på denna ökning relativt osäker och kostnaden för att införa intermittent luftning stor i jämförelse med andra mer säkra tekniker [ref. ATEK].

2.1.3. Eftersedimentering

- o Att installera lameller i eftersedimenteringarna har föreslagits för att hantera en ökad slamytbelastning, dock krävs utbyggnad med fler bassänger vilket går emot principen att utnyttja befintlig anläggning.
- o MBR (Membrane Bio Reactors) kan helt eller delvis ersätta eftersedimenteringsbassängerna. Slamhalterna kan därmed höjas kraftigt i biobassängerna och stora utrymmen frigörs. Dock kräver enheterna mycket

underhåll (1 ggr/vecka med citronsyra och hypoklorit) och investeringskostnaderna blir mycket stora.

- o Efterpolering med lameller och bärarmaterial innan sandfilter. För att säkerställa utgående fosfathalter placeras en Actiflo- enhet (se stycke 4.1) i en avställd eftersedimenteringsbassäng. Att minska antalet eftersedimenteringar anses dock inte vara lämpligt med tanke på att slamytbelastningen kommer att vara hög vid framtida scenarios.

2.1.4 Sandfilter

- o Genom att bygga fler sandfilter kan risken för igensättning vid slamflykt motverkas. Eftersom att förslaget går emot principen att utnyttja befintlig anläggning maximalt anses det inte vara en lämplig lösning.

2.1.5. Bräddvattenrening

- o Genom att installera lameller i försedimentering och utnyttja kraftig direktfällning kan vatten ledas förbi biosteget direkt till sandfiltren eller tillbaka till bräddtunnel FT11 och vidare till recipient. Denna metod har utretts djupare [ref] men visat att stora omställningar krävs för att kunna hantera hydrauliken. Dels måste gamla sandfång tas i drift och förluftningskanalen efter silgaller modifieras, dels innebär detta att en eller flera av de befintliga försedimenteringsbassängerna tas ur reguljär drift. Lösningen är också betydligt mer kostsam än andra mer beprövade metoder för bräddvattenrening.
- o Lamellflotation i försedimentering, biosteg och eftersedimentering. Genom att installera lamellenheter i en hel linje (från försedimentering till eftersedimentering) kan 3 m³/s renas som bräddvatten. Dock innebär detta att en hel linje tas ur drift vilket inte krävs med andra mindre utrymmeskrävande metoder (se stycke 2.2.5 och 4.1).

2.1.6. Läkemedelsrening

Gällandes läkemedelsreningen har samtliga av de inlämnade idéförslagen baserats på det arbete som har utförts i Stockholm Vattens läkemedelsprojekt [ref]. Fortfarande kvarstår frågetecken kring vilka substanser man bör fokusera på, främst eftersom att deras ekotoxikologiska effekter till stor del är okända men också för att endast en bråkdel av substanserna är kartlagda. Två metoder har dock lyfts fram som mer lämpliga än andra, ozonering och/eller aktivt kol. Vad som skiljer förslagen åt är i huvudsak placeringen av en kontaktbassäng för ozon, alternativt aktivt kol. Följande förslag lämnades;

- o Kolfilter placeras direkt efter sandfilter eller i ett nytt plan. Nya volymer skulle därmed krävas och uttjänt kol måste omhändertas. Tekniken strider mot principen att utnyttja befintliga volymer maximalt och anses därför inte vara optimal.

- o Kontaktbassäng för ozon i befintliga sandfilter eller i eftersedimenteringar. Filtren ersätts av med MBR- enheter i slutet av eftersedimenteringarna. Eftersom att MBR- enheter har valts bort på grund av höga investeringskostnader kan inte förslaget genomföras.
- o Kontaktbassäng för ozon placeras i en avställd biobassäng i reningsverkets gamla del. Syrgas framställs på plats med VPSA (Vakuum Pressure Swing Adsorption). *Detta spår har Käppalaförbundet ansett intressant eftersom befintlig anläggning då utnyttjas maximalt.*

2.2. Förslag som ingår i det fortsatta arbetet

2.2.1. Mekanisk rening

Sandfång

- o Inloppsluckorna till befintliga sandfång öppnas upp för att minska tryckförluster och sänka nivån i förluftningskanaler. En hydraulisk modell över det mekaniska reningssteget har visat att detta sannolikt är en nödvändig åtgärd för att kunna leda 6 m³/s genom huvudlinjen (se stycke 3.1).

2.2.2. Försedimentering

- o Förfällning med järn- eller aluminiumsalter utförs i försedimentering. Vid ett framtida krav på 0,1 mg Total-P/L kan förfällning vara nödvändig och speciellt vid höga flöden. Käppalaverkets sandfång är idag byggda med en efterpolering med järnsulfat. Vid kraftig dosering av järnsulfat uppstår dock situationer med igensättning av filtren. Att avlasta sandfiltren kan därför vara en nödvändighet och speciellt vid situationer med höga flöden. Om förfällning implementeras bör dock särskild hänsyn tas till effekten på kolkällan till kvävereningen samt till att fosforbrist då kan uppstå. Förfällning kan därför också kombineras med efterfällning.
- o Direktfällning med järn- eller aluminiumsalter kombineras med lamellenheter i försedimentering för att leda delar av vattnet förbi biosteget direkt till sandfilter. Reningsverket är idag förberett för denna processlösning som därför ingår i det fortsatta arbetet. Dock utgår installation av lameller.

2.2.3 Biobassänger

- o För att öka kvävereningskapaciteten förordas efterdenitrifikation med extern kolkälla. Käppalaförbundet har sedan tidigare planer på att utvärdera effekterna av extern kolkälla och förslagen ingår i det fortsatta arbetet.
- o Flera av förslagen innefattar olika versioner av MBBR (Moving Bed Bio Reactor) eller IFAS (Integrated Fixed- film Activated Sludge). Detta är processer där bärmaterial tillsätts till hela eller delar av biobassängerna. I och med att biomassan växer på bäarna istället för i suspension krävs kortare hydrauliska uppehållstider och höga slamhalter kan hållas. Detta ökar reningskapaciteten i en given volym. MBBR kräver

dock högre syrehalter och externt kol men är väl beprövade och ger dessutom hög motståndskraft mot "wash out".

- o Ökad slamhalt i biobassänger. Här föreslås en ökning av MLSS- halten i biosteget för att erhålla tillräcklig kapacitet. I förslaget ingår en avgasning av bioslammet (se stycke 2.2.4) för att förbättra sedimenterbarheten hos slammet och motverka slamflykt från sedimenteringsbassängerna. Metoden är mycket kostnadseffektiv och grundar sig i en redan väl fungerande process (aktivslamprocessen).

2.2.4 Eftersedimentering

I flera av förslagen identifierades slamseparation som huvudfrågan för att öka reningsverkets kapacitet. Redan nu uppstår problem med slamflykt till sandfilter och problemet skulle bli än större med samma process och ökad belastning.

- o Avgasning av slam [ref] är en metod som har utvecklats under de senaste 15 åren. Här utsätts hela slamströmmen för vakuum innan den leds till eftersedimenteringarna. Behandlingen tillåter kraftigt förhöjda halter av MLSS i biobassängerna och medföljande kapacitetshöjning. Käppalaverket uppvisar ett tydligt behov av förbättrade slamegenskaper och tekniken har ansetts som mycket intressant.

2.2.5 Bräddvattenrening

- o Lamellflotation med bärarmaterial. En mycket kompakt och effektiv metod för att rena bräddvatten är med lamellseparation kombinerat med bärarmaterial. En metod som bygger på denna princip är VA-ingenjörernas Actiflo (även Degremont's DensaDeg bygger på denna princip). Enheten kan placeras i ett eller flera av de avställda sandfången och inverkar således inte på övriga delar av reningsverket. En Actiflo-enhet har också visat sig vara den mest kostnadseffektiva lösningen för bräddvattenrening och tekniken anses därför som mycket intressant.

2.2.6. Läkemedelsrening

- o Kontaktbassäng för ozon placeras i en avställd biobassäng i reningsverkets gamla del. Syrgas framställs på plats med VPSA (Vakuum Pressure Swing Adsorption). Detta spår anses som intressant eftersom att befintlig anläggning då utnyttjas maximalt. Fortfarande kvarstår dock utredningar kring praktiskt genomförande och huruvida utrymme finns att ställa av en hel biobassäng.

3 Framtida utbyggnad - principiella överväganden

Som redovisat i stycke 2 har ett stort antal processtekniska lösningar presenterats, vissa har bättre stämt överrens med de givna förutsättningarna än andra och har därför valts ut för fortsatt arbete. Ett antal principiella överväganden har gjorts för att kunna sälla bland förslagen.

- o Befintliga volymer ska användas så långt det är möjligt, förslag där stora byggnationer ingår blir oftast kostsamma och har därför valts bort.
- o Nya processlösningar måste vara realistiska och redan beprövade. En tekniskt enkel lösning premieras dessutom framför komplexa.
- o Ett rimligt mått av risktagande tillåts ingå för att inte få orimliga investerings- och driftkostnader. Vissa förslag har inneburit onödigt stora säkerhetsmarginaler och därmed också höga kostnader. Andra har istället inneburit att för stora risker tas för att hålla kostnaderna nere.
- o Nya processlösningar ska komma i etapper allteftersom behoven uppstår. Målsättningen är också att finna tekniker som lätt kan kombineras med andra tekniker.

I stycke 3 redovisas de problem som berör hydrauliken och måste hanteras vid ökad anslutning och skärpta krav. Stycke 4 motiverar och beskriver de utvalda teknikerna mer ingående. Slutligen, i stycke 5, presenteras en plan för en framtida utbyggnad baserat på två fall; i) med nuvarande krav och ii) med skärpta reningskrav.

Läkemedelsrening kommer endast att diskuteras i korthet eftersom att det fortfarande är svårt att sja om framtida krav.

3.1. Hydraulik och flöden

En mycket viktig fråga i utformandet av den framtida processen är den hydrauliska belastningen på reningsverket. I dagsläget har inkommande flöden mellan 6- 7 m³/s som mest uppkommit under kortare perioder vid kraftiga regn eller snösmältning. I tabell 1 visas reningsverkets nominella kapacitet, här framgår att biosteg och eftersedimentering är byggd för att hantera 5 m³/s. Dock har större flöden, ca 6 m³/s belastat dessa delar under kortare perioder.

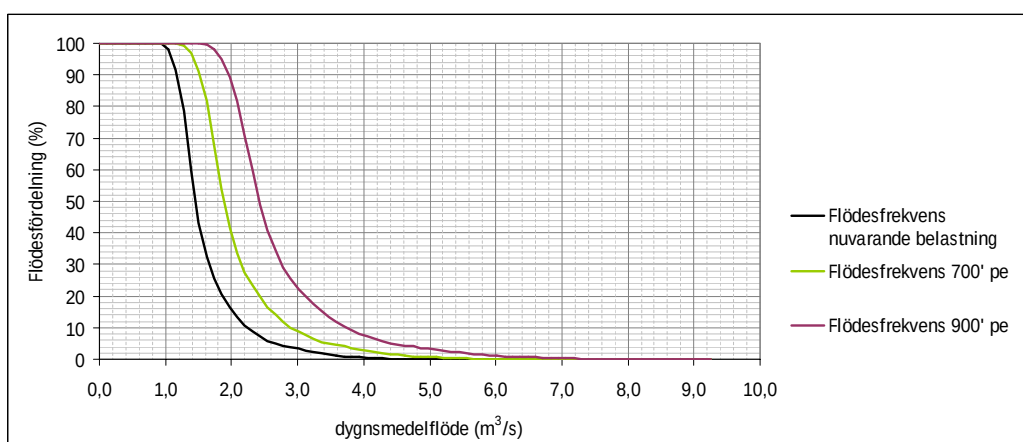
Tabell 1 – Hydrauliskt dimensionerat flöde

Processteg	Dimensionerat flöde (m ³ /s)
Galler	10
Sandfång	6
Försedimentering	6
Biobassänger	5
Eftersedimentering	5
Sandfilter	6

Vid en ökad anslutning kan ännu större flöden väntas och åtgärder för att stärka upp vissa delar av processen hydrauliskt kan därför bli aktuella. Innan beslut kan tas om sådana insatser måste varaktigheten hos flödena undersökas. I figur 1 visas fördelningen av reningsverkets inkommande flöden som dygnsmedelvärden och frekvensen för dessa mellan

åren 2000- 2009. I figuren visas också den förväntade situationen när belastningen har ökat till 700 000 respektive 900 000 p e. De framtida flödena är framräknade från antagandet att flödesfördelningen är densamma som under åren 2000- 2009. Visserligen kan ett ändrat klimat medföra större nederbörds mängder men samtidigt kan toppflöden lättare jämnas ut när längre överföringsledningar används. I kurvorna går att utläsa hur det nuvarande dygnsmedelflödet till Käppalaverket ligger under $2 \text{ m}^3/\text{s}$ för 90 % av tiden och dygnsmedelflöden över $6 \text{ m}^3/\text{s}$ uppkommer inte alls, maximala toppar över $6 \text{ m}^3/\text{s}$ har visserligen uppstått men endast under ett fåtal timmar. Det största varaktiga flödet som har uppstått (ca 0,5 % av tiden) är $4 \text{ m}^3/\text{s}$. För en framtida anslutning till 700 000 p e förväntas dygnsmedelflödet ligga under $3 \text{ m}^3/\text{s}$ för 90 % av tiden och överstiga $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ca 0,8 % av tiden samt $6 \text{ m}^3/\text{s}$ ca 0,1 % av tiden.

Den högsta belastningen med 900 000 p e ger ett flöde under $3,7 \text{ m}^3/\text{s}$ för 90 % av tiden, överstiger $5 \text{ m}^3/\text{s}$ för 3 % av tiden, $6 \text{ m}^3/\text{s}$ för 1 % av tiden och $7 \text{ m}^3/\text{s}$ för 0,3 % av tiden. Flöden på $9 \text{ m}^3/\text{s}$ förväntas inte uppstå alls som dygnsmedelvärden, endast som momentana toppar.



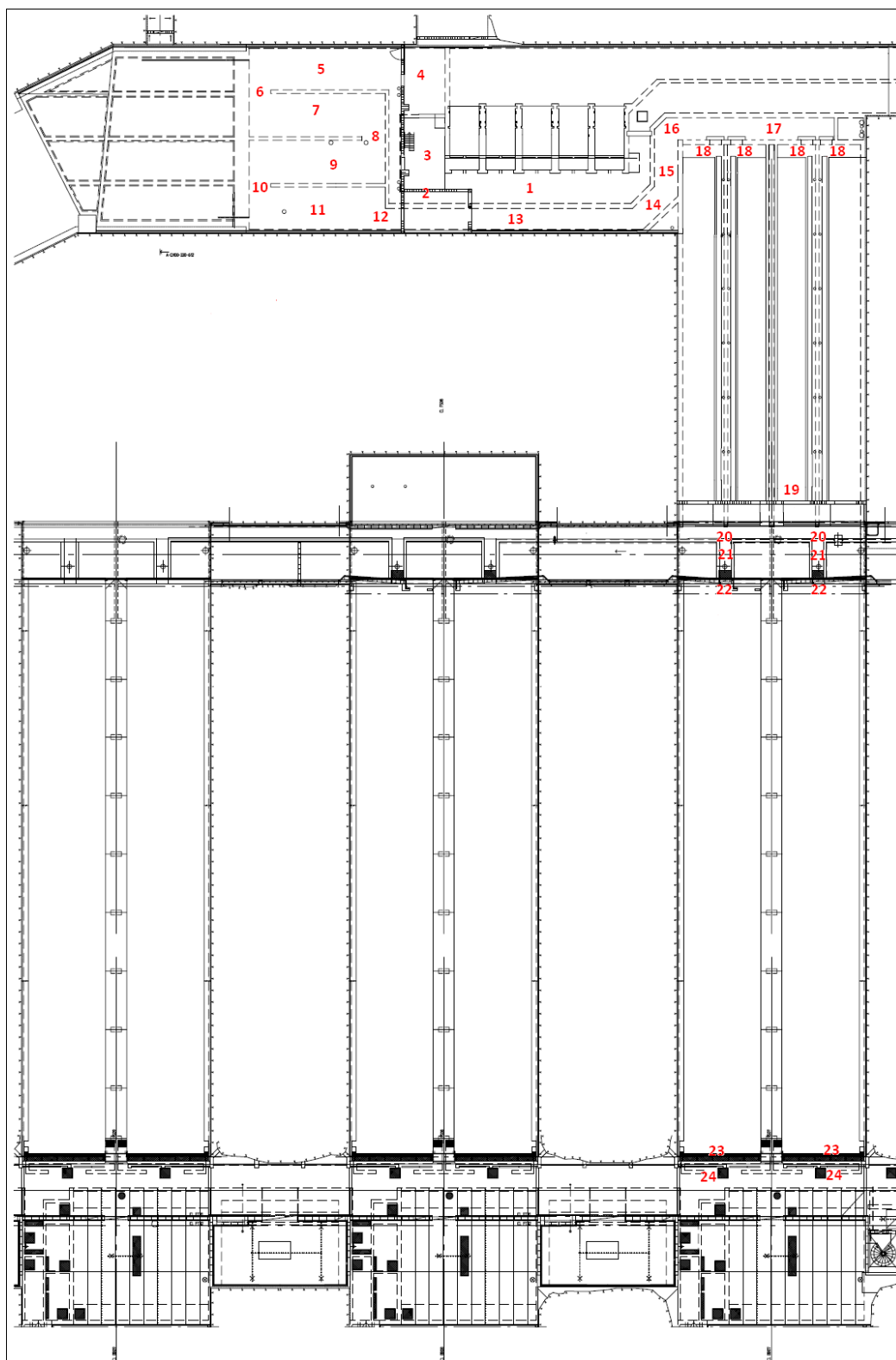
Figur 1 – Flödesfördelning för nuvarande och framtida belastning.

Flödesanalysen visar på hur biosteg och eftersedimentering når upp till sin nominella kapacitet vid 0,8 % av tiden med 700 000 p e och vid 3 % av tiden med 900 000 p e. Att dimensionera den biologiska reningen för högre värden än den nominella kapaciteten kan därför inte anses vara rimligt eftersom att frekvensen och varaktigheten för sådana värden är mycket liten. Reningsverket skulle då vara överdimensionerat under större delen av tiden. Dock innebär skärpta reningskrav, främst gällandes fosfor, att inget vatten kan tillåtas att brädda orenat. Fokus bör därför ligga på en effektiv bräddvattenrening och ett maximalt flöde genom reningssteget på $5-6 \text{ m}^3/\text{s}$.

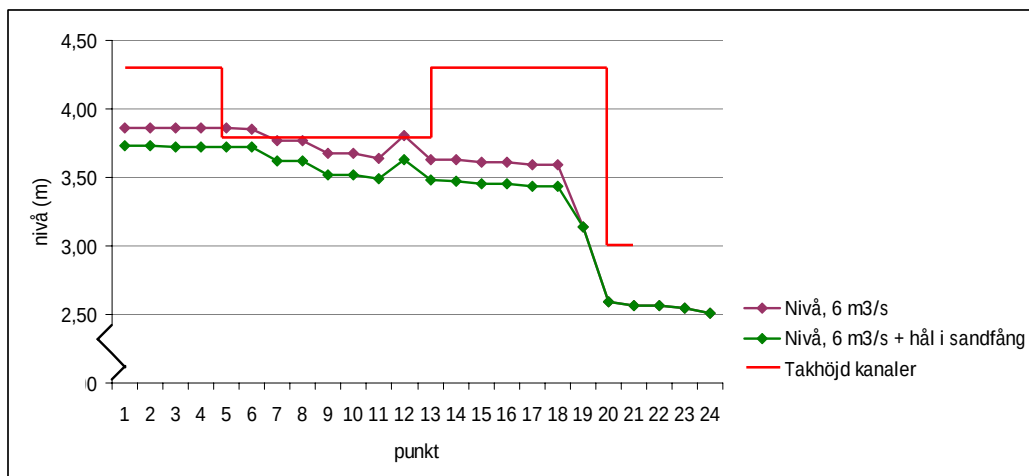
I tabell 1 framgår att sandfången är dimensionerade för $6 \text{ m}^3/\text{s}$, men här råder vissa tvivel kring nivån i framförliggande kanaler vid höga flöden. I figur 2 och 3 visas en hydraulisk modell över processen från silgaller till utlopp från försedimentering. Siffrorna i figur 2 anger beräkningspunkterna i modellen, i figur 3 visas sedan vattennivåer vid dessa punkter samt takhöjd i kanalerna. Nivåerna i figuren baseras på ett inkommande flöde på $6 \text{ m}^3/\text{s}$. En kurva visar nivån med för fallet med befintliga inloppsluckor på sandfången. Det framgår i denna

hur nivån då når högre än lägsta takhöjd i delar av förluftningskanalen. Det kan således bli problematiskt att leda in $6 \text{ m}^3/\text{s}$ utan att åtgärder utförs på inloppet till sandfången. I figuren visas också nivån efter att sådan åtgärd har genomförts, här har ett runt hål med diametern 500 mm lagts till för att minska förlusten över inloppet. Nivåerna ligger då med marginal under lägsta takhöjd.

Flöden över $6 \text{ m}^3/\text{s}$ kan inte gå via förluftningskanalen utan måste ledas direkt efter galler till kanal FT11 via befintlig bräddningslucka.



Figur 2 – Beräkningspunkter för hydraulisk modell.



Figur 3 – Vattennivåer och takhöjd i kanaler med nuvarande inlopp till sandfång samt med nytt inlopp.

4 Utbyggnadsförslag

4.1. Bräddvattenrening med Actiflo

Analysen av den hydrauliska situationen visar på ett framtida behov av en långt gången bräddvattenrening, speciellt med skärpta reningskrav. Flera lösningar har föreslagits (se stycke 2.1 och 2.2) men mest kostnads- och resurseffektivt är bräddvattenrening med lamellenheter och bärmaterial, liknande Actiflo eller DensaDeg. Ett mycket stort antal sådana enheter finns dessutom installerade på reningsverk världen över, och deras effektivitet är väl känd.

I detta stycke redovisas översiktligt en lösning för bräddvattenrening med Actiflo på Käppalaverket.

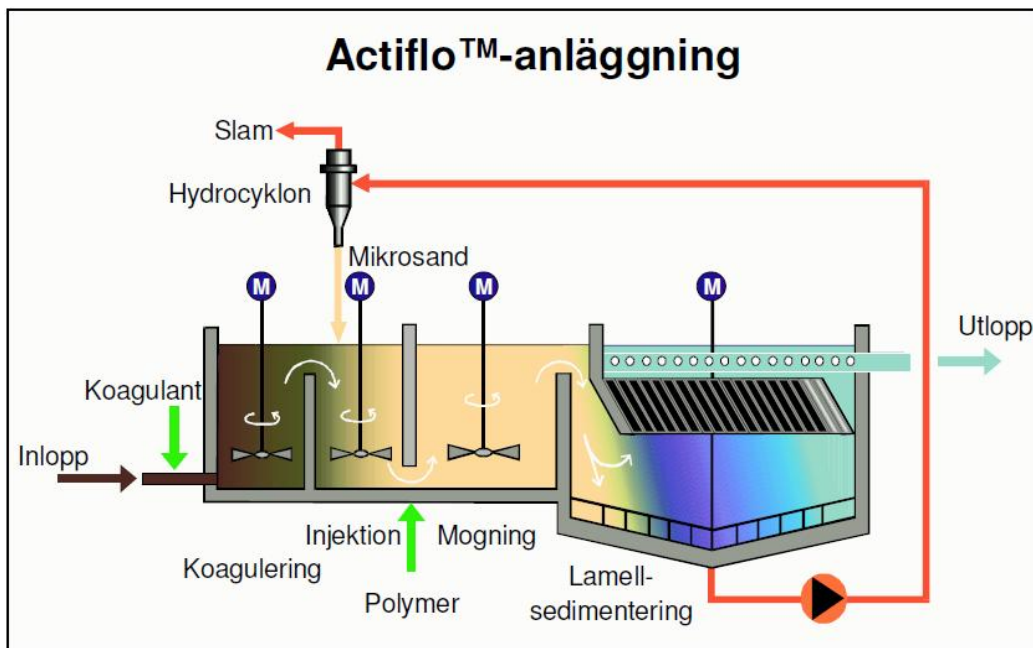
Den hydrauliska analysen visar att maximalt ca $6 \text{ m}^3/\text{s}$ kan ledas genom huvudlinjen. Sett som dygnsmedelvärden kommer inte flöden högre än ca $7,8 \text{ m}^3/\text{s}$ att existera förutsatt att flödesprofilen är den samma även vid 900 000 p e. Däremot kan högre flöden uppstå momentant, hela $9 \text{ m}^3/\text{s}$ har därför använts som maximalt värde till dimensionering. Detta innebär att bräddvattenreningen måste kunna hantera $3 \text{ m}^3/\text{s}$ med långt gången rening. Kraven på avskiljningsgrad är följande;

- o 90 % avskiljning av Total-P
- o 70 % avskiljning av BOD_7
- o 10 % avskiljning av Total-N

4.1.1. Processutformning Actiflo

Actiflo är ett mycket kompakt system för rening av främst fosfor och BOD_7 . Metoden bygger på en kraftig fällning med koagulanter och polymer samt avskiljning av slam via lamellsedimentering. För att öka avskiljningsgraden och sedimenteringshastigheten tillsätts

sand som bärrmaterial. Metoden tar upp ca 1/10 av den yta som skulle krävas med en konventionell fällning. I figur 4 visas principen för en Actiflo- enhet.



Figur 4 – Principskiss över Actiflo-enhet

De olika stegen i reningsprocessen är följande;

1. Koagulering

Inkommande bräddvatten måste vara mekaniskt grovrenat, därefter tillsätts en koagulant i form av ett metallsalt. För att få en god flockbildning krävs trevärda metallsalter, så som järnklorid eller aluminiumsulfat. Vattenlösliga substanser bildar då olösliga fällningar i form av kolloidala partiklar. I en koaguleringskammare blandas metallsalterna in ordentligt med en toppmonterad omrörare. Här slås mindre kolloidala partiklar samman och bildar så kallade primärpartiklar.

2. Injektion av mikrosand

Vattnets leds därefter in i en injektionstank, här tillsätts mikrosand som blandas in med en toppmonterad omrörare. Mikrosanden stimulerar ytterliggare flockbildning genom att fungera som "grodd".

3. Tillsats av polymer och mogning

I nästkommande steg tillsätts en anjonisk polymer som stärker och kompakterar de bildade flockarna. Flockarna stärks ytterliggare i relativt lugna förhållanden i mognadstanken där lugn omrörning sker.

4. Lamellsedimentation

De bildade flockarna har en mycket hög sedimenteringshastighet och avskiljs sedan snabbt i lamellseparatorn. Ytbelastningen i systemet är ca 80 gånger högre än vad som

ofta anges som övre gräns i en konventionell fällningsbassäng. Ovan lamellerna leds sedan renat vatten ut till recipient.

5. Regenerering av sand

Det sedimenterade slammet pumpas ut från botten av sedimenteringsbassängen. Slamflödet uppgår normalt till 4-6 % av inkommande flöde beroende på TS-halt i slam/sandblandningen. Genom att pumpa slammet genom två hydrocykloner skapas en centrifugalkraft som avskiljer den tyngre sanden från slammet. Sanden kan därefter ledas tillbaka till injektionstanken och slammet till slambehandling eller försedimentering. Slamflödet uppgår normalt sett till 3-5 % av den behandlade vattenmängden.

4.1.2. Implementering på Käppala

Eftersom att Actiflo-enheter inte är utrymmeskrävande kan dessa med fördel placeras så att övriga anläggningsdelar påverkas mycket lite. Genom att utnyttja en eller flera av de avställda sandfången så kan investeringskostnaden och inverkan på övriga anläggningsdelar minimeras. De gamla sandfången ligger dessutom i direkt kontakt med redan befintlig bräddningskanal. På grund av detta har de gamla sandfången valts ut som en lämplig plats för placering av Actiflo-enheter.

Flödeskrav

Flödesanalysen visade att det sannolikt kommer att dröja innan dygnsmedelflöden större än huvudlinjens kapacitet blir frekventa. Ihållande bräddningsperioder är inte att vänta innan en belastning på åtminstone 700 000 p e har uppnåtts. Detta förutsätter dock att huvudlinjen kan hantera dimensionerade flöden i alla lägen. Under våren 2010 uppstod en mycket kraftig snösmältning föregången av en ovanligt torr vinter. Ytbelastningen på eftersedimenteringarna låg under flera månader kring 0,3 och 0,4 m/h i gamla respektive nya delen. Detta är ca hälften av dimensionerade värden. Förhållandena ledde därmed till en anrikning av slam med låg sedimenteringshastighet. När sedan flödena ökade kraftigt uppstod en mer eller mindre okontrollerad slamflykt som varade under en tvåveckorsperiod. Mycket stora mängder vatten bräddades och riktvärdet för fosfor överskreds för kvartal 1 och för BOD₇ för mars månad. Situationen kan anses som extrem men visade samtidigt på nödvändigheten av en bräddvattenrening inom en relativt snar framtid. Om skärpta reningskrav blir verklighet kommer bräddvattenrening att vara oundviklig.

Actiflo-enheter uppvisar en mer stabil och effektiv prestanda om fasta dimensionerade flöden kan hållas. För att säkerställa en hög avskiljningsgrad har det därför beslutats att en anläggning på Käppala ska köras med fasta flöden. Detta kan göras möjligt genom att magasinera vatten i Lidingötunneln och därefter sänka nivån med ett fast och högt flöde. Detta medför dessutom att bräddning undviks i det längsta, om flödesbelastningen minskar innan tunneln är full kan huvudlinjen istället ta den uppdämda mängden. Principen kan utnyttjas ännu längre om magasinering tillåts även i andra delar av tunnelsystemet.

Med detta som bakgrund har två flödessituationer med Actiflo undersökts;

- o Som en etappvis utbyggnad med 2 enheter med en kapacitet på 1,5 m³/s vardera, placerade i varsitt sandfång

- o Som en enhet dimensionerad för 3 m³/s i ett sandfång.

Ombyggnadsbehov

Eftersom att enheterna placeras i gamla avställda sandfång kommer relativt små omställningar krävas i övriga delar av anläggningen. Översiktliga ritningar och processschema redovisas i bilaga I-III.

Fall 1 - 3 m³/s

Här byggs sandfånget närmast huvudtunnel T100 om för att hysa en Actiflo med kapaciteten 3 m³/s. När bräddning ska utföras kommer 3 m³/s ledas till bräddtunnel FT11 direkt efter silgaller. Befintlig bräddtunnel går förbi sandfånget och endast inloppet måste anpassas. Bräddat vatten leds tillbaka till FT11 och ut till recipient.

Den största åtgärden som måste genomföras är utvidgning av det befintliga sandfånget. En yta motsvarande 307 m² krävs vilket innebär att ca 2300 m³ berg måste sprängas ut.

Följande är de planerade åtgärderna;

- o Ny kanallucka installeras i FT11 för att leda vatten in till sandfång
- o Pumpar till sprinklersystem (i dagsläget placerade under sandfånget) flyttas
- o Befintliga betongkonstruktioner rivs i sandfång
- o Försiktig bergssprängning av ny berghall (för att inte skada fördelningstunnel i FT21), bergförstärkning och sprutbetong på alla bergytor
- o Gjutning, armering, formsättning
- o Nytt inlopp till sandfång
- o Maskiner och utrustning samt elinstallationer, apparat och styrskåp
- o Doseringsutrustning för järn och polymer, befintliga fickor i SA00 används till järnklorid, ny polymerutrustning anläggs vid sandfång.

Fall 1 – 1,5 m³/s

Skillnaden mot fall 1 blir här att endast 850 m³ berg måste tas från sidan av de avställda sandfången samt att pumparna till sprinklersystemet kan stå kvar. I övrigt är åtgärderna de samma.

4.1.3. För- och nackdelar

Actiflo- enheter är väl beprövade och kan garantera en väl fungerande avskiljningsgrad. Med den föreslagna placeringen fås en mycket liten inverkan på övriga processdelar vilket är en fördel under bräddningstillfällen då övriga anläggningsdelar redan är hårt ansatta. Enheterna är dessutom fullt automatiserade och kan startas upp automatiskt när bräddning måste påbörjas. I och med att vatten först kommer att magasineras i Lidingötunneln (och eventuellt även andra delar av tunnelsystemet) så kommer bräddning att undvikas i längsta möjligaste mån.

Jämfört med andra undersökta metoder är dessutom Actiflo betydligt billigare, både avseende investeringar men också gällandes drift och underhåll.

Lamellenheterna behöver manuell rengöring efter 2-3 bräddningstillfällen, dock är de få och relativt lättillgängliga. Andra undersökta metoder har inneburit att ett mycket stort antal lamellenheter installeras och dessutom används kontinuerligt vilket skulle innebära ett stort underhållsbehov.

Verkningsgraden hos hydrocyklonerna är ca 99,9 % vilket innebär att sand smiter från enheten. Efter en viss tids drift kommer därför sand att behöva fyllas på. Om enheten används ofta kan behovet vara så pass stort att en sandsilo bör byggas. Detta kan dock göras i efterhand om ett sådant behov uppstår och kommer inte påverka kostnadsbilden nämnvärt.

4.2. Huvudlinjen

Gällandes den biologiska reningen har ett stort antal processer undersökts. Efter utvärdering av processerna enligt tidigare beskrivna överväganden har fyra processer valts ut för att möta framtida scenarios. Dessa fyra processer är;

1. Kolkälla – För att med relativt enkla åtgärder öka reningsverkets kväverenskapskapacitet kan extern kolkälla doseras till en zon för efterdenitrifikation.
2. MBBR teknik – Delar av biosteget ställs om till en bärarprocess
3. Avgasning av bioslam – En mycket lovande teknik som ännu inte har slagit igenom i Skandinavien, finns dock på ett 40-tal anläggningar runt om i världen.
4. Förfällning – För att möta skärpta reningskrav för fosfor kan förfällning bli nödvändig. Dessutom kan då förfällt vatten förbiledas biosteg direkt till sandfilter vid kraftiga flöden.

Nedan motiveras valet av dessa processer, i stycke 5 redovisas hur dessa processer kan implementeras på Käppala för fallet med nuvarande krav respektive skärpta krav. Där redovisas också grova kostnadsbilder för omställningarna.

4.2.1. Kolkälla

Käppala har väl tilltagna volymer och under större delen av året är nitrifikationen fullständig. Begränsande för kvävereningen är i nuläget denitrifikationen. Reduktionsgraden av nitrat är kopplad till denitrifierande mikroorganismers tillväxthastighet. I ekvation 1 visas hur tillväxthastigheten i huvudsak styrs av tre parametrar; kolkälla, syrehalt och nitrathalt.

$$\mu = \mu_{\max} \left[\frac{S}{S + K_S} \right] \left[\frac{K_{DO}}{K_{DO} + DO} \right] \left[\frac{NO_3}{NO_3 + K_{NO_3}} \right] \quad (1)$$

Där

μ = tillväxthastighet hos denitrifierare [g nya celler/(g cell·dygn)]

$\mu_{\max}$ = maximal tillväxthastighet hos denitrifierare [g nya celler/(g cell·dygn)]

S = koncentration av lättillgängligt organiskt material [mg/l]

K_S = konstant för halva mättnadskoncentrationen av lättillgängligt organiskt substrat [mg/l]

K_{DO} = inhiberingskonstant för löst syre [mg/l]

K_{NO_3} = konstant för halva mättnadskoncentrationen av löst nitrat [mg/l]

DO = löst syre [mg/l]

NO_3 = koncentration av löst nitrat [mg/l]

När det gäller syre- och nitrathalt så övervakas processen noggrant för att skapa de rätta förutsättningarna, men för kolkällan är situationen en annan. Eftersom att den enda tillgängliga kolkällan till fördenitrifikationen är det naturliga innehållet i inkommande vatten finns i dagsläget ingen möjlighet att påverka koncentrationen. Begränsningen av kolkälla är under delar av året mycket påtaglig och tillfälliga utsläpp av t ex melass eller glykol ger ofta en mycket tydlig nedgång i utgående nitrathalter.

Denitrifikationshastigheten är också oftast relativt låg i en fördenitrifikationsprocess, ca 1,4 g NO_3 -N/kg VSS·h vid 12 °C, jämfört med en efterdenitrifikation med externt kol, 3- 4 g NO_3 -N /kg VSS·h.

En enkel väg att gå för att öka Käppalaverkets kvävereningskapacitet är således att införa en efterdenitrifikation med tillsats av extern kolkälla. En sådan process kan som första steg implementeras relativt enkelt till den idag befintliga processen. Vid kraftigt ökad belastning och/eller skärpta reningskrav kan en redan byggd doseringsanläggning därefter anpassas till andra processer som t ex MBBR (Se stycke 4.2.2.). Dosering av kolkälla medför också att förfällning kan nyttjas för fosforavskiljning, som med skärpta krav och ökad belastning kan bli en nödvändighet.

Käppalaförbundet har låtit göra beräkningar av kapaciteten [ref] för nuvarande process modifierad med efterdenitrifikation och externt kol för att utreda hur långt man kan nå med en aktivslamprocess. Samma beräkningar utfördes också i kombination med MBBR vilket medför större omställningar men också högre reningskapacitet.

Tre olika typer av kolkälla undersöktes, metanol, etanol samt en produkt benämnd Brentaplust VP1. De två alkoholerna innebär att ett utökat tillstånd för brandfarlig vara måste sökas. Brentaplust VP1 är varken brandfarlig eller giftig och klassas inte som farligt gods och är därför lättare att hantera.

Beräkningarna baserades på samma scenarior som i de tidigare inlämnade idéförslagen, d v s 700 000 samt 900 000 p e i kombination med nuvarande eller skärpta reningskrav. Det framgick att den organiska kapaciteten i biosteget utformat som ASP är mer än tillräcklig för att kunna hantera 900 000 p e med skärpta reningskrav. Dock krävs en hög slamhalt i biosteget vilket innebär att andra åtgärder (se stycke 4.2.3) krävs för att inte överbelasta eftersedimenteringarna. I kombination med MBBR blir kapaciteten ännu större och risken att överbelasta eftersedimenteringarna minimeras.

4.2.2. MBBR

MBBR har på senare år blivit allt mer vanligt i kommunala reningsverk. Metoden innebär att bärramaterial tillsätts till hela biosteget eller till enskilda zoner (IFAS- processer) för tillväxt

av biofilm. I och med att biomassan växer på bärarna istället för i suspension krävs kortare hydrauliska uppehållstider och höga slamhalter kan hållas (hög halt mikroorganismer per bassängvolym). I och med detta kan reningskapaciteten i en given volym ökas kraftigt. Vid höglödes- situationer minimeras risken för wash-out eller slamflykt till eftersedimenteringar vilket medför att dimensionerade flöden lättare kan hållas. Belastningen på eftersedimenteringen blir även vid normal drift betydligt lägre om en renodlad MBBR process används eftersom att inget returslam krävs. Dessutom får tillväxt av filamentbakterier mindre inverkan på processen eftersom att dessa sitter fast i biofilmen.

Nackdelar med processen är att biofilmens tjocklek kräver höga syrehalter och extern kolkälla. Membranluftarsystemet i Käppalaverkets aeroba zoner skulle därför behöva bytas ut till grovblåsiga system. Som en följd krävs också större deoxzoner för att inte få flotation i eftersedimenteringar. MBBR ger också upphov till en högre halt av findispersa flockar som kan leda till igensättning av sandfilter eller förhöjda utgående fosforhalter, en flockning med t ex järnklorid är därför nödvändig innan eftersedimentering. För att hålla bärmaterialet på plats krävs också silar i slutet av biobassängerna.

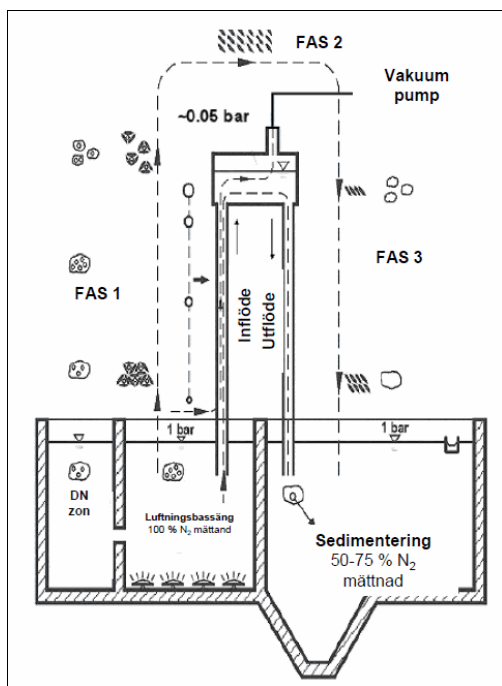
Käppalaförbundet har låtit göra detaljerade beräkningar av kapaciteten [ref] för en MBBR process i delar av de gamla linjernas biosteg. Förbrukningstal för kolkälla och syrebehov har här tagits fram tillsammans med nödvändiga investeringskostnader. Studien visade att MBBR är en lämplig lösning för Käppala. Tekniken medför dock relativt höga investeringskostnader och att behålla ASP i längsta möjligaste mån bör därför eftersträvas.

4.2.3. Vakuumbehandling av bioslam

Samtliga idéförslag fastslog att reningskapaciteten i processen kan ökas kraftigt med relativt enkla åtgärder. Genom att öka slamhalten och tillsätta externt kol är reningskapaciteten mer än tillräcklig för att möta även det tuffaste scenariot för kväve. En sådan lösning skulle dock innebära att eftersedimenteringarna överbelastas och redan vid relativt låga flöden skulle slamflykt uppstå. Valet av process i biosteget beror därför mycket av slammets sedimenteringsegenskaper.

En mycket intressant metod har utvecklats under de senaste 15 åren för att förbättra slamegenskaperna i ett aktivslamsystem, vakuumbehandling av bioslam. Tekniken bygger på att hela slamströmmen från biosteget utsätts för vakuum innan det leds till eftersedimentering. Den bakomliggande principen är Henry's lag som beskriver gasers löslighet i vatten som funktion av rådande tryck. Ett sänkt tryck sänker lösligheten för gaser i vatten varför dessa då separeras från vattenfasen. Om slam utsätts för ett undertryck frigörs då gaser samtidigt som flockar slås sönder. När slammet återigen utsätts för atmosfärstryck skapas nya flockar men med betydligt bättre sedimenteringsegenskaper.

Genom att leda bioslammet via ett avgasningstorn kan därmed sedimenteringsegenskaperna förbättras väsentligt. I figur 5 visas en principskiss för metoden.



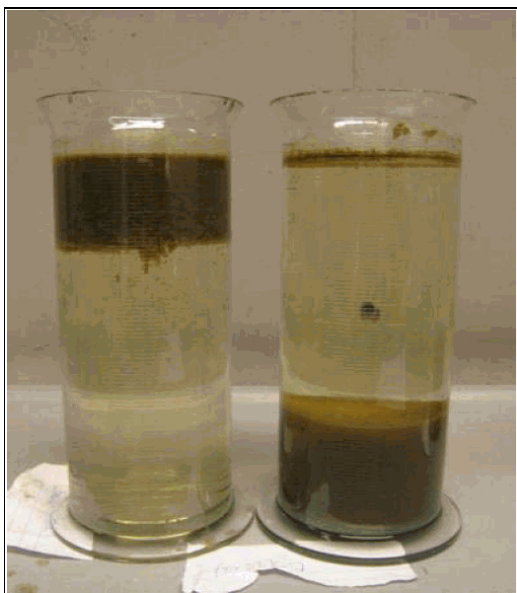
Figur 5 – Avgasning av bioslam

Avgasningen sker i tre faser:

1. Fas 1
 - a. Uppehållstid 4- 7 sekunder
 - b. Snabbt tryckfall till ca 0,05 bar
 - c. Mikrobubblor skapas i slamflockarna som sväller 20- 25 ggr
 - d. Partiell sönderdelning av flockarna
2. Fas 2
 - a. Uppehållstid 6- 9 sekunder
 - b. Omblandning under lågt tryck, gas evakueras
 - c. Kvävgas och koldioxid ventileras från slamflocken
 - d. Slamflockar slås sönder
3. Fas 3
 - a. Uppehållstid 5- 8 sekunder
 - b. Atmosfärstryck infinner sig
 - c. Flockar återskapas

Käppalaförbundet har låtit utföra labbförsök med metoden för att undersöka dess effekter [ref]. Enligt leverantören av metoden kan sedimenteringsegenskaperna ofta förbättras så pass mycket att slamytbelastningen till eftersedimenteringarna kan dubblas. Slamhalter kring 6 g MLSS/m³ i biosteget anges som rimliga vilket skulle innebära en ökning av slamytbelastningen från dimensionerade maximala värden på 4,9 och 6,4 kg MLSS/m²·h till hela 7,4 och 9,6 kg MLSS/m²·h för gamla respektive nya delens linjer. Med så pass höga

slamhalter och i kombination med extern kolkälla visar processberäkningar att även 900 000 p e och skärpta reningskrav kan hanteras med en konventionell aktivslamprocess. I figur 6 visas en bild från försöket där bioslam från nya delens linjer utsattes för ett undertryck på 40 mbar. Slamhalten var vid tidpunkten för försöket 3,5 g MLSS/m³, slammet hade dessutom mycket dåliga sedimenteringsegenskaper med filamentindex 5. Bilden visar situationen ett dygn efter det att avgasning skett. I referensprovet uppstod kraftig flotation till skillnad från det avgasade provet.



Figur 6 – Bioslam utsatt för undertryck, referens till vänster i bilden

Om tekniken ska implementeras på Käppala krävs att avgasningstanken befinner ca 9 m ovan vattenytan vilket innebär att hål på ca 44 m³ måste tas ut ovan varje enhet.

4.2.4. Förfällning, simultanfällning och efterfällning

Fokus för de undersökta processerna har varit kvävereningens kapacitet, detta eftersom att denna är mer beroende av de utrymmen som finns tillgängliga. Dock bör det poängteras att vid skärpta krav finns endast mycket små marginaler avseende fosforavskiljningen, 0,1 mg Total-P/L i utgående vatten är svårt att uppnå med nuvarande process.

Vid ett sådant scenario är det osannolikt att den biologiska fosforeringen (bio-P) som idag används i den gamla delens linjer kan behållas. Främst beror detta på den internbelastning som ofta uppstår på våren när uttaget av överskottslam till rötkammarna är stor. I rötkammarnas anaeroba förhållanden sker då ett fosforsläpp som leder till en internbelastning (uppemot 50 % av inkommande fosforbelastning). Även i efter-sedimenteringarna kan anaeroba förhållanden leda till fosforsläpp. Dessutom har processen stundtals varit svårkontrollerad eftersom att även denna begränsas av kolkälla, främst i form av flyktiga fettsyror. I nuläget har förhöjda halter av fosfat från dessa linjer kompenserats av en ökad dosering på sandfiltren. Men vid kraftiga flöden kan detta innebära att sandfiltrens hydrauliska kapacitet försämras. Denna kapacitetsnedsättning beror på de gel-aktiga metallhydroxider som bildas när ett järnsalt tillsätts till vattnet (svepkoagulering). Redan nu finns därför ett incitament för att frångå den biologiska fosforeringen. Under våren 2011

kommer simultanfällning användas i samtliga linjer för att motverka sådana effekter i samband med snösmältningen.

Simultanfällningen som idag används fungerar mycket bra. Avskiljningsgrader kring 90 % är inte ovanligt. Eftersom att fällningen utförs simultant i biosteget fås en sänkt slamålder hos bioslammet på grund av den stora mängden kemsam som bildas. Simultanfällningen kan därför påverka kvävereningen i och med en lägre slamhalt för bioslammet. Normalt består slammet i biosteget till ca 30 % av kemsam.

En sammanställning av avskiljningsgraden av fosfor i 87 reningsverk i Norden [ref (sweco), ref 2 (kemira)] har visat på hur förfällning och/eller efterfällning kan vara de mest lämpade metoderna för att uppnå de krav som ställs vid skärpta reningskrav. Försök med förfällning vid Käppala gav en avskiljning på ca 95 % med järnbaserat metallsalt och anjonisk polymer.

Om förfällning implementeras på Käppala finns även möjligheten att leda vatten förbi biosteget direkt till sandfilter vid högflödessituationer. Åtgärderna för att ställa om processen till förfällning är också relativt enkla där sandfånet kan fungera som inblandningszon. Dock krävs en ny doseringsanläggning om trevärda järn- eller aluminiumsalter ska användas.

En nackdel med förfällning är dock att även BOD reduceras kraftigt och behovet av extern kolkälla ökar. Dessutom kan en långt gången förfällning innebära fosforbrist i biosteget vilket kan påverka slammets kvalitet. Käppalaverket har under årets kalla delar ofta stora problem med slamsvällning och skumning. En av huvudorsakerna till att bräddningsperioden under våren 2010 var så kraftig var just dåliga slamkvaliteter. Förklaringen ligger till stor del i den processutformning som idag används. Skumning och slamsvällning förekommer i praktiskt taget alla reningsverk med fördenitrifikation (Tandoi m fl., 2006). I huvudsak uppstår problemen av filamentbildande bakterier och vid dessa bräddgrader av typen *M. Parvicella*. Enligt två vedertagna teorier (*Methabolic Selection Theory* samt *Storage Selection [ref] Theory*) har en konkurrenssituation uppstått mellan flockbildande och filamentbildande mikroorganismer där filamentbildarna har övertaget. Kortfattat säger denna att lågt belastade processer med fördenitrifikation mycket lätt kan utsättas för kraftig tillväxt av filament och leda till dåliga sedimenteringsegenskaper. Med en kraftig förfällning kan fosforbrist uppstå och ytterligare försämma situationen.

En möjlighet för att undvika detta scenario är att kombinera förfällning med simultan- eller efterfällning och på så sätt nå ner till 0,1 mg P/L.

4.3. Rötning och slamavvattning

-Ej klart. Kostnadsanalyser klara.

5 Åtgärder- tidplan och kostnadsbild

I stycke 4 motiveras valet av teknik för en framtida utbyggnad, i följande stycke redovisas förslag på när åtgärder kan komma att krävas tillsammans med en kostnadsbild. I ett senare skede bör ett antal delprojekt mynna ut från detta för en mer detaljerad bild.

Eftersom att skärpa reningskrav är att vänta, men tidpunkten för dessa fortfarande är okänd, så kommer två separata fall att presenteras; ett med nuvarande krav och ett med skärpta krav. Varje fall baseras på tre milstolpar; innan 700 000 p e, vid 700 000 p e samt vid 900 000 p e. När detta sker i tid beror på när och om fler kommuner ansluts.

I tabell 2 visas de förutsättningar som antas gälla vid de två milstolparna 700 000 och 900 000 p e.

Tabell 2 – Belastning och flöden vid 700 000 respektive 900 000 p e

Parameter	700 000 p e	900 000 p e
Medelflöde (m ³ /s) ²⁾	2,6	3,4
Maximalt dygnsflöde (m ³ /s)	6,0	7,8
Momentant maxflöde (m ³ /s)	7,0	9,0
Belastning BOD7 (kg/d)	34 300	44 100
Belastning Total-P (kg/d)	526	676
Belastning Total-N (kg/d)	7 560	9 720

²⁾ Från WSP's rapport *Utveckling av Käppalaverket Idéförslag, 2009-12-22*

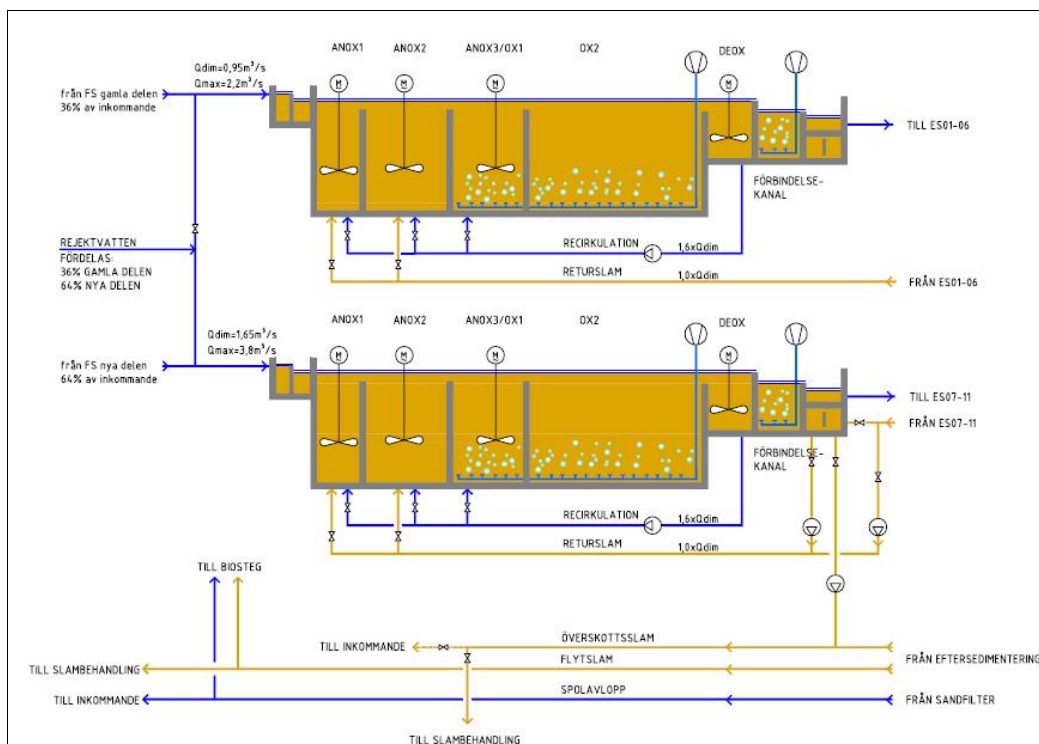
5.1. Fall 1 - Nuvarande reningskrav

5.1.1. Milstolpe 1 - Nuvarande belastning upp till 700 000 p e

Den biologiska reningen kan i dagsläget hantera en ökad belastning utan större omställningar i processen. Faktum är att processberäkningar visar att reningskapaciteten kan hantera en belastningsökning upp till 700 000 p e med endast små omställningar och med hanterbara slamhalter (maximalt 3,0 och 3,5 g/L i gamla respektive nya delens biobassänger). Den i dagsläget använda bio-P processen måste dock frångås och de anaeroba zonerna måste ställas om till anoxiska zoner både i gamla och nya delens linjer. De oxiska zonerna i gamla delens linjer måste också kompletteras. Fosforavskiljning utförs i samtliga linjer via simultanfällning med järnsulfat.

I figur 7 visas zonindelningen i gamla och nya delens linjer efter en sådan omställning.

Detta förutsätter dock ideala driftförhållanden och med genomsnittliga flöden. Här har då inte hänsyn tagits till dåliga sedimenteringsegenskaper eller höga flöden. Erfarenhetsmässigt finns en oro för att denna processutformning skulle leda till slamflykt från eftersedimenteringarna och igensättning av sandfiltren under årets kallare delar.



Figur 7 – omställning av biosteget innan 700 000 p e

Allt eftersom att belastningen närmar sig 700 000 p e så kommer problemen med dåliga slamegenskaper och höga flöden att bli allt mer påtagliga. Ett antal åtgärder bör därför genomföras relativt snart för att motverka problemen.

Men hjälp av vakuumtekniken beskriven i stycke 4.2.3 kan slammets sedimenterings-egenskaper förbättras väsentligt. Förutsättningen är givetvis att tekniken fungerar som utlovat vilket måste testas i full skala i ett bioblock. Detta bör göras så snart som möjligt för att beslut om fortsatt arbete ska kunna tas. Om tekniken inte presterar som lovat föreslås att en förstudie för rening med MBBR istället påbörjas. Med en MBBR process kommer också extern kolkälla vara nödvändig och fullskaleförsök med kolkälla bör därför påbörjas innan 700 000 p e har uppnåtts.

Även om aktivslamprocessen och vakuumtekniken fungerar som utlovat kan extern kolkälla bli aktuell eftersom att detta medför lägre slamhalter i biobassängerna och därmed lägre belastning på eftersedimenteringarna. Försök med kolkälla bör således påbörjas oavsett vilken teknik som väljs (vakuumteknik eller MBBR).

Vid 700 000 p e förväntas momentana flöden upp till $7 \text{ m}^3/\text{s}$ vilket innebär att bräddning onekligen måste genomföras. Redan i dagsläget har situationer uppstått där stora mängder vatten bräddas. Bräddvattenrening med Activflo bör därför ha implementerats långt innan 700 000 p e är uppnådd. I stycke 4.1 redovisas två fall för bräddvattenreningen, ett med två mindre enheter som hanterar $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ vardera och ett med en större enhet som kan hantera $3 \text{ m}^3/\text{s}$. Investeringskostnaden för två mindre enheter blir betydligt dyrare än att direkt

installera en stor enhet och underhållsbehovet ökar i och med fler maskindelar. Ett motiv för att installera två små enheter skulle vara att sprida kostnaderna över tid men detta kan inte anses vara kostnadseffektivt eftersom att behovet med säkerhet kommer i framtiden. En stor enhet innebär dessutom att två sandfång fortfarande finns kvar och eventuellt kan användas till andra framtida processer (t.ex läkemedelsrening). I detta förslag ingår därför en enhet stor enhet istället för två små.

Nedan sammanfattas de föreslagna åtgärderna som bör genomföras innan 700 000 p e är uppnått, följt av en kostnadsbild. För mer detaljerade uppgifter se [ref (WSP), ref (VA-ing), ref (SWEKO)].

- o Omställning av anaeroba zoner till anoxiska samt komplettering av luftarsystem i oxisk zon i gamla delens linjer
- o Slamhalter som mest 3,0 respektive 3,5 g MLSS/L i nya respektive gamla delen
- o Simultanfällning implementeras till samtliga linjer
- o Pilotanläggning för kolkälla installeras i BB01 (?)
- o Pilotanläggning för avgasningstorn installeras i BB11 (?)
- o Om vakuumteknik ej fungerar påbörjas förstudie med MBBR
- o Actiflo- enhet för 3 m³/s anläggs i avställt sandfång

I tabell 3 redovisas bedömda investeringskostnader för omställningarna. Pilotanläggningen för kolkälla är uppskattad till ca 1000 kkr. Drift och underhållskostnader för omställningarna redovisas som särkostnader i tabell 4. Här ingår endast bräddvattenreningen eftersom att detta scenario inte berör en given belastning utan istället situationen från nuvarande belastning upp till 700 000 p e. Drift och underhållskostnaderna för pilotanläggningarna anses vara så små att de kan bortses från i detta fall.

Kommentar [a1]: Anders

De förbrukningstal som har använts i tabell 4 är baserade på erfarenheter från fullskaleanläggningar. I tabellen redovisas också total årlig drift- och underhållskostnad om 10⁶ m³ vatten bräddas.

Tabell 3 - Investeringskostnader för nödvändiga åtgärder innan 700 000 p e

Processdel	Investeringskostnad (kkr)
Omställning av zoner i biosteg	
Process och maskin	1 600
Bygg	450
Ventilation	-
Elutrustning	-
Projektering och genomförande	560
Summa anläggningskostnad	2 600
Bräddvattenrening med Actiflo	
Rivning samt sprängning och förstärkning	6 400
Betongkonstruktioner	4 500
Maskinutrustning	8 900
Instrument och styr	800

Montage för maskin och el	2 400
Allmän el	650
Ventilation	300
VVS installation	150
Flödesmätare, ombyggnad för koagulant	250
Design, projektering, upphandling, byggledning, drifttagning, intrimning	5 000
Summa anläggningskostnad	29 500

Pilotanläggning för avgasningstorn	
Avgasningsanläggning	1 500
Montage	375
Sprängning för hål	110
El och automation	20
Intransport berg, utvändigt upplag	60
Projektering, byggledning etc.	41
Summa anläggningskostnad	2100

Pilotanläggning kolkälla Uppskattat till 1000

Summa anläggningskostnader	35 200
----------------------------	--------

Tabell 4 – Drift- och underhållskostnader för bräddvattenrening med Actiflo

Post	Kostnad (kr/m ³)
Elförbrukning	0,018
Koagulant	0,12
Polymer	0,03
Mikrosand	0,005
Operatörsbehov	0,10
Totalt	0,27 (270 000) ³⁾

³⁾ Årskostnad baserat på att 10⁶ m³/år bräddas

5.1.2. Milstolpe 2 - Belastning motsvarande 700 000 p e

När belastningen har uppnått 700 000 p e kommer flöden över 5 m³/s vara relativt vanligt förekommande. Bräddvattenrening med Actiflo bör då vara implementerat. Om försöket med avgasning har fallit väl ut installeras torn i samtliga bassänger. I och med detta kan den nödvändiga slamhalten på maximalt 3 och 3,5 g MLSS/L i nya respektive gamla delen hållas utan att eftersedimenteringarna överbelastas vid höga flöden. Simultanfällning nyttjas då fortfarande i samtliga linjer i kombination med efterpolering på sandfilter.

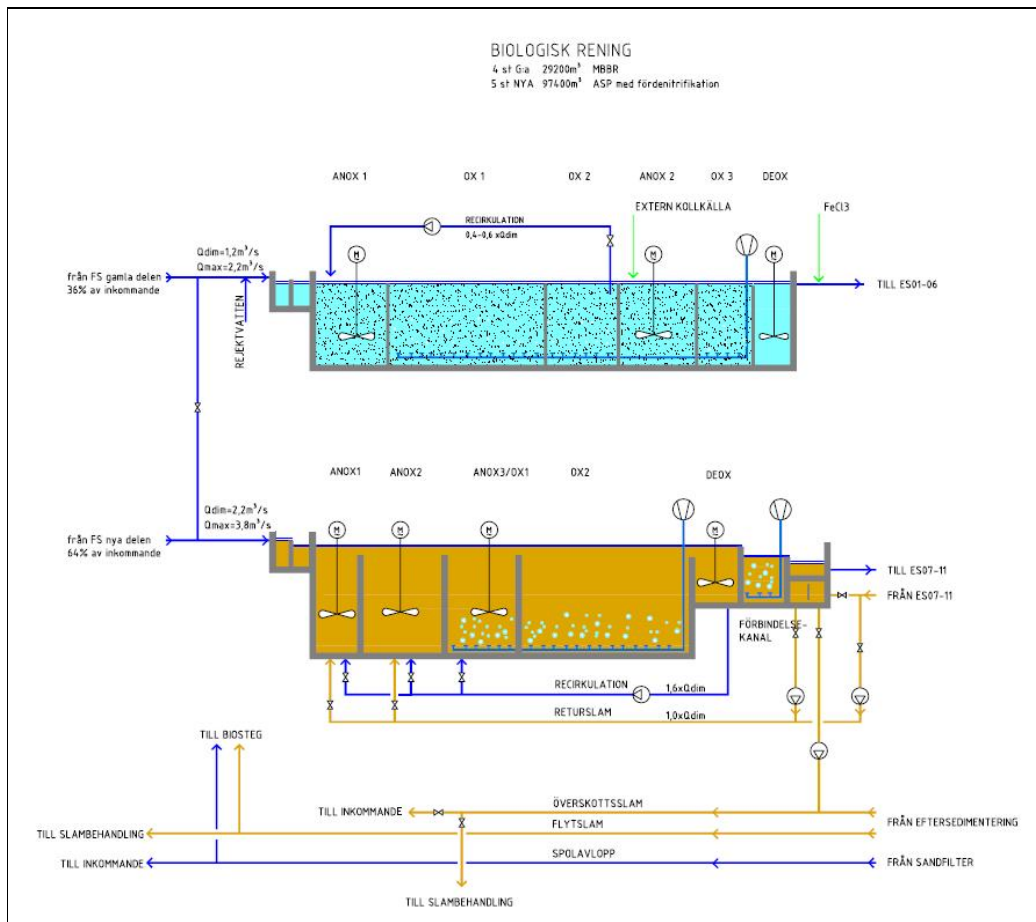
Om vakuumtekniken inte har gett de resultat som utlovats påbörjas istället ombyggnad av gamla delens linjer till en MBBR process. Med en optimal fyllnadsgrad av bärmaterial på 37- 42 % krävs att endast tre biobassänger ställs om till en MBBR process. Dock kommer fyra linjer krävas när belastningen har nått upp till 900 000 p e. Det är därför mer kostnads-effektivt att direkt anlägga fyra linjer och istället hålla en lägre fyllnadsgrad till en början. Med en MBBR process krävs också kolkälla och ett grovblåst luftarsystem samt att järnklorid doseras innan eftersedimentering för att motverka höga halter av findespersa

Kommentar [a2]: Anders ?

flockar till sandfiltren. Eftersom att endast 4 linjer utnyttjas i gamla delens linjer kan en framtida läkemedelsrening rymmas i en av de avställda linjerna.

Den nya delens linjer ska i fallet med MBBR kvarstå som en aktivslamprocess. Zonindelningen måste dock modifieras men processberäkningar visar att extern kolkälla inte blir nödvändig. I figur 8 visas processutformningen för denna lösning. Den tidigare omställningen av de anaeroba zonerna till anoxiska zoner (stycke 5.1.1.) ska bibehållas.

Kommentar [a3]: Anders?



Figur 8 – Omställning av biosteget för en MBBR process vid nuvarande krav och 700 000 p e

Nedan sammanfattas de föreslagna åtgärderna som bör genomföras när 700 000 p e är uppnått, följt av en kostnadsbild. För mer detaljerade uppgifter se [ref (WSP), ref (SWEKO)].

- o Slamhalter kring 3,0 och 3,5 g MLSS/L i nya respektive gamla delen
- o Vakuumenteknik installeras i samtliga biobassänger
- o Om vakuumenteknik ej fungerar som utlovat ställs 4 linjer om till MBBR. Nytt luftarsystem och omläggning av zoner krävs samt efterdenitrifikation med extern kolkälla. Järnklorid doseras till eftersedimenteringar för att minska halten av findispersa flockar.

- o Dämpskärmar installeras i eftersedimenteringarna för att motverka slamflykt från eftersedimenteringarna i fallet då vakuumteknik inte används.

I tabell 5 redovisas bedömda investeringskostnader för omställningarna för fallet då vakuumteknik används. Tabell 6 visar fallet med MBBR.

Tabell 5 - Investeringskostnader för nödvändiga åtgärder vid 700 000 p e med ASP och vakuumteknik.

Processdel	Investeringskostnad (kkkr)
Avgasningstorn i biobassänger	
Avgasningsanläggning	24 000
Montage	6 000
Sprängning för hål	1 760
El och automation	400
Intransport berg, utvändigt upplag	965
Entreprenadsamordning	1 988
Projektering, byggledning etc.	8 077
Summa anläggningskostnad	43 190

Tabell 6 - Investeringskostnader för nödvändiga åtgärder vid 700 000 p e med MBBR

Processdel	Investeringskostnad (kkkr)
Omställning till MBBR i fyra linjer	
Process och maskin	75 290
Bygg	2 775
Ventilation	-
Elutrustning	5 256
Projektering och genomförande	26 035
Summa anläggningskostnad	109 000

Kommentar [a4]: Anders, se över siffrorna är du snäll.

Drift och underhållskostnader redovisas för de två olika förslagen i tabell 7 och 8. För fallet med MBBR redovisas två olika kolkällor, etanol och metanol. Etanol är att föredra dels för att den innebär lägre driftkostnader med också för att denna kolkälla kan doseras vid behov. Mikroorganismerna behöver tid för att vänja sig vid metanol och doseringen måste därför vara mer kontinuerlig. Siffrorna som redovisas är särkostnader.

Tabell 7 – Drift- och underhållskostnader för en aktivslamprocess med vakuumteknik vid 700 000 p e.

Post	Kostnad (kkkr/år)
Elförbrukning	3 520
Underhåll maskin	1480
Bräddvattenrening	270 ⁴⁾
Totalt	5270

Tabell 8 – Drift- och underhållskostnader för MBBR process vid 700 000 p e.

Post	Kostnad (kkr/år)
Elförbrukning	3 600
Underhåll maskin	2 400
Kolkälla (metanol/etanol)	19 700/9 300
Bräddvattenrening	270 ⁴⁾
Totalt	25 170/14 770

Kommentar [a5]: Anders, se över siffrorna.

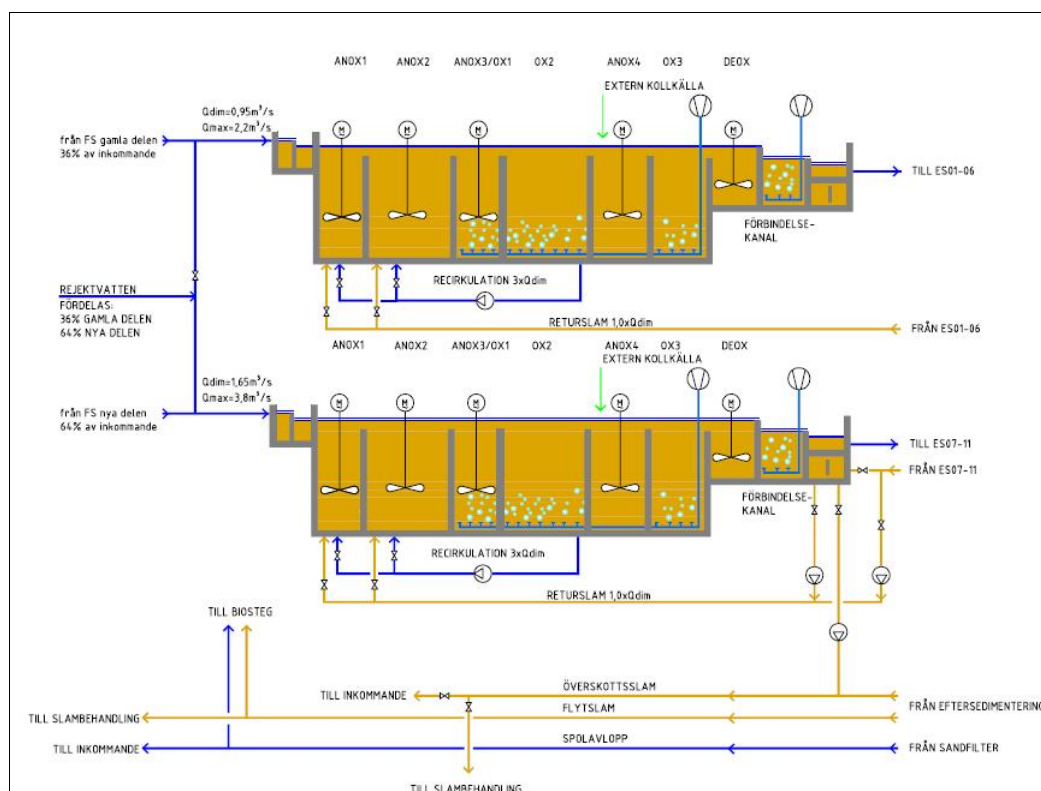
⁴⁾ Årskostnad baserat på att 10^6 m³/år bräddas

5.1.3. Milstolpe 3 - Belastning motsvarande 900 000 p e

När belastningen uppgår till 900 000 ställs stora krav på processen. Inkommande flöde beräknas ligga vid 3,4 m³/s som medel och dygnsmedelflöden på 7,8 m³/s kan uppstå. En väl fungerande bräddvattenrening är därmed nödvändig. Höga krav ställs också på biosteget och slammets egenskaper.

Processberäkningar visar att biostegets kapacitet är tillräcklig för att kunna hantera denna belastning med en fördenitrifikation och utan kolkälla. Dock krävs slamhalter på 4,0 och 4,5 g MLSS/L i nya respektive gamla delens linjer. Detta förutsätter således att vakuumtekniken fungerar som utlovat för att inte överbelasta eftersedimenteringarna. Om extern kolkälla används kan dock slamhalterna sänkas vilket medför minskad belastning på eftersedimenteringarna. Visserligen till en högre kostnad men här bör driftsäkerheten beaktas och i förslaget ingår därför en omställning till efterdenitrifikation med extern kolkälla. I figur 9 visas utformningen av biosteget.

De redan utförda omställningarna i de anaeroba zonerna lämnas orörda (stycke 5.1.1) och simultanfällning används fortfarande för fosforavskiljning. Tack vare extern kolkälla kan också slamhalterna hållas på rimliga nivåer trots simultanfällningens bidrag till slammängderna.



Figur 9 - Omställning av biosteg med vakuumteknik och ASP vid 900 000 p e

Om gamla delens linjer redan är omställda till en MBBR process krävs inga större omställningar för att kunna hantera en ökad belastning. I princip krävs endast en större fyllnadsgrad av bärmaterialet samt vissa förändringar av zonindelningen i nya delens linjer. Processutformningen är således samma som i figur 8.

Nedan sammanfattas de föreslagna åtgärderna som bör genomföras när 900 000 p e är uppnått, följt av en kostnadsbild. För mer detaljerade uppgifter se [ref].

- o Slamhalter kring 3,5 och 4,0 g MLSS/L i nya respektive gamla delen
- o Samtliga biobassänger ställs om till efterdenitrifikation med extern kolkälla.
- o Om vakuumteknik ej fungerar som utlovat har processen redan ställts om till MBBR i fyra linjer. Endast mer bärmateriell krävs i dessa linjer. Dock krävs ny zonindelning i nya delens linjer.

Kommentar [a6]: Anders, tar du fram siffror. Dvs. med extern kolkälla, vad är MLSS?

I tabell 9 redovisas bedömda investeringskostnader för omställningarna för fallet då vakuumteknik används. I tabell 10 visas fallet med MBBR.

Tabell 9 - Investeringskostnader för nödvändiga åtgärder vid 900 000 p e med aktivslamprocess och vakuumteknik

Processdel	Investeringskostnad (kkr)
------------	---------------------------

Omställning av zoner i biosteg

Process och maskin	27 900
Bygg	9 370
Ventilation	-
Elutrustning	5 894
Projektering och genomförande	11 870

Summa anläggningskostnad	55 000
--------------------------	--------

Kommentar [a7]: Anders, ser du över siffrorna

Tabell 10 - Investeringskostnader för nödvändiga åtgärder vid 900 000 p e med MBBR

Processdel	Investeringskostnad (kk)
Omställning av zoner i biosteg	
Process och maskin	9 171 (endast bärmaterial)
Bygg	Ej utrett
Ventilation	-
Elutrustning	-
Projektering och genomförande	Ej utrett

Summa anläggningskostnad	9 171 + kostnad för omställning av zoner
--------------------------	--

Kommentar [a8]: Anders ser du över siffrorna

Drift och underhållskostnader redovisas för de två olika förslagen i tabell 11 och 12. Två olika kolkällor redovisas, etanol och metanol. Etanol är att föredra dels för att den innebär lägre driftkostnader med också för att denna kolkälla kan doseras vid behov. Mikroorganismerna behöver tid för att vänja sig vid metanol och doseringen måste därför vara mer kontinuerlig. Siffrorna som redovisas är särkostnader.

Tabell 11 – Drift- och underhållskostnader för aktivslamprocess med vakuumteknik.

Post	Kostnad (kk/år)
Elförbrukning	6 520
Underhåll maskin	1 750
Kolkälla (metanol/etanol)	19 886/9 500
Bräddvattenrening	540 ⁵⁾
Totalt	28 700/18 300

Kommentar [a9]: Anders, siffrorna

Tabell 12 – Drift- och underhållskostnader för MBBR process.

Post	Kostnad (kk/år)
Elförbrukning	7 100
Underhåll maskin	2 200
Kolkälla (metanol/etanol)	25 200/11 900
Bräddvattenrening	540 ⁵⁾
Totalt	35 100/21 800

Kommentar [a10]: Anders, ser du över siffrorna

⁵⁾ Årskostnad baserat på att $2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ bräddas

KVARSTÅR : NY RÖTKAMMARE + SLAMAVVATTNING

5.2. Fall 2 - Skärpta reningskrav

5.2.1. Milstolpe 1 - Nuvarande belastning upp till 700 000 p e

Grundprincipen för de omställningar som redovisas i stycke 5.1 kommer att gälla även om nya reningskrav kommer. Det vill säga, om vakuumtekniken fungerar så är den att föredra, annars ställs vissa linjer om till en MBBR process. När det gäller fosforeringen krävs sannolikt andra lösningar än en renodlad simultanfällning. I dagsläget är fosfathalten i utgående vatten från eftersedimenteringarna ofta lägre än 0,4 mg/L. Via sandfiltren avskiljs sedan fosfat och suspenderad substans tillräckligt effektivt för att som årsmedelvärde ligga under 0,2 mg total-P/L. Om belastningen ökar och med nya krav är det dock osannolikt att denna lösning är tillräcklig. Genom att öka doseringen till simultanfällningen kan visserligen lägre utgående fosforhalter uppnås, men eftersom att mängden kemsam då ökar kan det resultera i otillräckliga slamåldrar för att samtidigt kunna hantera ett kvävereningskrav på 5 mg total-N/L. Dessutom innebär en ökad slammängd i biosteget att eftersedimenteringarna belastas hårdare, något som om möjligt bör undvikas för att motverka slamflykt till de känsliga sandfiltren.

Samtidigt kan en väl fungerande vakuumteknik innebära att denna effekt motverkas eftersom att slamhalterna (och därmed även slamåldern) sägs kunna ökas kraftigt utan att riskera slamflykt. I och med detta skulle simultanfällningen kunna drivas betydligt längre än idag.

Ett alternativ till simultanfällning kan också vara en långt gången förfällning. Försök på Käppala [ref] visar på en avskiljningsgrad på över 90 %. Här skulle också problematiken med överbelastade eftersedimenteringar elimineras. Istället uppstår dock en risk för fosforbrist vilket kan leda till dåliga slamkvaliteter och reningsresultat.

En rimlig väg att gå kan därför vara att kombinera förfällning med simultanfällning. Här kan då fosforhalten ut från försedimenteringarna hållas kring nivåer strax över 1 mg/L vilket ofta anges som en undre gräns för att undvika fosforbrist. Resterande fosfor avskiljs därefter via biologisk assimilation och simultanfällning. För att säkerställa utgående värden nyttjas också den redan idag använda efterpoleringen på sandfiltren.

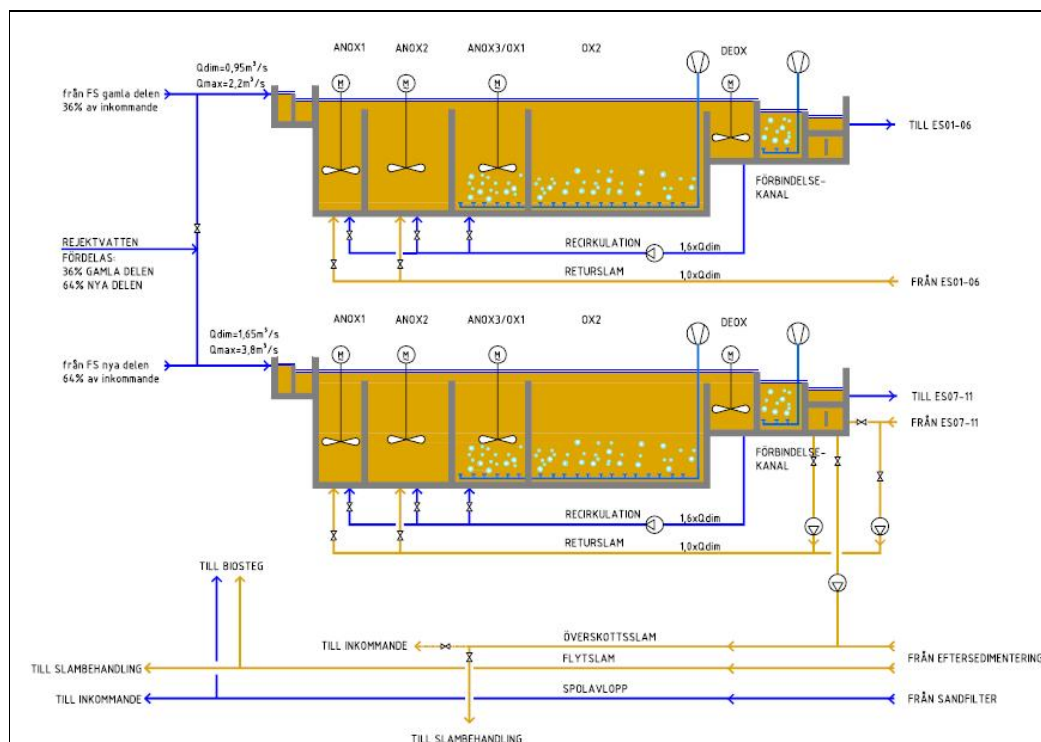
Kommentar [a11]: Anders, vad tror du om en sådan lösning?

Processberäkningar visar att dagens volymer räcker till för att kunna hantera skärpta reningskrav med en aktivslamprocess. Dock krävs ännu högre slamhalter jämfört med fallen med nuvarande krav och vakuumtekniken måste därmed implementeras relativt snart. Ett första steg är att testa tekniken i ett bioblock i full skala. Om tekniken inte fungerar som utlovat påbörjas istället direkt en förstudie för en MBBR process. Oavsett om vakuumtekniken eller en MBBR process blir aktuell så måste extern kolkälla nyttjas för att nå ned till 5 mg total-N/L och pilotförsök utförs därför också med efterdenitrifikation.

För fosforeringen krävs inga större omställningar om tvåvärd järnsulfat kan användas till förfällning. Här krävs då oxidation av det tvåvärda järnet till trevärt innan flockbildning kan ske vilket ger en lägre avskiljningsgrad än om trevärda järnsalter kan användas direkt. Om en övergång till trevärd järnklorid blir nödvändig måste den befintliga doserläggningen modifieras. Eftersom att biologisk fosforering inte är ett rimligt alternativ kommer de

Kommentar [a12]: Anders, fundera över detta tack..

anaeroba zonerna att ställas om till anoxiska zoner i samtliga bassånger. I figur 10 visas en schematisk bild över denna omställning.



Figur 10 – omställning av biosteget innan 700 000 p e

I och med fosforkravet krävs också att inget vatten tillåts att brädda orenat. Bräddvattenrening med Activflo måste därför ha implementerats innan skärpta krav träder i kraft.

Nedan sammanfattas kortfattat vilka försök och åtgärder som måste genomföras innan belastningen har uppnått 700 000 p e. *Det är antaget att införande av skärpta reningskrav inte kommer att ske innan 700 000 p e och att det finns ett utrymme för utvärdering av nya processer.* Om skärpta reningskrav införs tidigare kommer de åtgärder som presenteras för milstolpe 2 (stycke 5.2.2) att behöva utföras direkt.

- o Omställning av anaeroba zoner till anoxiska. Om vakuumteknik fungerar som utlovat kommer också luftarsystemet i första oxiska zonen i gamla delens linjer modifieras.
- o Försök påbörjas med förfällning i kombination med simultanfällning.
- o Pilotanläggning för kolkälla installeras i BB01 (?)
- o Pilotanläggning för avgasningstorn installeras i BB11 (?)
- o Om vakuumteknik ej fungerar påbörjas förstudie med MBBR
- o Activflo- enhet för 3 m³/s anläggs i avställt sandfång

I tabell 13 redovisas bedömda investeringskostnader för omställningarna. Pilotanläggningen för kolkälla är uppskattad till ca 1000 kkr. Drift och underhållskostnader för omställningarna

redovisas som särkostnader i tabell 14. Här ingår endast bräddvattenreningen eftersom att detta scenario inte berör en given belastning utan istället situationen från nuvarande belastning upp till 700 000 p e. Drift och underhållskostnaderna för pilotanläggningarna anses vara så små att de kan exkluderas. De förbrukningstal som har använts i tabell 14 är baserade på erfarenheter från fullskaleanläggningar. I tabellen redovisas också total årlig drift- och underhållskostnad om 10^6 m³ vatten bräddas.

Tabell 13 - Investeringskostnader för nödvändiga åtgärder innan 700 000 p e

Processdel	Investeringskostnad (kkkr)
Omställning av zoner i biosteg	
Process och maskin	1 600
Bygg	450
Ventilation	-
Elutrustning	-
Projektering och genomförande	560
Summa anläggningskostnad	2 600
Bräddvattenrening med Activflo	
Rivning samt sprängning och förstärkning	6 400
Betongkonstruktioner	4 500
Maskinutrustning	8 900
Instrument och styr	800
Montage för maskin och el	2 400
Allmän el	650
Ventilation	300
VVS installation	150
Flödesmätare, ombyggnad för koagulant	250
Design, projektering, upphandling, byggledning, drifttagning, intrimning	5 000
Summa anläggningskostnad	29 500
Pilotanläggning för avgasningstorn	
Avgasningsanläggning	1 500
Montage	375
Sprängning för hål	110
El och automation	20
Intransport berg, utvändigt upplag	60
Projektering, byggledning etc.	41
Summa anläggningskostnad	2100
Pilotanläggning kolkälla	Uppskattat till 1000
Pilotförsök med för- & simultanfällning	Uppskattat till 500
Summa anläggningskostnader	35 700

Kommentar [a13]: Anders, vad tror du?

Tabell 14 – Drift- och underhållskostnader för bräddvattenrening med Actiflo

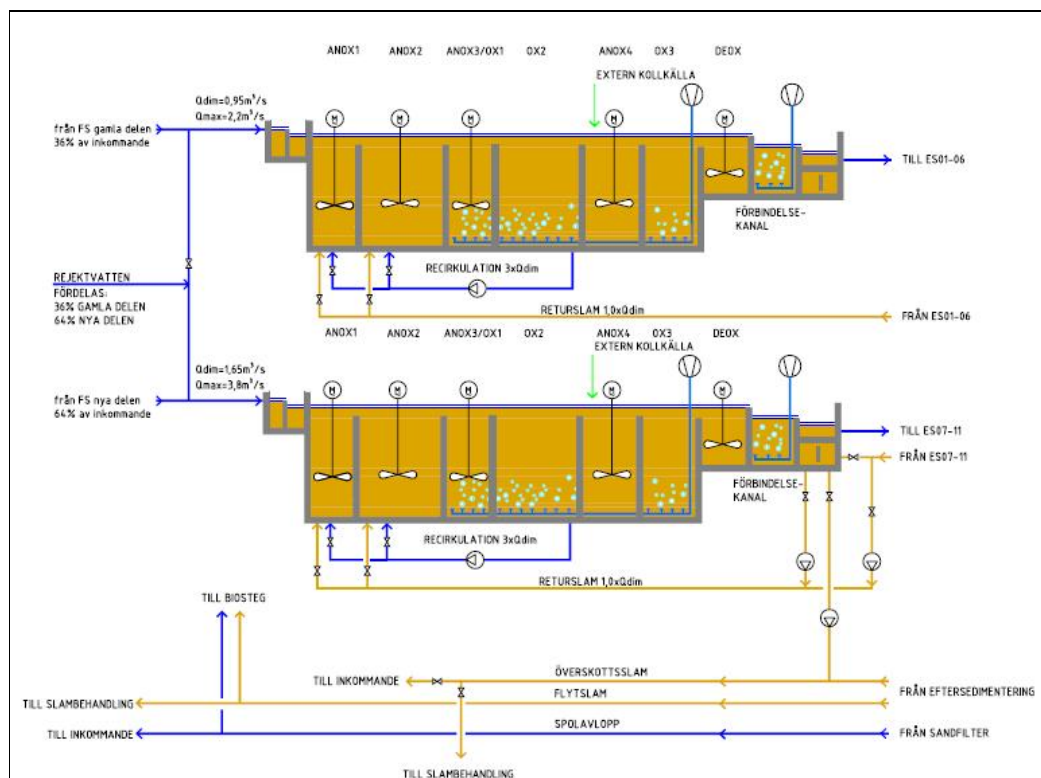
Post	Kostnad (kr/m ³)
Elförbrukning	0,018
Koagulant	0,12
Polymer	0,03
Mikrosand	0,005
Operatörsbehov	0,10
Totalt	0,27 (270 000) ⁶⁾

⁶⁾ Årskostnad baserat på att 10⁶ m³/år bräddas

5.2.2. Milstolpe 2 - Belastning motsvarande 700 000 p e

Med skärpta reningskrav och en belastning motsvarande 700 000 p e ställs stora krav på en väl fungerande bräddvattenrening. Även huvudlinjens fosforavskiljning måste vara effektiv och kombinationen av förfällning, simultanfällning och efterpolering används i samtliga linjer. Om vakuumtekniken har fallit väl ut så installeras avgasningstorn i samtliga biobassänger. Extern kolkälla och efterdenitrifikation blir nödvändig för att klara av kvävekraven. Med maximala slamhalter på 3,5 och 4,0 mg/L i nya respektive gamla delens linjer säkerställs halter under 5 mg total-N/L. Stora omställningar av zonindelningen krävs i samtliga biobassänger. Den redan genomförda omställningen av anaeroba zoner till anoxiska zoner (stycke 5.1.1.) ska bibehållas. I Figur 11 visas processlayouten.

Kommentar [a14]: Eller hur Anders?

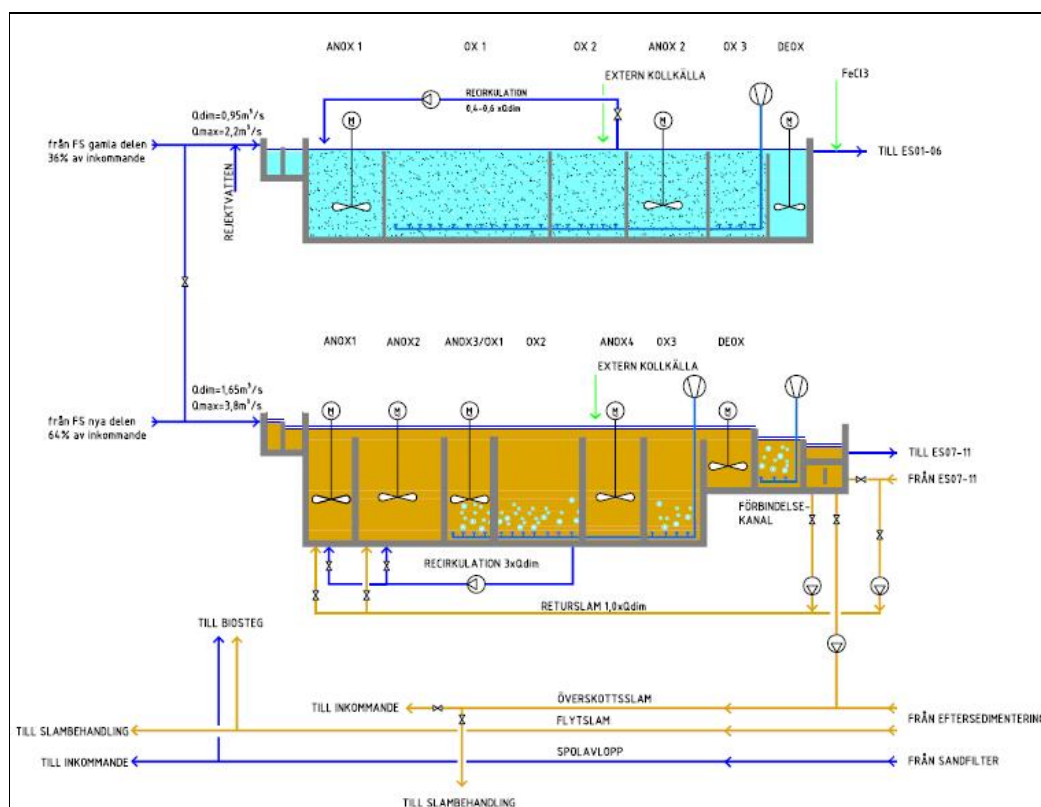


Figur 11 – Zonindelning med ASP vid skärpta reningskrav och 700 000 p e.

Om vakuumtekniken inte fungerar som utlovat kommer istället en MBBR process att implementeras till fyra av den gamla delens linjer. Med en optimal fyllnadsgrad av bärrmaterial på 42-50 % krävs visserligen att endast tre biobassänger ställs om till en MBBR process. Dock kommer fyra linjer krävas när belastningen har nått upp till 900 000 p e och det är därför mer kostnadseffektivt att direkt anlägga fyra linjer och istället hålla en lägre fyllnadsgrad till en början. Med en MBBR process krävs också kolkälla och ett grovblåst luftsystem samt att järnklorid doseras innan efterdesimentering för att motverka höga halter av findispersa flockar till sandfiltren. Eftersom att endast 4 linjer används i gamla delen kan en framtida läkemedelsrening rymmas i en av de avställda linjerna. Nya delens linjer drivs här som en aktivslamprocess med efterdenitrifikation och extern kolkälla. Maximala slamhalter kring 3,0 mg/L kommer att krävas i aktivslamprocessen. Den tidigare omställningen av de anaeroba zonerna till anoxiska zoner (stycke 5.1.1.) ska bibehållas I figur 12 visas processutformningen.

Kommentar [a15]: Anders, är det så?

Kommentar [a16]: Eller hur Anders?



Figur 12 – Processutformning med MBBR och ASP vid skärpta reningskrav och 700 000 p e.

Nedan sammanfattas de föreslagna åtgärderna som bör genomföras när 700 000 p e är uppnått, följt av en kostnadsbild. För mer detaljerade uppgifter se [ref (WSP), ref (SWECO)].

- o Maximala slamhalter på 3,5 och 4,0 g MLSS/L i nya respektive gamla delen
- o Vakuumtorn installeras i samtliga biobassänger
- o Omställning av zoner och komplettering av nytt luftningssystem i vissa zoner i nya delens linjer.

- o Installation av ny utrustning för dosering av kolkälla till samtliga linjer.
- o Förfällning i kombination med simultanfällning och efterpolering på sandfilter används i samtliga linjer
- o Om vakuumteknik ej fungerar som utlovat ställs fyra linjer om till MBBR. Nytt luftarsystem krävs i gamla delens linjer samt installation av doseringsanläggning för järnklorid och kolkälla. Omläggning av zoner krävs i nya delens linjer.
- o Dämpskärmar installeras i eftersedimenteringarna för att motverka slamflykt från eftersedimenteringarna i fallet då vakuumteknik inte används.

I tabell 15 redovisas bedömda investeringskostnader för omställningarna för fallet då vakuumteknik används. Tabell 16 visar fallet med MBBR.

Tabell 15 – Investeringskostnader för ASP och vakuumteknik med skärpta reningskrav vid 700 000 p e.

Processdel	Investeringskostnad (kk)
Avgasningstorn i biobassänger	
Avgasningsanläggning	24 000
Montage	6 000
Sprängning för hål	1 760
El och automation	400
Intransport berg, utvändigt upplag	965
Entreprenadsamordning	1 988
Projektering, byggledning etc.	8 077
Summa anläggningskostnad	43 190
Omställning till efterdenitrifikation	
Process och maskin	9 900
Bygg	7 610
Ventilation	500
Elutrustning	2 240
Projektering och genomförande	5 569
Summa anläggningskostnad	25 819
Summa anläggningskostnad	69 000

Tabell 16 – Investeringskostnader för MBBR med skärpta reningskrav vid 700 000 p e.

Processdel	Investeringskostnad (kk)
Omställning till MBBR i fyra linjer	
Process och maskin	74 319
Bygg	2 775
Ventilation	-
Elutrustning	5 106
Projektering och genomförande	26 511
Summa anläggningskostnad	109 000

Kommentar [a17]: Anders, se över siffrorna tack.

Drift och underhållskostnader redovisas för de två olika förslagen i tabell 17 och 18. För fallet med MBBR redovisas två olika kolkällor, etanol och metanol. Etanol är att föredra dels för att den innebär lägre driftkostnader med också för att denna kolkälla kan doseras vid behov. Mikroorganismerna behöver tid för att vänja sig vid metanol och doseringen måste därför vara mer kontinuerlig. Siffrorna som redovisas är särkostnader. Kostnaderna för bräddvattenrening baseras på att $10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ bräddas.

Tabell 17 – Drift- och underhållskostnader för aktivslamprocess med vakuumteknik vid skärpta reningskrav och 700 000 p e.

Post	Kostnad (krkr/år)
Elförbrukning	7 060
Underhåll maskin	1 650
Kolkälla (metanol/etanol)	18 500/8 700
Bräddvattenrening	270
Totalt	27 500/17 700

Tabell 18 – Drift- och underhållskostnader för MBBR process vid skärpta reningskrav och 700 000 p e.

Post	Kostnad (krkr/år)
Elförbrukning	4 600
Underhåll maskin	1 700
Kolkälla (metanol/etanol)	37 100/17 500
Bräddvattenrening	270
Totalt	43 700/24 000

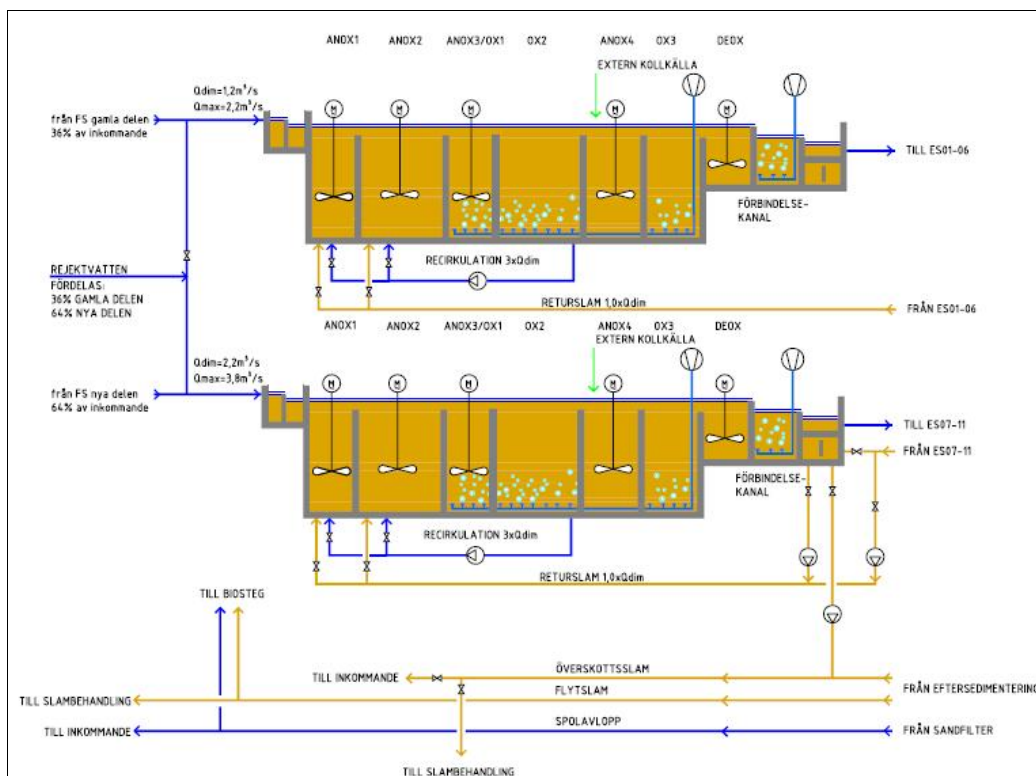
Kommentar [a18]: Anders, se över siffrorna tack.

5.2.3. Milstolpe 3 - Belastning motsvarande 900 000 p e

När belastningen uppgår till 900 000 p e ställs stora krav på processen. Inkommande flöde beräknas ligga vid $3,4 \text{ m}^3/\text{s}$ som medel och dygnsmedelflöden på $7,8 \text{ m}^3/\text{s}$ kan uppstå. En väl fungerande bräddvattenrening är därmed nödvändig. Höga krav ställs också på biosteget och slammets egenskaper.

Processberäkningar visar att biostegets kapacitet är tillräcklig för att kunna hantera denna belastning med för- och efterdenitrifikation samt extern kolkälla. Dock krävs slamhalter på 4,5 och 5,0 g MLSS/L i nya respektive gamla delens linjer. Detta förutsätter således att vakuumtekniken fungerar som utlovat för att inte överbelasta eftersedimenteringarna. Relativt stora omställningar krävs också i luftningssystemet i både gamla och nya delens linjer. De redan utförda omställningar av zonindelningen som utförts vid 700 000 p e lämnas orörda. I figur 13 visas processutformningen.

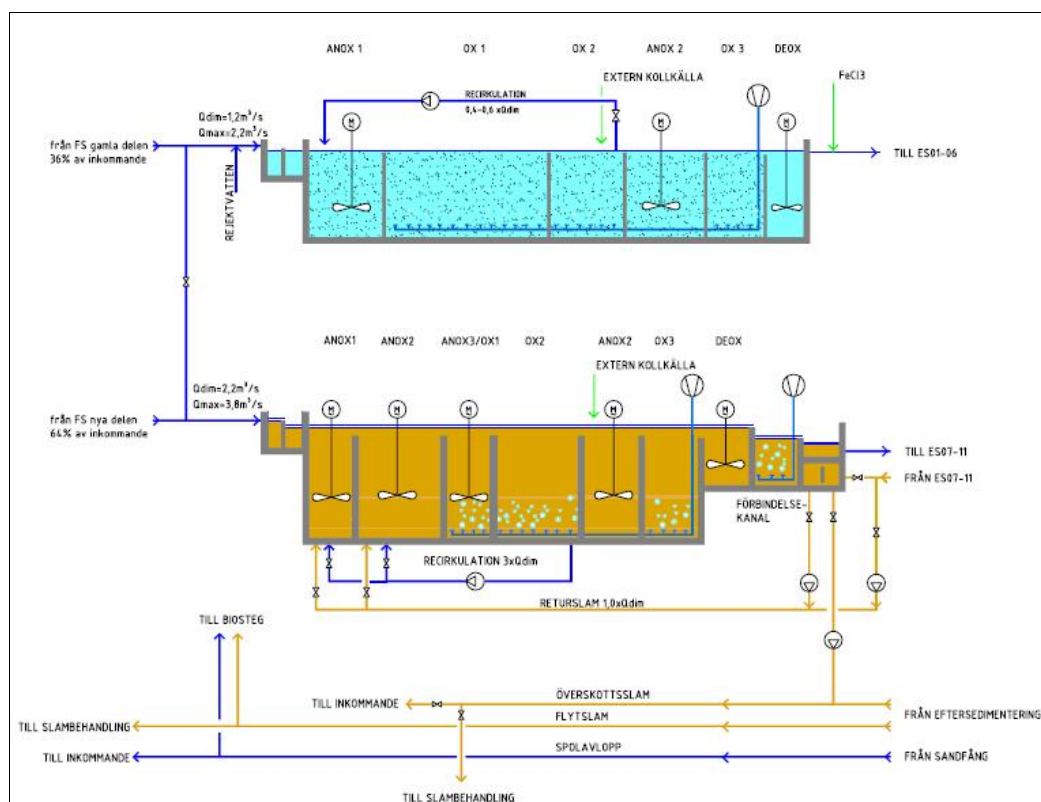
Kommentar [a19]: Anders



Figur 13 – Zonindelning med ASP vid skärpta reningskrav och 900 000 p e.

Gällandes fosforreningen används fortfarande förfällning i kombination med simultanfällning och efterpolering på sandfiltren. Det är här viktigt att simultanfällningen hålls på så låga nivåer som möjligt för att motverka överbelastning av eftersedimenteringarna.

Om vakuumtekniken inte har fungerat som utlovat är redan gamla delens linjer omställda till en MBBR process. I princip krävs då enbart mer bärrarmaterial, kolkälla och en till blåsmaskin för redundans. I aktivslamprocessen i nya delens linjer krävs då en maximal slamhalt på 3,5 g MLSS/L vilket kan anses vara riskabelt under årets kalla period. Det är därför av stor vikt att vara försiktig med simultanfällningen för att på så sätt hålla nere slamproduktionen. I figur 14 visas processutformningen med fallet MBBR.



Figur 14 – Zonindelning med ASP vid skärpta reningskrav och 900 000 p e.

Nedan sammanfattas de föreslagna åtgärderna som bör genomföras när 900 000 p e är uppnått, följt av en kostnadsbild. För mer detaljerade uppgifter se [ref (WSP), ref (SWECO)].

- o Maximala slamhalter på 4,5 och 5,0 g MLSS/L i nya respektive gamla delen
- o Komplettering av luftarsystem och ny zonindelning i både gamla och nya delens linjer.
- o Om vakuumteknik ej fungerar som utlovat används redan MBBR i fyra av gamla delens linjer. Här krävs dock större mängd bärmaterial och en till blåsmaskin. I nya delens linjer krävs en annan zonindelning och en ny blåsmaskin för redundans.

Kommentar [a20]: Stämmer detta Anders?

I tabell 19 redovisas bedömda investeringskostnader för omställningarna för fallet då vakuumteknik används. Tabell 20 visar fallet med MBBR

Tabell 19 – Investeringskostnader för ASP och vakuumteknik med skärpta reningskrav vid 900 000 p e.

Processdel	Investeringskostnad (kkr)
Omställning till av zoner och luftning	
Process och maskin	16 400
Bygg	1 310
Ventilation	-

Elutrustning	3 654
Projektering och genomförande	5 737

Summa anläggningskostnad	27 000
--------------------------	--------

Tabell 20 – Investeringskostnader för MBBR med skärpta reningskrav vid 900 000 p e.

Processdel	Investeringskostnad (kkkr)
Omställning till MBBR i fyra linjer	
Process och maskin	14 206 (endast bärmaterial)
Bygg	- (ej undersökt)
Ventilation	- (ej undersökt)
Elutrustning	- (ej undersökt)
Projektering och genomförande	- (ej undersökt)
Summa anläggningskostnad	14 206 (endast bärmaterial)

Kommentar [a22]: Anders, se över siffrorna tack.

Drift och underhållskostnader redovisas för de två olika förslagen i tabell 21 och 22. För fallet med MBBR redovisas två olika kolkällor, etanol och metanol. Etanol är att föredra dels för att den innebär lägre driftkostnader med också för att denna kolkälla kan doseras vid behov. Mikroorganismerna behöver tid för att vänja sig vid metanol och doseringen måste därför vara mer kontinuerlig. Siffrorna som redovisas är särkostnader. Kostnaderna för bräddvattenrening baseras på att $2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$ bräddas.

Tabell 21 – Drift- och underhållskostnader för aktivslamprocess med vakuumteknik vid skärpta reningskrav och 900 000 p e.

Post	Kostnad (kkkr/år)
Elförbrukning	10 460
Underhåll maskin	2 050
Kolkälla (metanol/etanol)	24 400/11 500
Bräddvattenrening	540
Totalt	37 400/24 500

Tabell 22 – Drift- och underhållskostnader för MBBR process vid skärpta reningskrav och 900 000 p e.

Post	Kostnad (kkkr/år)
Elförbrukning	8 300
Underhåll maskin	2 400
Kolkälla (metanol/etanol)	57 900/27 300
Bräddvattenrening	540
Totalt	69 100/38 500

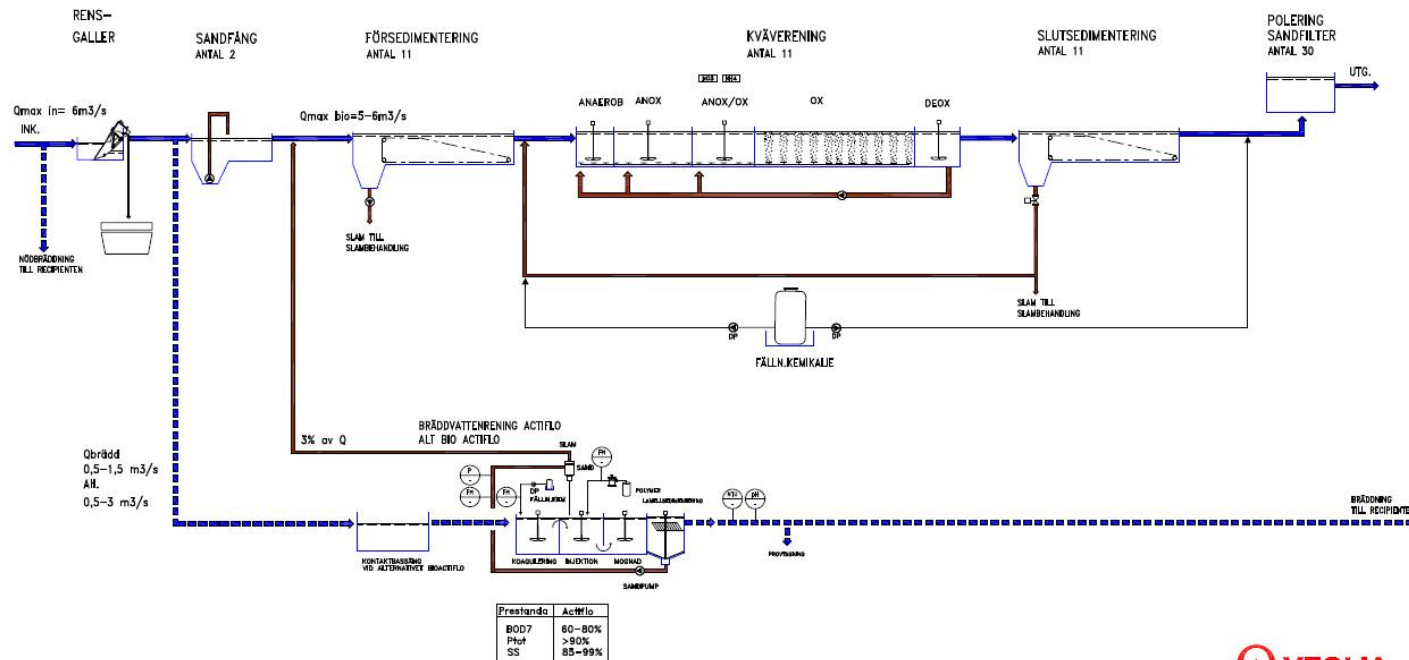
Kommentar [a23]: Anders, se över siffrorna tack.

BILAGA I

KÄPPALA AVLOPPSRENINGSVRK

FLIK 1

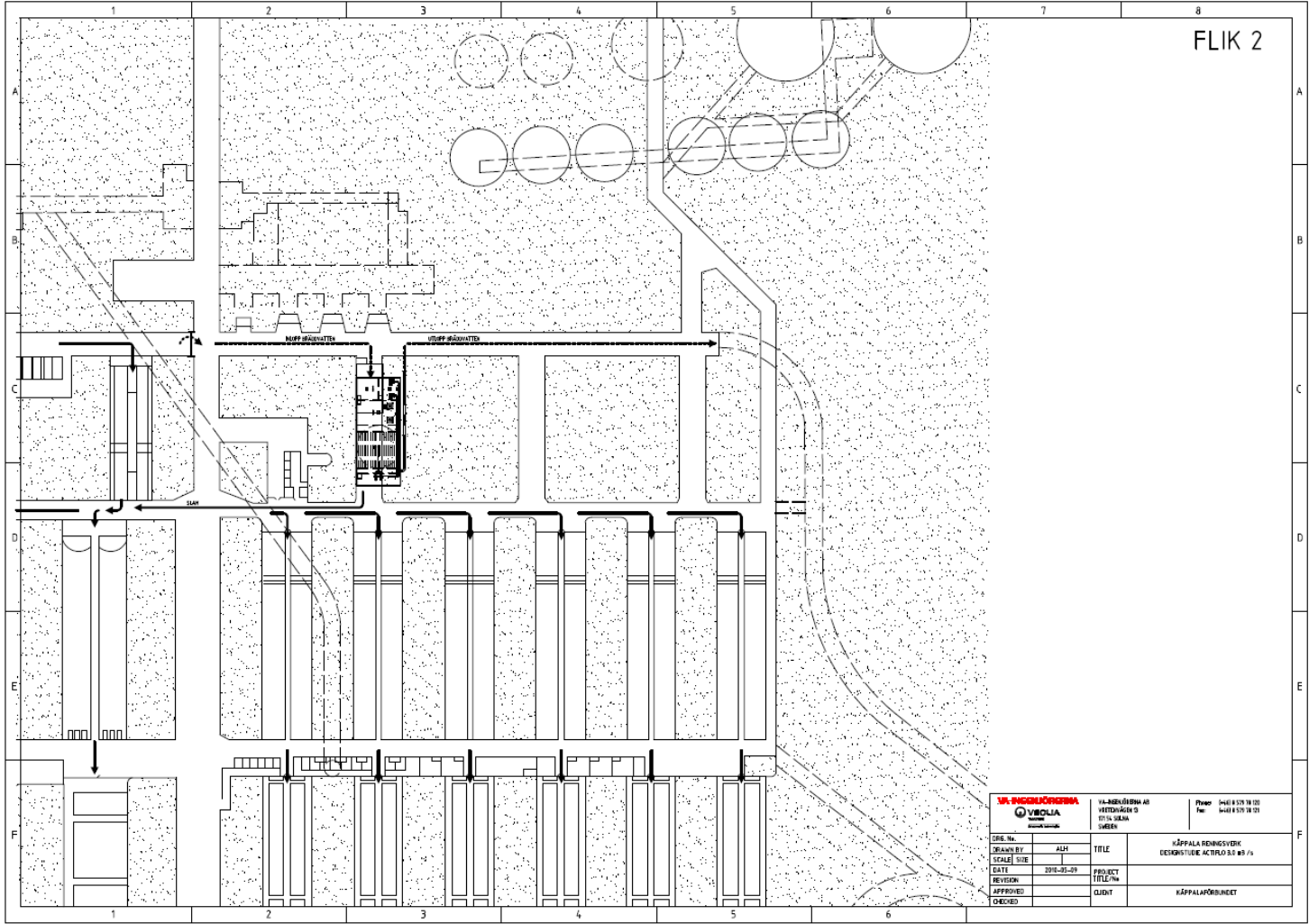
UPPRÄTTAD: 2010-06-14



VEOLIA
WATER
Solutions & Technologies

VA-INGENJÖRERNA 2010

BILAGA II – Fall 1, 3 m³/s



[illegible]