

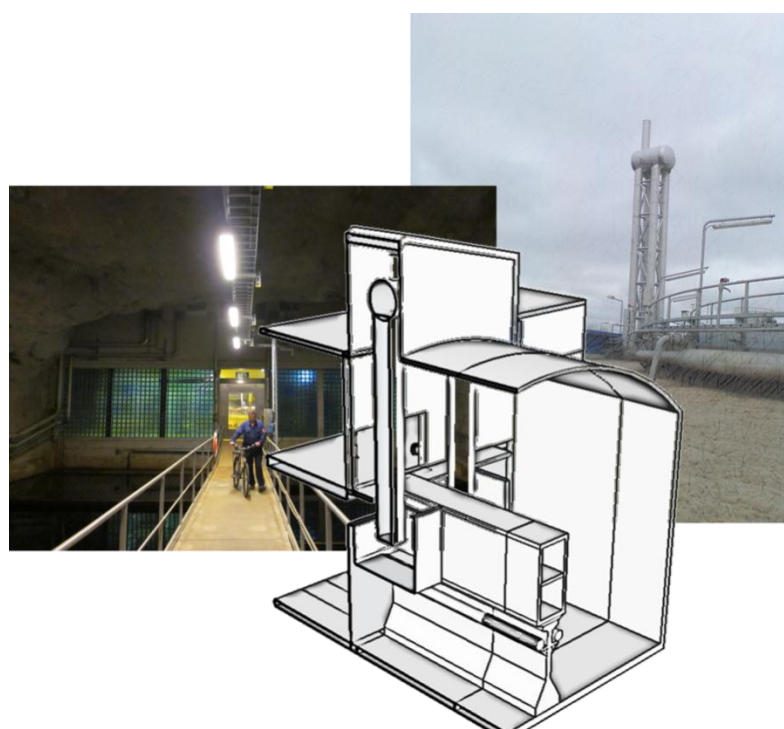
RAPPORT

Käppalaförbundet

Avgasning Käppala 2011

Uppdragsnummer 1839152

Principförslag för införandet av avgasning vid BB11 Käppalaverket



Koncept

Stockholm 2011-12-09

Sweco Environment AB Process och Utredning

Jonas Grundestam
Stig Morling

1 (68)

Sweco
Gjörwellsgatan 22
Box 34044, 100 26 Stockholm
Telefon 08-695 60 00
Telefax 08-695 60 10
www.sweco.se

Sweco Environment AB
Org.nr 556346-0327
säte Stockholm
Ingår i Sweco-koncernen

Jonas Grundestam
Civilingenjör
Telefon direkt 08-695 62 39
Mobil 0734-12 62 39
jonas.grundestam@sweco.se

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

NOMENKLATUR OCH FÖRKORTNINGAR	5
1 Sammanfattning	6
1.1 Inledning	6
1.2 Processtekniska överväganden	6
1.3 Anläggningstekniska överväganden	6
1.3.1 Genomförande	6
1.3.2 Hydraulik	7
1.4 Kostnadskalkyler	7
1.5 Genomförandetidplan	8
2 Inledning	9
2.1 Bakgrund	9
2.2 Syfte med projektet	10
2.3 Projektorganisation	10
2.4 Läsanvisning och rapportstruktur	11
3 Förutsättningar	12
3.1 Projektdefinitioner och mål	12
3.2 Avgränsningar	12
3.3 Dimensionerande förutsättningar	12
3.4 Utsläppskrav	13
4 Processdimensionering	14
4.1 Inledning	14
4.2 Förutsättningar	14
4.2.1 Belastning	14
4.2.2 Temperatur	15
4.2.3 Processtrategi	16
4.2.4 Simultanfällning	17
4.3 Processdimensionering BB 11	17
4.3.1 Kvävebalans	20
4.4 Dimensionering eftersedimentering	22
4.4.1 Syrebehov BB11	23
4.4.2 Omrörning BB11	27
5 Käppalaverket 900 000 pe	28
5.1 Inledning	28
5.2 Förutsättningar	28

2 (68)

RAPPORT
2011-12-09 Konzept
AVGASNING KÄPPALA 2011

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

5.2.1	Dimensionerande belastning	28
5.2.2	Utsläppskrav	29
5.2.3	Anläggningstekniska förutsättningar	29
5.3	Processtekniska beräkningar	29
5.3.1	Förutsättningar	29
5.3.2	Krav 1 - Slamålder	30
5.3.3	Krav 2 – Kväverening i fördenitrifikation	32
5.4	Sammanfattning Käppala 900 000 pe	36
6	Hydrauliska överväganden	39
6.1	Inledning	39
6.2	Styrning av inflödet till BB11	39
6.3	Hydrauliska beräkningar	39
7	Åtgärder för maskininstallation	40
7.1	Inledning	40
7.1.1	Förutsättningar för införandet av avgasning	40
7.2	Avgasningstorn	41
7.3	Övriga åtgärder för maskin	43
7.3.1	Flödesstyrning till BB11	43
7.3.2	Åtgärder i ES11	44
8	Åtgärder för bergarbete	46
8.1	Förutsättningar	46
8.2	Sprängning	46
8.3	Hydraulisk spräckning	47
8.4	Vajersågning	47
8.5	Sammanfattning och rekommendationer metoder för uttag av berg	47
8.6	Utformning av arbetsplattform	49
8.7	Övrigt	51
9	Åtgärder för byggarbete	52
9.1	Inledning	52
9.2	Förutsättningar	52
9.3	Rivning	52
9.4	Förslag till genomförande av de olika åtgärderna	53
9.5	Nya anläggningsdelar efter bergschakt	55
10	Drift under ombyggnation	56
10.1	Risikanalys	56
10.1.1	Risker i driften av Käppala reningsverk	56
10.1.2	Risker i genomförandet	56

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

11	Kostnadsberäkningar	58
11.1	Inledning	58
11.2	Anläggningskostnads kalkyl	58
11.2.1	Åtagande från Biogradex	58
11.2.2	Kostnads kalkyl övriga åtgärder för maskin	58
11.2.3	Kostnads kalkyl bygg	58
11.2.4	Kostnads kalkyl berg	59
11.2.5	Sammanställning anläggningskostnads kalkyl	60
11.3	Drift- och underhållskostnads kalkyler	61
11.3.1	Drift- och underhållskostnads kalkyl	61
12	Genomförandetidplan	63
12.1	Genomförande	63
12.2	Genomförandetidplan	63
13	Slutsats och diskussion	64
13.1	Införandet av avgasning vid Käppalaverket	64
13.2	Avgasning vid det framtida Käppalaverket	65
14	Referenser	66
15	Bilagor	67

NOMENKLATUR OCH FÖRKORTNINGAR

BOD _X	Biokemisk syreförbrukning under X dygn
COD	Kemisk syreförbrukning
MLSS	Mixed Liquor Suspended Solids
MLVSS	Mixed Liquor Volatile Suspended Solids
NH ₄ -N	Ammoniumkväve
NO ₃ -N	Nitrit- och nitratkväve
p.e.	Personekvivalent, räknas via BOD ₇ -belastningen där 70 g BOD ₇ = 1 pe.
p	Person, fysiskperson ansluten till Bromma RV
PO ₄ -P	Ortofosfat
Q _{DIM}	Dimensionerande torrvädersflöde till avloppsreningsverket
Q _{MAX}	Maximalt inflöde till avloppsreningsverket
Q _{MAX, BIO}	Maximalt inflöde till avloppsverkets biologiska reningssteg
Q _{MEDEL}	Dygnsmedelflöde in till reningsverket
RV	Reningsverk
SRT	Sludge Retention Time, Total slamålder
Tot-N	Totalkväve
Tot-P	Totalfosfor
SS	Suspenderad substans

1 Sammanfattning

1.1 Inledning

Käppalaverket står inför nya utmaningar med ökad belastning samt skärpta reningskrav. För att möta dessa nya krav måste Käppalaverket utvecklas inom befintlig anläggning. Möjligheterna till expansion inom befintlig anläggning är mycket små och åtgärder måste därför planeras för de processvolymerna som finns tillgängliga.

Denna rapport redovisar ett principförslag över möjligheterna kring införandet av avgasning av aktivt slam i bioblock 11, BB11. Avgasningen är en teknik som möjliggör en ökad slamhalt med förbättrade slamegenskaper i den biologiska reningen och därmed en ökad hydraulisk och biologisk kapacitet i befintliga volymer.

Syftet med principförslaget är att utvärdera genomförbarheten och kostnadsbilden för införandet av avgasningen.

1.2 Processtekniska överväganden

De processmässiga förutsättningarna för införandet av avgasningen har utvärderats. Kapaciteten i de tillgängliga volymerna i BB11 har utvärderats via processdimensionerande beräkningar. Möjligheten att höja slamhalten i luftningsbassängerna från dagens ca 2 500 – 3 000 mg MLSS/l till 4 500 eller 6 000 mg MLSS/l medför att den biologiska kapaciteten ökar betydligt.

Dock begränsas kvävereduktionen av processtrategin för det biologiska reningssteget. Fördenitrifikationsprocessen kan teoretiskt uppnå 80 % Tot-N reduktion med en nitratrecirkulation om 400 %. Rent teoretiskt finns möjlighet att nå högre reduktion med en ökad cirkulation med de praktiska svårigheterna ökar dock med det stora flödet som ska hanteras.

En analys har utförts för att studera konsekvenserna för Käppalaverket i och med införandet av avgasningstekniken och en ökad belastning om 900 000 pe. Analysen visar att tillgängliga volymer i det biologiska reningssteget är tillräckliga vid en ökad slamhalt upp till minst 5 000 mg MLSS/l. Dock krävs införandet av en efterdenitrifikation för att nå det önskade årsmedelvärdet för Tot-N på 5 mg/l. En efterdenitrifikationszon om ca 5 000 m³ har beräknats och kan inrymmas inom befintliga volymer. Dock måste luftningsbassängerna anpassas för detta.

1.3 Anläggningstekniska överväganden

1.3.1 Genomförande

Införandet av avgasning i BB11 innebär införandet av en 10 m hög rörkonstruktion mellan Bioblock 11 och Eftersedimenteringsbassäng 11, ES11. Detta medför att ett hålrum

måste tas ut i taket ovanför bassängerna vilket är förknippat med stora svårigheter på grund av åtkomligheten.

I principförslaget redovisas en metodik som tagits fram i samarbete med en erfaren bergentreprenör. Genomförandet bygger på åtkomst till berget via en flyttbar arbetsplattform och försiktig sprängning.

1.3.2 Hydraulik

Med det maximala inflödet $2 \times Q_{\text{dim}} = 2\,304 \text{ m}^3/\text{h}$, överströmmar vatten inte över betongöverkanten genom BB11 och ES11. Vattennivå uppnåddes dock över betongunderkanten på flera ställen. För att undvika översvämning kan dock skibord i FT42 behöva rekonstrueras.

Som nämns i rapporten att hålla en jämn hydraulisk belastning i alla bioblocken, en temporär lösning behöver undersökas och utvecklas.

1.4 Kostnadskalkyler

Anläggningskostnaden för införandet av avgasningstornet har uppskattas baserat på åtgärder för bygg och berg. För avgasningstornet har Biogradex offererat ett åtagande som innebär en helhetslösning för avgasningstornet, inklusive montage och installation, garantier mm. Materialkostnaden för avgasningstornet har i ett tidigare projekt bedömts till ca 1,5 miljoner kr (Sweco, 2010). Tabell 1-1 redovisar anläggningskostnadskalkylen för installationen av avgasning i BB11.

Tabell 1-1: Anläggningskostnad för införandet av avgasning

Kostnadspost	Enhet	Värde	Kommentar
Bergarbete, inkl. ventilation	kr	2 600 000	
Etablering för berg	kr	520 000	20 % av bergarbete
Byggarbete	kr	1 000 000	
Maskin	kr	962 000	Inklusive åtgärder i ES11, pump i inlopp till BB11,
El och automation	kr	114 000	
Oförutsett, 15 %	kr	780 000	
Entreprenadkostnad		5 976 000	
Projektering, administration etc., 20 %	kr	1 195 500	
Anläggningskostnad	kr	7 171 500	
Åtagande av Biogradex	kr	11 000 000	Enligt Biogradex offert, bilaga 1.
Totalt uppskattad anläggningskostnad	kr	18 172 000	

Den huvudsakliga förändringen i driftkostnad i och med installationen av avgasningsutrustningen är driften av vakuumpumparna. Årskostnaden för energiförbrukningen hos tillkommande objekt i och med införandet av avgasningen är uppskattad till ca 390 000 kr.

Underhållskostnaden för avgasningsanläggningen är uppskattad till ca 101 000 kr/år.

1.5 Genomförandetidplan

Genomförandet av införandet av avgasningstornet i BB11 förväntas ta ca 8 månader.

2 Inledning

2.1 Bakgrund

Käppalaverket togs i drift 1969 med en dimensionerande kapacitet uppgående till 400 000 pe och redan då med vad som kallades höggradigrening med bland annat krav på en högsta utgående fosforhalt på 0,5 mg/l. Under 1970-talets början skärptes detta fosforkrav till högst 0,3 mg/l.

Utöver skärpta krav på fosfor har även krav på kvävereduktion ställts och under 1990-talet genomgick Käppalaverket en omfattande om- och utbyggnad och kapaciteten ökades till 700 000 pe samtidigt som kväverening infördes. Utbyggnaden omfattade ett sandfiltersteg, vilket möjliggör fosforhalter ner till 0,2 mg/l, och ett krav på en kväverening uppgående till minst 75 % på årsbasis.

Käppalaverket står nu inför fortsatta utmaningar som innebär att anläggningen måste ses över, nämligen:

- Befolkningstillväxt i redan anslutna kommuner
- Ett uttalat intresse från nya kommuner att ansluta till Käppalaverket
- Ökade reningskrav

I tidigare utredningar har alternativ till Käppalaverkets utveckling studerats. Möjligheten att hantera dessa ökade krav på reningsverket inom befintliga anläggningar har varit en mycket viktig förutsättning i utredningsarbetet och flera tänkbara processmöjligheter har tagits fram.

En av processmöjligheterna, som studeras i denna rapport, är avgasning av aktivt slam. Avgasning av aktivt slam är en relativt ny teknik, i den meningen att den är okänd i Sverige, som ändå har funnits och tillämpats under de senaste 15 åren. Tekniken går ut på att utsätta det aktiva slammet för ett undertryck och på så vis driva av lösta gaser för att erhålla ett slam med märkbart förbättrade sedimentationsegenskaper. Genom att förbättra sedimentationsegenskaperna kan en högre slamhalt hållas i luftningsbassängerna och på så vis kan den hydrauliska och organiska kapaciteten ökas. Avgasningen innebär att slamvattenblandningen leds upp i ett 10 meter högt torn, motsvarande ett undertryck på ca 1 atmosfär där lösta gaser drivs av, för att sedan ledas tillbaka till normal vattennivå och in i eftersedimenteringen. Momentet med det 10 meter höga tornet ställer särskilda krav på Käppala i och med att reningsverket är placerat i berg med begränsad takhöjd.

Avgasningstekniken innefattas i dagsläget av ett patent som hålls av det Polska företaget Biogradex.

Tidigare utredningar har tagit inneburit laboratorieförsök och övergripande förstudier kring införandet av avgasningen samt studiebesök vid anläggningar som nyttjar avgasningen.

Detta förprojekt har fokuserat på införandet av avgasning i försökslinje i bioblock 11, eller BB11.

2.2 Syfte med projektet

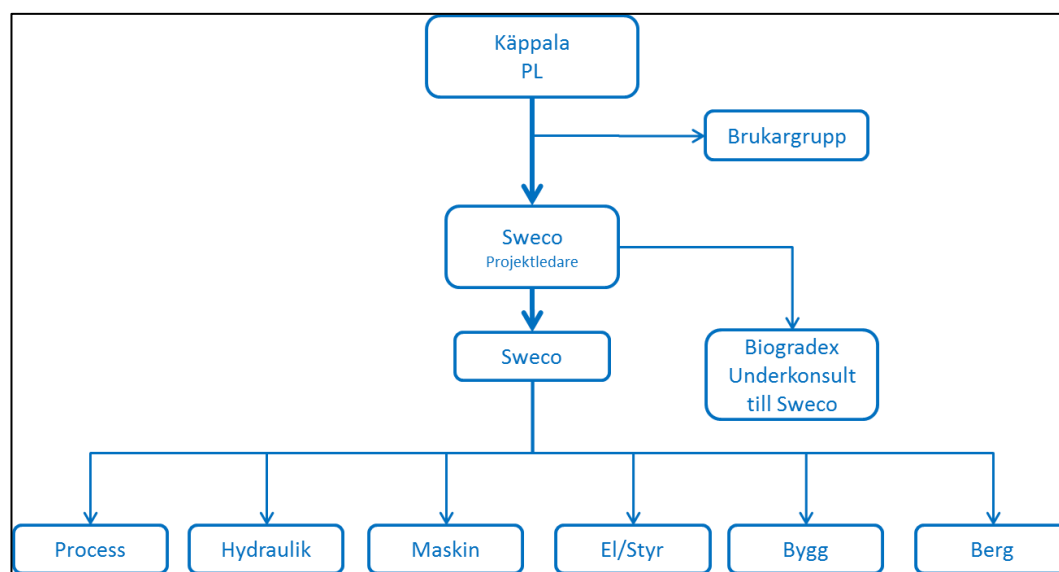
Syftet med detta projekt är att ta fram beslutsunderlag för införandet av avgasning i en försökslinje i BB11. Projektet ska svara på följande huvudfrågor:

1. Är avgasningen tillämpbar i BB11 och därmed i resten av anläggningen?
2. Vilka processtekniska förutsättningar finns för införandet av avgasning?
3. Vilka är de bergtekniska förutsättningarna för att införa avgasning och vilka åtgärder och metoder finns som kan användas vid införandet?
4. Hur skulle ett projekt läggas upp med avseende på samarbetsform med det polska företaget Biogradex?
5. Hur ser kostnadsbilden ut för investeringen i avgasningstekniken?
6. Hur ser genomförandet ut för installationen av avgasningstekniken?

Dessa huvudfrågor resoneras kring och besvaras i denna rapport.

2.3 Projektorganisation

Projektorganisationen i detta projekt redovisas i Figur 2-1.



Figur 2-1: Projektorganisation

Sweco har i projektet anlitat Biogradex som underkonsult för framtagande av design och förutsättningar för avgasningstekniken. Utformningen av avgasningsutrustningen har sedan varit underlag för arbetet att ta fram beskrivningar för bygg- och bergkonstruktioner nödvändiga för att införa avgasningen.

Ytterligare el- och maskintekniska åtgärder utöver avgasningstekniken, dvs. åtgärder i eftersedimentering och inlopp till BB11, har beskrivits av Sweco.

2.4 Läsanvisning och rapportstruktur

Kapitel 1	Sammanfattar projektet i en sammanfattning.
Kapitel 2	Beskriver bakgrunden och syftet till projektet samt redogör för projektorganisationen.
Kapitel 3	Redogör för de förutsättningar som ställts upp av Käppalaverket i uppdraget
Kapitel 4	Redovisar processdimensioneringen av BB11 inklusive dimensionerande beräkningar för det biologiska reningssteget, kvävebalanser samt syrebehov och dimensionering av eftersedimentering.
Kapitel 5	Kapitel 5 redogör för processtekniska resonemang för en framtida belastning om 900 000 pe och möjligheterna kring införandet av avgasningstekniken.
Kapitel 6	Beskriver de hydrauliska förutsättningarna för BB11 i driften som försökslinje
Kapitel 7	Beskriver åtgärder för maskininstallationer inklusive införandet av avgasningstekniken
Kapitel 8	Beskriver åtgärder för bergarbeten som är nödvändigt för att införa avgasningstekniken
Kapitel 9	Beskriver åtgärder för byggarbeten som är nödvändiga för att genomföra bergarbetet samt införa avgasningstekniken
Kapitel 10	Beskriver driften under ombyggnationen
Kapitel 11	Redovisar kostnadsbedömningar för anläggningskostnad och drift- och underhållskostnad
Kapitel 12	Beskriver en preliminär genomförande tidplan med uppskattad tidsåtgång för de olika momenten i genomförandet
Kapitel 13	Sammanfattar rapporten och diskuterar kortfattat kring resultatet
Kapitel 14	Referenser
Kapitel 15	Bilagor till rapport

3 Förutsättningar

3.1 Projektdefinitioner och mål

Uppdraget omfattar framtagande av ett principförslag för införandet av avgasning vid Käppalaverket. En viktig fråga som måste beaktas är hur åtgärder i berg ska kunna genomföras för att minimera störningar av den ordinarie driften och påverkan på befintlig anläggning. En utvecklad metod som enkelt kan tillämpas vid ytterligare utbyggnad är ett krav framför en kortsiktig lösning enbart tillämpad för BB11.

3.2 Avgränsningar

Detta projekt omfattar endast bioblock 11, BB11, och införandet av avgasningstekniken mellan luftningsbassängen och eftersedimenteringen.

3.3 Dimensionerande förutsättningar

Dimensionerande förutsättningar för uppdraget har tagits fram av Käppala och ligger till grund för utformningen av systemet för avgasning i BB11, se Tabell 3-1.

Tabell 3-1: Dimensionerande förutsättningar för BB 11.

Parameter	Enhet	Värde	Kommentar
Flöde till BB 11			
Q_{medel}	m ³ /d	18 800	
Q_{dim}	m ³ /d	27 648	
Q_{maxdim}	m ³ /d	55 296	
Koncentration efter försedimentering			
BOD ₅	mg/l	103	116 mg BOD ₇ /l, kontinuerlig mätning påbörjades 1 mars 2011.
COD	mg/l	298	
Tot-N	mg/l	46,9	
Tot-P	mg/l	5,5	

Vidare i denna utredning kommer BOD₇ att redovisas som BOD₅. Detta för att alla processtekniska beräkningar utförs med BOD₅ som utgångspunkt. Förhållandet mellan BOD₇ och BOD₅ är följande $BOD_7 = BOD_5 \times 1,15$.

3.4 Utsläppskrav

I detta principförslag förutsätts följande reningskrav för Käppalaverket:

- BOD₇ 4 mg/l
- Tot-N 5 mg/l
- Tot-P 0,2 mg/l ut från eftersedimenteringen.

0,1 mg/l ut från Käppalaverket

Dessa redovisade reningskrav ligger till grund för en kapacitetanalys av möjligheterna med införandet avgasningstekniken för Käppalaverket vid en belastning om 900 000 pe.

Slutpoleringen av SS och Tot-P behandlas ej i denna rapport.

4 Processdimensionering

4.1 Inledning

Detta avsnitt redovisar processdimensioneringen för BB11 i och med införandet av avgasningstekniken.

Biogradex har i sin processdimensionering redovisat möjligheten att öka slamhalten i luftningsbassängen upp till 4,5 - 6,0 g MLSS/l. Den högre slamhalten, 6,0 g MLSS/l, är möjlig men inte att rekommendera på grund av hög belastning på efterföljande sedimenteringssteg.

Processdimensioneringen som redovisas i följande avsnitt syftar till att beskriva konsekvenserna samt möjligheterna med en ökad slamhalt i luftningsbassängen, BB11 vid en motsvarande belastning om 700 000 pe på Käppalaverket.

Kapitel 5 redogör för vad avgasningstekniken innebär för Käppalaverket vid en belastning på 900 000 pe.

4.2 Förutsättningar

4.2.1 Belastning

Den beräknade belastningen på BB11 från försedimenteringen redovisas i Tabell 4-1. Belastningen av föroreningar är beräknad på dimensionerande flöde och angiven koncentration efter försedimenteringen, se Tabell 3-1, från Käppala motsvarande en belastning om 700 000 pe.

Tabell 4-1: Belastning på BB11, i kg/d beräknad för Q_{medel}

Parameter	Enhet	Värde BB 11	Kommentar
Q_{medel}	m ³ /d	18 800	
Q_{dim}	m ³ /d	27 648	
Q_{max}	m ³ /d	55 296	
COD	kg/d	5 602	
	mg/l	298	
BOD₅	kg/d	1 936	
		103	
Tot-N	kg/d	863	
		45,9	
Tot-P	kg/d	103	
		5,5	

Parameter	Enhet	Värde BB 11	Kommentar
SS	kg/d	2 181	
		116	1 g BOD ₇ = 1 gSS
BOD ₅ /Tot-N	-	2,2	
BOD ₅ /Tot-P	-	18,7	
SS/BOD ₅	-	1,1	

För en biologisk reningsprocess är förhållandet mellan organiskt material och närsalter som kväve och fosfor viktigt för bakteriernas livsbetingelser. Vanligtvis anses ett förhållande på 100:5:1 för BOD:N:P vara nödvändigt för bakterietillväxt. Detta innebär att för 100 mg BOD som ska brytas ner krävs 5 mg N och 1 mg P. Detta är dock ingen absolut sanning men bör beaktas vid utformning av ett biologisk reningssteg. Tabell 4-2 redovisar erfarenhetsvärden för bedömning av effektiviteten i en biologisk rening för närsaltsreduktion.

Tabell 4-2: Riktlinjer, effektivitet på biologisk närsaltreduktion

Effektivitet	BOD ₅ :Tot-N	BOD ₅ :Tot-P
Låg	<2.5	15-20
Medel	2.5-3.5	20-25
Hög	>5	>25
Beräknad för BB11	2,2	18,7

BOD₅/Tot-N och BOD₅/Tot-P kvoterna in till den biologiska reningen visar på låg effektivitet för biologisk närsaltreduktion, dvs. förutsättningarna för biologisk kvävereduktion är mindre bra. Detta kan visas sig i kolbrist in till det biologiska reningssteget som minskar möjligheterna till långtgående kväverening och det kan därmed vara aktuellt att tillsätta extern kolkälla. De framtida kraven på extern kolkälla resoneras kring i Kapitel 5.

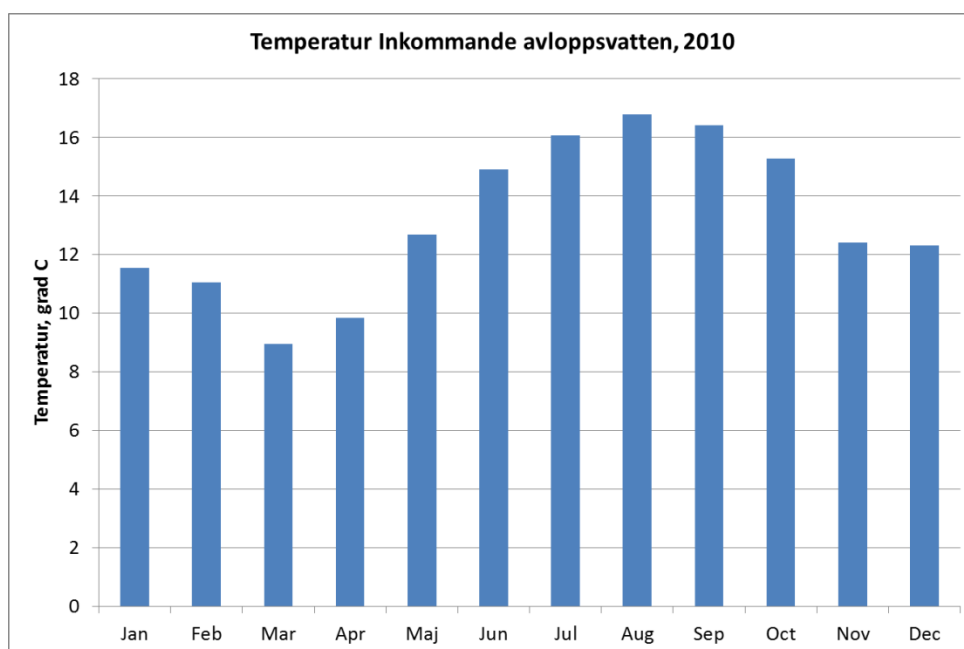
4.2.2 Temperatur

Vid de dimensionerande beräkningarna har temperaturen baserad på mätningar på inkommande avloppsvatten för perioden augusti 2009 till oktober 2011 använts, sammanställt i Tabell 4-3. Totalt innebär mätningarna ca 800 observationer, ett statistiskt sett bra underlag.

Tabell 4-3: Temperatur inkommande avloppsvatten.

Parameter	Enhet	Min	Medel	Max
Temperatur	°C	7,3	13,5	17,0

Figur 4-1 redovisar avloppsvattnets temperatur som månadsmedelvärden för år 2010.



Figur 4-1: Inkommande temperatur efter silar, månadsmedelvärden för år 2010.

Temperaturen kommer att användas för kapacitetsbedömningen av kvävereningen samt vid beräkning av syrebehovet, båda temperaturberoende, för BB11.

4.2.3 Processtrategi

Den biologiska reningen kommer, precis som i dagsläget, att drivas för biologisk kvävereduktion i fördenitrifikation med simultanfällning för reduktion av fosfor. Järnsulfat tillsätts idag returslamströmmen och blandas således in i luftningsbassängerna via returslammet.

Det biologiska reningssteget utformas med flexibla zoner för anoxa och oxiska förhållanden där antalet luftade eller oluftade zoner kan varieras efter behov.

4.2.4 Simultanfällning

Den nya biologiska reningen utformas för simultanfällning, där fällningskemikalie tillsätts i returslamströmmen. Detta kommer att inverka på den biologiska reningen med en ökad mängd inert material i det aktiva slammet, dvs. totalt sett en lägre organisk halt, avläses i kvoten MLSS/MLVSS.

Parametrar för simultanfällningen redovisas i Tabell 4-4. Käppala doserar i nuläget i medel ca 11,0 g Me/m³ för simultanfällning. Denna dos har använts i de dimensionerande beräkningarna för BB11.

Slamproduktionen till följd av simultanfällningen är beräknad enligt 2,7 g SS/g Fe tillsatt (ATV, 2000).

Tabell 4-4. Simultanfällning för fosforreduktion

Parameter	Enhet	Värde nuläget	Värde 4 gMLSS/L	Värde 6 g MLSS/l
Vald dos	g Me/m ³	11,0	11,0	11,0
Fällningskemikalie		FeSO ₄	FeSO ₄	FeSO ₄
Kemikalie dos	kg Me/d		207	207
Specifik slamproduktion	g SS/g Me		2,7	2,7
Kemslamproduktion ¹	kg SS/d		558	558

Kemslammet från simultanfällningen måste räknas in i den totala slamproduktionen för beräkningen av slamåldern.

4.3 Processdimensionering BB 11

En processdimensionering har utförts för att utreda kapaciteten på BB11, motsvarande en total belastning på Käppalaverket uppgående till 700 000 pe.

Processdimensioneringen har utgått från de uppsatta belastningarna som projektet kräver på BB 11 och syftar till att utreda vilken slamhalt som är nödvändig för att nå önskade reningskrav, enligt avsnitt 3.4.

Dimensioneringen av det biologiska reningssteget bygger på de tyska dimensioneringsstandarderna ATV-DVWK-A 131E, *Dimensioning of Single-Stage Activated Sludge Plants* (ATV, 2000), den norska dimensioneringsvägledningen, Norsk Vann Rapport 168:2009, Swecos egen dimensioneringsstandard, Biogradex erfarenheter av utformning av avgasnings anläggningar samt drifterfarenheter från Käppala och den befintliga processdimensioneringen.

¹ Beräknad på Q_{medel}

Dimensionerande parametrarna för den biologiska reningen redovisas i Tabell 4-5. Värdena bygger i största möjliga mån på den befintliga anläggningen, men standardvärden har använts där det funnits tillämpligt. Värden för nitrifikations- och denitrifikationshastigheter har beräknats för den dimensionerande temperaturen.

Lägsta dimensionerande temperatur är 9 °C för att hålla den luftade slamåldern. Genom att tillgodose slamåldern och därmed tillgången på nitrifierare kan fullständig nitrifikation antas.

Dimensionerande slamålder beräknas proportionellt mot processtemperaturen enligt ATV:

$$\theta_{aerob,dim} = SF \times 3,4 \times 1,103^{(15-T)} \quad \text{Ekv. 4-1}$$

Där 3,4 utgörs av det reciproka värdet av den maximala netto tillväxttakten för ammoniumoxiderare (Nitrosomonas) vid 15 °C samt en faktor 1,6. Den sistnämnda faktorn, 1,6, säkerställer att en tillräcklig mängd med nitrifierare kan utvecklas, förutsatt att det är tillräcklig syretillförsel och inga andra negativa faktorer. SF är en säkerhetsfaktor, satt till 1,8, och T är dimensionerande temperatur, satt till 9 °C resulterande i en aerob slamålder på 10 dygn.

Den teoretiska slamåldern innehåller säkerhetsfaktorer. Som jämförelse har konstaterats att Bromma RV har en total slamålder på ca 6 dygn motsvarande en aerob slamålder om ca 5 dygn vintertid, vid en temperatur om 12 °C, med en mer eller mindre fullständig nitrifikation. Teoretisk aerob slamålder skulle då för Bromma RV vara 8,2 dygn. I denna processdimensionering har Ekv. 4-1 använts för att bestämma den dimensionerande slamåldern inklusive en säkerhetsfaktor på 1,8.

Luftningsbassängerna utformas med anox och ox zoner med möjlighet att anpassa den luftade och oluftade delen efter rådande förutsättningar. Genom att dela in den luftade delen i olika skilda zoner kan antalet luftade zoner anpassas efter belastningen på avloppsreningsverket. Luftade zoner kan stängas av helt under låg belastning till förmån för oluftade förhållanden. Under årets kalla månader kan anox/ox-zonen ställas om till att enbart drivas som ox-zon för att säkerställa tillräcklig luftad slamålder för nitrifikation. I detta fall kommer denitrifikationen att bli lidande då volymen på anox-zonen minskar, men detta kan kompenseras genom att nyttja exempelvis efterdenitrifikation. Processtrategin är dock klar att kvävereningen ska klaras av på årsbasis, vilket innebär att kvävereningen kan tillåtas gå sämre under årets kalla månader för att sedan kompenseras under varmare perioder.

Tabell 4-5. Dimensionering av BB11

Parameter	Enhet	Värde
Dimensionerande lägsta temperatur	°C	9,0
Krav aerobslamålder	d	11
Nitrifikationshastighet	g NH ₄ -N/kgVSS,h	1,6
Denitrifikationshastighet	g NO ₃ -N/kgVSS,h	1,1
N i slam	% av VSS	8
P i slam	% av VSS	1,5
N inert	% av N inkommande	1,5
Slamhalt luftningsbassäng	g MLSS/l	4,5-6,0
Organisk halt	% VSS	65
Överskottsslamproduktion	kg MLSS/kgBOD _{5, red}	0,7
Överskottsslamproduktion	kg MLSS/d	1 355
Kemslamproduktion	g SS/g Me doserad	2,7
	kg MLSS/d	558
Total Slamproduktion	kg MLSS/d	1 914
Antal linjer	st	1
Djup luftningsbassänger	m	10
Anox volym	m ³	6 994
Anox/ox volym	m ³	2 200
Aerob volym	m ³	8 800
Deox volym	m ³	660
Total volym biologisk rening	m³	18 654

De anläggningstekniska förutsättningarna för luftningsbassängen, BB11, är begränsade av den faktiska storleken på luftningsbassängen. Zonindelningen, med anoxa och aeroba zoner, förutsätts bibehållas enligt nuvarande uppdelning med möjlighet att nyttja den alternerande anox/ox zonen efter behov.

Baserat på de designparametrar som redovisats ovan i Tabell 4-5 kan kontrollparametrar för den biologiska reningen beräknas, se Tabell 4-6.

Tabell 4-6: Processparametrar biologisk rening, BB11.

Parameter	Enhet	Värde	Värde	Värde
Slamhalt luftning	g MLSS/l	4,0	5,0	6,0
Volym ox	m ³	8 800	8 800	8 800
Volym anox	m ³	9 194	9 194	9 194
Deox	m ³	660	660	660
Volym total	m ³	18 654	18 654	18 654
F/M-kvot	kg BOD ₅ /kgVSS,d	0,025	0,021	0,017
Uppehållstid, total Q _{dim}	h	23,8	23,8	23,8
Uppehållstid, total Q _{maxdim}	h	16,2	16,2	16,2
Total slamålder	d	39,0	48,7	58,5
Aerob slamålder	d	18,4	23,0	27,6

Slamproduktionen har beräknats enligt ATV modellen via SS/BOD-belastningen och dimensionerande total slamålder.

Dimensioneringen visar att det för den aktuella belastningen, motsvarande 700 000 pe, finns en stor överkapacitet i BB11 med avseende på upprätthållande av kritisk slamålder.

4.3.1 Kvävebalans

Kvävereduktionen i BB11 kommer att bero på temperaturen på avloppsvattnet, inkommande kvävemängd, slamhalten i luftningsbassängen och tillgången på organiskt material. Baserat på den processdimensionering som utförts för BB11 har en kvävebalans beräknats för den dimensionerande belastningen och temperaturen 9 °C, se Tabell 4-7. I kvävebalansen har förutsatts att allt inkommande Tot-N görs tillgängligt som NH₄-N i den biologiska reningen. Nitrifikationspotentialen baseras på kravet om aerob slamålder. Om slamåldern är uppfylld anses fullständig nitrifikation erhållas.

I en fördenitrifikationsprocess med en nitratrecirkulation som uppgår till 400 % kan Tot-N reduktionen maximalt uppgå till 80 %. Rent teoretiskt kan en lägre Tot-N halt erhållas genom en ökning av nitratrecirkulationen, men rent praktiskt innebär en ökning av nitratreturen stora utmaningar.

Tabell 4-7: Kvävebalans BB11 för 4, 5 och 6 g MLSS/l i luftningsbassängen

Parameter	Enhet	Värde 4 g MLSS/L	Värde 5 g MLSS/l	Värde 6 g MLSS/l
Tot-N in till BB11	kg N/d	863	863	863
Tot-N till överskottsslam	kg N/d	70	70	70
Tot-N inert	kg N/d	13	13	13
Tot-N tillgänglig för nitrifikation	kg N/d	779	779	779
Nitrifikationspotential	kg N/d	779	779	779
NO ₃ -N tillgängligt	kg N/d	779	779	779
NO ₃ -N återfört via nitratrecirk, 400 %	kg N/d	624	624	624
NO ₃ -N ej återfört	kg N/d	156	156	156
Denitrifikationspotential	kg N/d	631	789	947
NH ₄ -N återstående	kg N/d	0	0	0
NO ₃ -N återstående	kg N/d	0	0	0
Tot-N återstående	kg N/d	156	156	156
	mg/l	8,3	8,3	8,3

Processdimensioneringen visar att det inte är några problem att upprätt hålla den aeroba slamåldern i BB11 i och med införandet av avgasningstekniken för en belastning motsvarande 700 000 pe. BB11 har vid denna belastningen en överkapacitet med fullständig nitrifikation, där allt återfört nitrat denitrifieras. En utgående kvävehalt om 8,3 mg Tot-N/l uppnås i utgående renat avloppsvatten, begränsat av nitratreturen.

Frågan som då måste ställas är hur högt BB11 kan belastas för att utnyttja kapaciteten och processlösningen optimalt. Både nitrifikations- och denitrifikationspotentialen i BB11 ökas markant med en ökad slamhalt i luftningsbassängen. Begränsningen för kvävereningen ligger i processutformningen med fördenitrifikation. För att nå lägre Tot-N halter i utgående renat avloppsvatten måste ytterligare åtgärder till, exempelvis ett efterdenitrifikationssteg.

I kapitel 5 diskuteras möjligheterna för Käppalaverket med en belastning på 900 000 pe och ett införande av avgasningstekniken.

Något som måste beaktas för fördenitrifikationen är tillgången på kol. Enligt tidigare resonemang, avsnitt 4.2.1, finns risk för kolbrist och därmed en försämrad kväverening.

Dock finns möjligheter till att lösa även detta problem. Genom att omstrukturera luftningsbassängerna kan t.ex. en volym för returslamhydrolys läggas in som i sig kommer att producera lättillgängligt kol till denitrifikationen och på så sätt minska risken för kolbrist till kvävereningen. Returslamhydrolys kan även inducera biologisk fosforreduktion vilket skulle innebära att simultanfällningen skulle kunna minskas och på så sätt få upp den organiska slamhalten i luftningsbassängen, vilket i sin tur skulle ytterligare öka kapacitet.

Möjligheterna med detta är dock avhängig av resultatet från införandet av avgasningen och baserat på utfallet av försökslinjen i BB11 finns goda utsikter för att nyttja befintliga volymer i Käppalaverket som ett steg för att möta framtida krav på anläggningen.

4.4 Dimensionering eftersedimentering

Biogradex har bedömt kapaciteten i eftersedimenteringen baserat på slamhalten i luftningsbassängen och den hydrauliska belastningen på BB11. Enligt Biogradex analys, sammanfattad i Tabell 4-8, är det möjligt att upprätthålla en slamhalt på 6 mg MLSS/l i luftningsbassängen utan att överbelasta eftersedimenteringen.

Tabell 4-8: Kapacitetsanalys eftersedimentering.

Parameter	Enhet	Värde	Värde	Värde
Flöde	m ³ /d	18 800	27 650	55 000
Area				
eftersedimentering	m ²	1 440	1 440	1 440
Slamhalt	kg/m ³	6,0	5,0	3,0
Slamytbelastning	kg MLSS/m ² ,d	78	96	115
	kg MLSS/m ² ,h	3,25	4,00	4,79

Dimensioneringen av eftersedimenteringsbassängerna utgår från den hydrauliska belastningen samt dimensioneringen av aktivslamsteget och de slamhalter som angivits. Biogradex dimensioneringen och deras erfarenhet av avgasningstekniken visar att slamhalter på 6,0 g MLSS/l är möjliga men ej att rekommendera vid höga flöden. Vid höga flöden kommer slammet att ansamlas i eftersedimenteringen med en resulterande lägre slamhalt i luftningsbassängen som följd.

4.4.1 Syrebehov BB11

Då BB11 förväntas drivas med en högre slamhalt än i nuläget måste även syrebehovet för BB11 ses över. Med en ökad belastning på BB11 och ökad slammängd i luftningsbassängerna kan syrebehovet för den biologiska processen beräknas. Detta avsnitt redovisar beräkningsgången samt syrebehovet för BB11 i och med införande av avgasningen.

En beräkning av erforderligt syrebehov för en biologisk reningsprocess utförs i två steg. Nettosyrebehovet (Actual Oxygen Requirement - AOR) kan beräknas med utgångspunkt från uppgifter om:

- Tillförsel av BOD (BOD-belastning) och reningsgrad
- Syrebehov per oxiderad mängd BOD
- Organisk slamhalt i luftningsbassängen
- Endogen respiration hos det aktiva slammet
- Nitrifikation och Denitrifikation

Eftersom data för luftningsutrustningar ofta är angivna för syrefritt renvatten vid en viss temperatur (t.ex. 20 °C), måste man ta hänsyn till att luftningen sker i avloppsvatten med en viss syrehalt och därför beräkna syresättningen i så kallade standardbetingelser (SOR eller SOTR) i ett andra beräkningssteg. För att undvika missförstånd med leverantörer och entreprenörer anges som regel syrebehovet i SOTR, dvs. luftningsbehovet i renvatten, som kan kontrolleras med syresättningstest i samband med idrifttagandet.

I facklitteraturen finns det en mängd olika beräkningsmodeller för beräkning av syresättningsbehovet för aktivt slamanläggningar. En ofta använd modell är den som redovisas i Kapitel 5 i W.W. Eckenfelder Jr, "Industrial Water Pollution Control" (Second Edition, New York, McGraw-Hill, 1989). Denna modell har även använts i detta fall enligt följande redovisning. Beräkningen av syresättningsbehovet sker i två steg: I första steget beräknas syrebehovet i avloppsvatten, AOR, som sedan översätts till syrebehovet i renvatten, SOTR via ansatser om luftarsystemets egenskaper.

Det går åt en mindre mängd syre för att syresätta renvatten än för att syresätta avloppsvatten. Vid beräkning av SOTR används därför omvandlingsfaktorer för att konvertera AOR till SOTR, som sedan i regel används vid upphandling av luftningsutrustning från leverantörer. En luftmängd enligt SOTR, för en motsvarande luftmängd i AOR, kommer därför alltid att vara större än AOR. Det beräknade luftflödet för SOTR kan heller inte direkt översättas till AOR.

Syrebehovet i avloppsvatten beräknas enligt:

$$AOR = a' \cdot BOD_5 + b' \cdot VSS \cdot X_0 + c' \cdot NH_4 - N_{ox} - d' \cdot NO_3 - N_{red} \quad \text{Ekv. 4-3}$$

Där:

AOR	Syrebehovet i avloppsvatten i kg O ₂ /d,
a'	Den specifika syreförbrukningen vid oxidation av 1 kg BOD ₅ , anges i kg O ₂ /kg BOD ₅ , ox ca 0,6;
BOD _{5,ox}	Den totala mängden BOD ₅ som oxiderats (avverkats) under ett dygn, anges i kg O ₂ /d;
b'	Den specifika endogena respirationen, anges i kg O ₂ /kg VSS/d. Ökar med ökande temperatur; 0,06-0,15
VSS x V ₀	Mängden aktivt slam i systemet, här uttryckt som koncentrationen i omrörd reaktor, kg VSS;
c'	Den specifika syrekonsumtionen vid oxidation av 1 kg NH ₄ -N till NO ₃ -N; = 4,59 kg O ₂ /kg NH ₄ -N;
NH ₄ -N _{ox}	Mängden ammoniumkväve som oxideras till nitratkväve, i kg NH ₄ -N/d;
d'	Den specifika "syreåtertagningen" vid reduktion av 1 kg NO ₃ -N till N ₂ och övriga reduktionsprodukter, = 2,86 kg O ₂ /kg NO ₃ -N/d;
NO ₃ -N _{red}	Mängden nitratkväve som reducerats, i kg NO ₃ -N/d

Syresättningsbehovet i renvatten, vid så kallade standardbetingelser, beräknas enligt följande formel:

$$SOTR = \frac{1}{\alpha} \cdot \frac{C_{20}}{(\beta \cdot C_{S,T} - C_L)} \cdot 1,024^{(20-T)} \cdot AOR \quad \text{Ekv. 4-4}$$

Där:

SOTR	Syrebehovet i renvatten, kg O ₂ /d
C ₂₀	Syremättnadsvärdet i renvatten vid 20 °C, i g O ₂ /m ³ , beräknas enligt C ₂₀ =C _{ST20} X(1+0,035xh)
C _{ST20}	Tabellvärde, syremättnad vid 20 °C och vid havsnivå
β	Förhållandet mellan syremättnadsvärdet i avloppsvatten och renvatten, ca 0,95
C _{S,T}	Syremättnadsvärdet i renvatten vid temperaturen T °C, beräknas via C _{S,T} = C _{ST} X(1+0,035x(h-0,25))
C _{ST}	Tabellvärde, syremättnad vid temperatur T vid havsnivå
CL	Syreöverskottet i reaktorn vid luftning, i g O ₂ /m ³
α	Förhållandet mellan syreöverföringskoefficienterna från gasfas till vätskefas i avloppsvatten och renvatten, vanligtvis 0,6 för finblåsiga membranluftare och konventionella slamhalter. α-värdet minskar vid ökad slamhalt och måste kompenseras i och med införandet av avgasningstekniken.
1,024 ^(T-20)	Temperaturkorrigering för syresättningen vid temperaturen T °C.
h	Bassängdjup

Syrebehovet och erforderliga luftmängder har beräknats för ovan redovisad biologisk reningsprocess enligt metoden, Ekv. 4-3 och 4-4, ovan.

Beräkningen av syrebehovet har utförts för processalternativet utan förfällning vid temperaturerna 7, 9 respektive 16°C. Skulle förfällning användas minskar den organiska belastningen på det biologiska reningssteget vilket även påverkar syrebehovet men även behovet av extern kolkälla.

Beräkningen av syrebehovet förutsätter finblåsiga gummimembranluftare som används i befintlig anläggning. α -värde minskar med ökad slamhalt, vilket är tydligt för slamhalter på ca 10 000 mg SS/l och över. Avgasningstekniken innebär inte några extrema slamhalter varför ett α -värde på 0,6 har använts.

Överföringskoefficienten β , dvs. förhållandet mellan syremättnadsvärdet i avloppsvatten och renvatten kommer att variera med inkommande avloppsvatten. β – värdet för ett mer utspätt avloppsvatten skiljer sig jämfört med ett outspätt avloppsvatten. För SOTR-beräkningen har ett β -värde på 0,95 använts.

Tabell 4-9 redovisar parametrar använda för beräkning av syrebehovet för BB11 vid olika slamhalter och temperaturer. Analogt för beräkningen av nödvändig kvävereduktion antas här att hela Tot-N mängden, förutom andelen ej nedbrytbart, är tillgänglig som NH_4 via hydrolys i luftningsbassängerna. Syrebehovet är beräknat över ett intervall, min, dim och max behov med min-max temperatur och en viss variation i belastningen av föroreningar på det biologiska reningssteget.

Tabell 4-9: Dimensionering total syresättningskapacitet, SOTR, för BB11.

Parameter	Enhet		Min	Medel	Max
Belastning					
Temperatur		°C	7	9	16
BOD ₅		kg/d	1 936	1 936	1 936
NH ₄ -N		kg/d	863	863	863
Flöde, Q _{medel}		m ³ /h	783	783	783
Luftningsvolym					
Djup	D	m	12	12	12
Area	A	m ²	917	917	917
Volym aerob	V	m ³	11 000	11 000	11 000
Beräkningsparametrar AOR					
BOD reduktion	BODn	%	95	95	95
Nitrifikation	Nn	%	100	100	100

Parameter		Enhet	Min	Medel	Max
Denitrifikation ²	DNn	%	80	80	80
Slamkoncentration	VSS _m	kg MLVSS/m ³	2,6-3,9	2,6-3,9	2,6-3,9
BOD respiration	a*	kg O ₂ /kg BOD,d	0,6	0,6	0,6
Endogen respiration	b*	kg O ₂ /kg VSS,d	0,06	0,08	0,15
Ammonium oxidations faktor	c*	kg O ₂ /kg NH ₄	4,59	4,59	4,59
Denitrifikations koefficient	d*	kg O ₂ /kg NO ₃	2,86	2,86	2,86
Beräkningsparametrar SOTR					
α-koefficient	α	-	0,6	0,6	0,6
β-koefficient	β	-	0,95	0,95	0,95
DO koncentration luftningsbassäng	C	mg/l	4 ³	2	2
Syremättnad	C ₂₀	mg/l	12,89	12,89	12,89
	C _{S,T}	mg/l	17,1	16,3	14,52
	C _{st20}	mg/l	9,08	9,08	9,08
	C _{st}	mg/l	12,12	11,55	10,29
Syreinhåll i luft	Oluft	kg O ₂ /Nm ³	0,25	0,25	0,25
Specifik syresättningskapacitet	S _E	%/m ³ ,m	6	6	6
Specifik syresättningskapacitet	S _s	kg O ₂ /m ³ , m	0,015	0,015	0,015
Diffusordjup	D	m	11,8	11,8	11,8

Syrebehovet redovisas i Tabell 4-10 som ett intervall för temperaturfallen beskrivna i Tabell 4-9 samt för en slamhalt mellan 4,0 och 6,0 mg MLSS/l. Detta för att utröna om kapaciteten i befintligt luftarsystem är tillräckligt. Syrebehovet är inklusive oxidation av tvåvärt till trevärt järn i simultanfällning. Detta syrebehov är normalt försumbart mot syrebehovet för den biologiska reningsprocessen.

² Endast fördenitrifikation

³ Vintertid används en högre syrekonzentration, ca 2-4 mg O₂/l.

Tabell 4-10: Syrebehov BB11.

Parameter	Enhet	Värde	Värde
Slamhalt	mg MLSS/l	4,0	6,0
α -värde		0,6	0,6
Temperatur	°C	7	16
Syreöverskott luftning	mg O ₂ /l	4,0	2,0
AOR	kg O ₂ /d	4 806	9 525
SOTE	%	6,0	6,0
SOTR	kg O ₂ /d	10 611	22 745
Luftflöde	Nm ³ /h	2 478	5 312
Antal luftarmembran	st	1 243	1 243
Spec. luftflöde	Nm ³ /luftarelement/h	1,99	4,27

Syrebehovet för BB11 är beräknat till 10 611- 22 745kg SOTR/d vilket motsvarar ett luftflöde på 2 478- 5 312 Nm³/h eller ca 1,99-4,24 Nm³/luftarelement/h. Den befintliga anläggningen är utrustad med Sanitaire luftarmembran har en kapacitet mellan 0,8 och 6,8 Nm³/luftarelement/h och således anses att luftarsystemet klarar av en ökad slamhalt i luftningsbassängen utan åtgärd.

Blåsmaskinerna i Käppala har enligt uppgift god kapacitet och kan, för införandet av avgasning i BB11, anses vara tillräckliga. I ett framtida scenario där fler linjer utrustas med avgasning kan det vara aktuellt att se över behovet och kapaciteten på befintliga blåsmaskiner.

I ett jämförande exempel kan beräkningen för BB11 utföras med en belastningsökning på BB11 om 25 % motsvarande en totalbelastning på Käppalaverket uppgående till 900 000 pe. Detta skulle resultera i ett syrebehov på 12 316-24 590 kg O₂/d och ett specifikt luftflöde på 2,31-4,62 Nm³/luftarelement/h. Ytterligare åtgärder för blåsmaskiner har inte bedömts för detta fall.

4.4.2 Omrörning BB11

Ökning av slamhalt upp till 6,0 kg MLSS/m³ i BB11 förväntas inte medföra någon förändring av viskositeten i det aktiva slammet. Vid kontakt med leverantören av omrörarna i BB11, av fabrikatet Japrotek Jamix GH-60, konstaterades att en ökning av slamhalten inte innebär någon effekt på befintliga omrörare.

5 Käppalaverket 900 000 pe

5.1 Inledning

Detta avsnitt resonerar kring möjligheterna för Käppalaverket att med införandet av avgasningen möta en framtida belastning upp till 900 000 pe samt skärpta reningskrav.

Huvudsyftet med detta projekt är att utreda möjligheterna och kostnaderna för att införa avgasningstekniken i BB11 vid Käppalaverket och fokus ligger således på den tekniska lösningen.

I ett längre perspektiv är det dock intressant att se hur långt Käppalaverket kan nå enbart genom införandet av avgasningstekniken.

Detta avsnitt syftar till att översiktligt redogöra för möjligheterna med införandet av avgasningstekniken vid Käppalaverket och vad detta skulle innebära i det fall belastningen på Käppalaverket ökar till 900 000 pe.

5.2 Förutsättningar

Den dimensioneringshorisonts som diskuterats för Käppalaverket har inneburit en maximal belastning på 900 000 pe. Denna rapport syftar inte till att fullständigt utreda vad 900 000 pe innebär för Käppalaverket men med hjälp av relativt enkla resonemang kan konsekvensen av 900 000 pe belysas med utgångspunkt från detta projekt och införandet av avgasningstekniken.

5.2.1 Dimensionerande belastning

Den dimensionerande belastningen på Käppalaverket kan uttryckas via den specifika belastningen, se Tabell 5-1.

Belastningen på den biologiska reningen har beräknats med en antagen reduktion över försedimenteringen.

Tabell 5-1: Specifik belastning samt beräknad belastning på Käppalaverket 900 000 pe

Parameter	Specifik belastning	Belastning inlopp	Reduktion försed.	Belastning biosteg
Enhet	g/pe,d	kg/d	%	kg/d
Anslutning		900 000		
BOD ₇	70	63 000	30	44 100
Tot-N	12,0	10 800	0	10 800
Tot-P	1,5	1 350	30	1 215
SS	70	63 000	40	37 800

Denna enkla analys av situationen vid Käppalaverket med en belastning på 900 000 pe men är användbar ur ett resonerande perspektiv.

5.2.2 Utsläppskrav

Utsläppskraven för Käppalaverket förväntas skärpas och för att utvärdera möjligheterna med avgasningstekniken vid en belastning av 900 000 pe förutsätts följande utsläppskrav:

- **Tot-N:** 5 mg/l som årsmedelvärde
- **Tot-P:** 0,2 mg/l som årsmedelvärde ut från eftersedimentering

Övriga utsläppskrav, BOD₇, SS etc., kan i detta avseende ointressant. Enkelt resonerat kan sägas om Tot-N och Tot-P kraven uppnås så måste även BOD₇ och SS kraven vara uppfyllda.

Den kritiska parametern är Tot-N kravet på 5 mg Tot-N/l som årsmedelvärde och fokus i detta avsnitt ligger på Tot-N reduktionen och vad som är möjligt inom tillgängliga volymer i och med införandet av avgasningen.

5.2.3 Anläggningstekniska förutsättningar

En av fördelarna med avgasningstekniken är att kapaciteten på den biologiska reningen kan ökas inom befintliga volymer. De volymer som finns tillgängliga för biologisk rening i Käppalaverket är enligt följande:

- **BB 1-5:** 5 bassänger om totalt 52 500 m³
- **BB 6-11:** 6 bassänger om totalt 97 400 m³
- **Total biovolym:** 11 bassänger om totalt 149 900 m³

Zonindelningen är inte så intressant att redovisa i förutsättningarna, huvudsaken är den tillgängliga volymen och hur denna kan användas för att nå uppsätta utsläppskrav.

Käppalaverket drivs med fördenitrifikation och har en begränsning i möjlig kvävereduktion i nitratrecirkulationen. I dagsläget uppgår nitratrecirkulationen till 400 % av Q_{dim} vilket är ett normalt värde för nitratrecirkulationen i en fördenitrifikationsprocess.

5.3 Processtekniska beräkningar

5.3.1 Förutsättningar

Från ett processtekniskt perspektiv finns flera olika sätt att utforma det biologiska reningssteget på för att möta en ökad belastning upp till 900 000 pe. Följande förutsättningar är antagna för analysen:

- Den biologiska reningen förväntas drivas med aktivslamprocess med avgasning av det aktiva slammet innan eftersedimenteringen enligt de förutsättningar som redovisats i denna rapport. Detta innebär att det biologiska reningssteget kan drivas med en maximal slamhalt, MLSS; på 6 gMLSS/l.

- Den biologiska reningen förväntas drivas med simultanfällning. Detta resulterar i att VSS-halten förväntas ligga på omkring 65 % i det aktiva slammet. Här finns möjlighet att studera vad ett annat driftsätt skulle innebära för Käppala. Möjlighet finns att nyttja förfällning för att på så sätt minska belastningen på den biologiska reningen och öka den organiska halten och på så sätt den biologiska kapaciteten.
- Om Aerob slamålder är uppnådd innebär detta fullgod tillgång på nitrifierare och fullständig nitrifikation kan förväntas.
- Den biologiska reningen förväntas drivas i största möjliga mån med en fördenitrifikationsprocess. Fördenitrifikationen tillåter 400 % recirkulation från ox till anox, motsvarande 80 % av den nitratmängd som lämnar ox-zonen. Detta innebär att en viss mängd nitrat inte kommer att denitrifieras. Frågan är hur långt denna processlösning kan nå.

Rent teoretiskt är det omöjligt att enbart med en fördenitrifikationsprocess nå låga Tot-N värden utan att gå upp i orimliga nitratreturer. Teoretiskt finns möjligheten att öka nitratreturen, men rent praktiskt innebär detta problem att återföra stora mängder vatten.

Ur dessa förutsättningar kan följande krav på den biologiska reningen ställas:

1. Det primära kravet är att säkra nitrifikationen och detta kan anses vara uppnått om den aeroba slamåldern är tillräckligt hög.
2. Fördenitrifikationen ska utnyttjas i största möjliga mån, med en maximal nitratretur motsvarande 400 % av Q_{dim} .

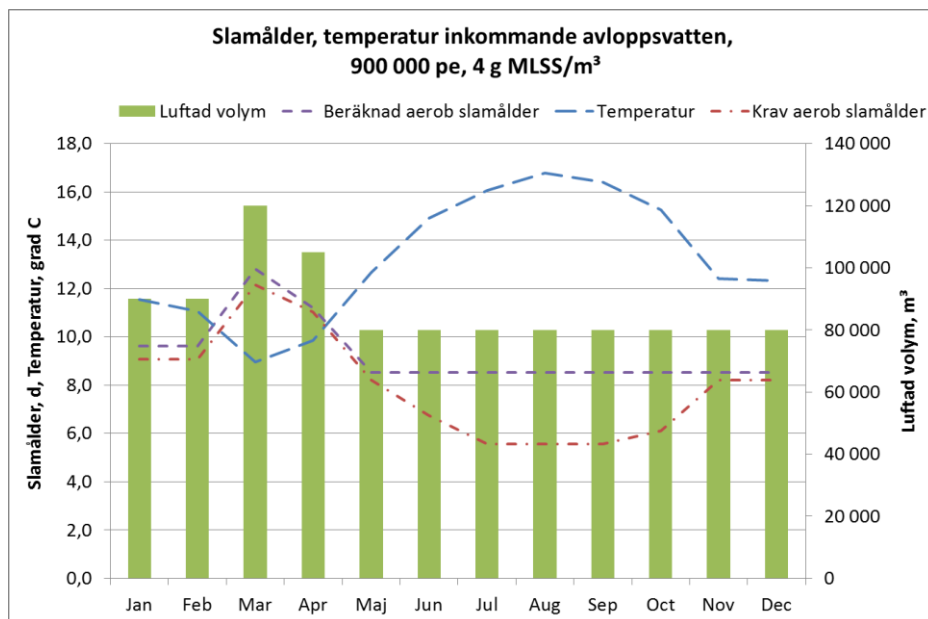
Dessa krav kommer att vara avgörande vad som är möjligt med befintliga volymer samt vilka åtgärder som är nödvändiga för att nå ställda reningskrav med avseende på kvävereningen. Följande stycken resonerar kring förutsättningarna.

5.3.2 Krav 1 - Slamålder

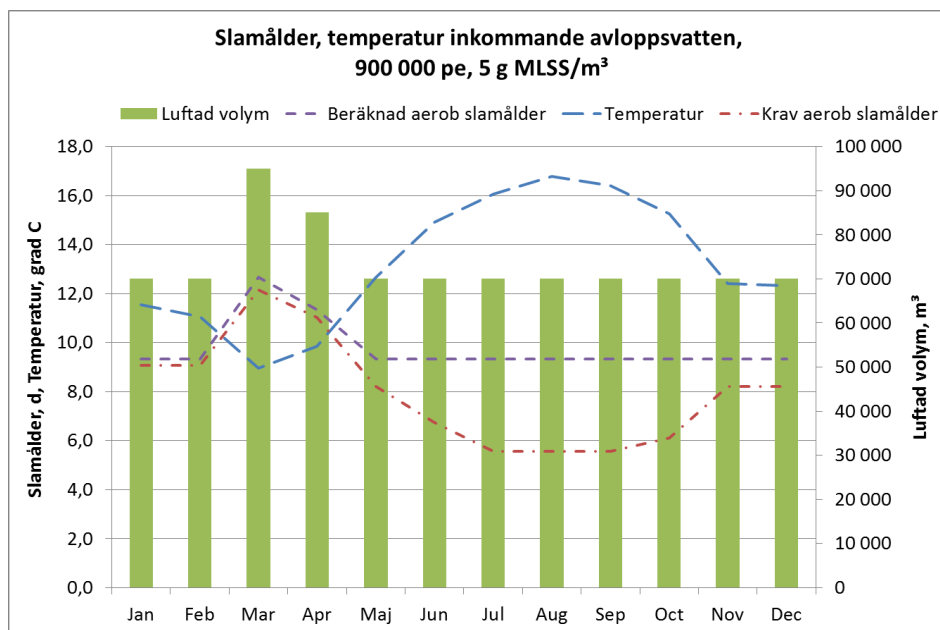
Kravet på aerob slamålder samt beräknad möjlig slamålder har på årsbasis med utgångspunkt från ovan redovisade förutsättningar har analyserats för följande fall:

1. 4 g MLSS/l i luftningsbassängen
2. 5 g MLSS/l i luftningsbassängen
3. 6 g MLSS/l i luftningsbassängen

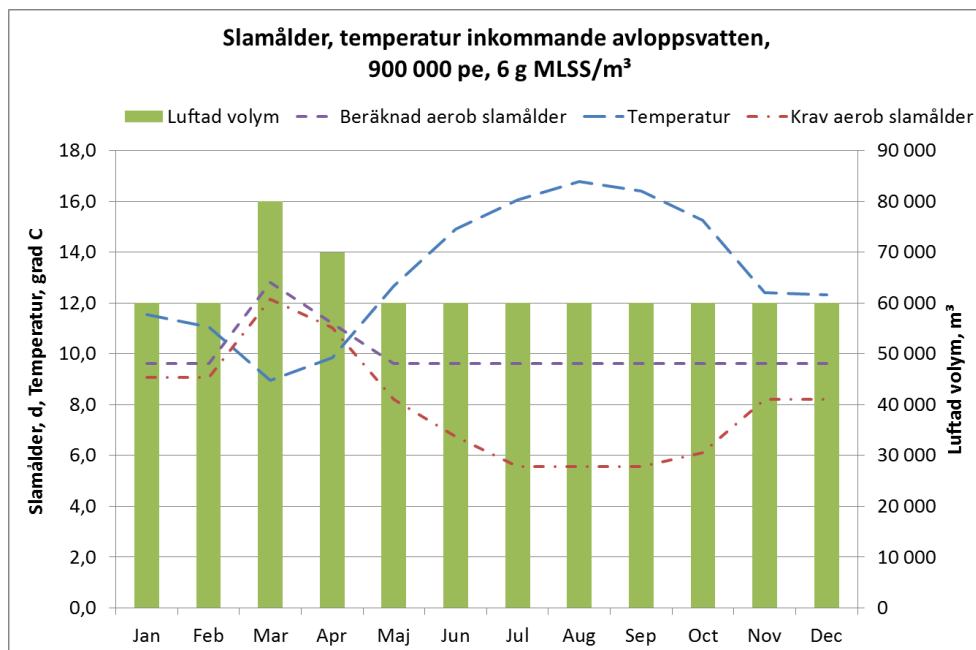
Analysen sammanställs i Figur 5-1 till 5-3 nedan.



Figur 5-1: Beräknad aerob slamålder månadsvis samt nödvändig luftad volym för 4 g MLSS/l i biosteget. Gemensam y-axel för slamålder och temperatur.



Figur 5-2: Beräknad aerob slamålder månadsvis samt nödvändig luftad volym för 5 g MLSS/l i biosteget. Gemensam y-axel för slamålder och temperatur.



Figur 5-3: Beräknad aerob slamålder månadsvis samt nödvändig luftad volym för 6 g MLSS/l i biosteget. Gemensam y-axel för slamålder och temperatur.

Analysen visar att under givna förutsättningar finns möjlighet att upprätthålla nödvändig aerob slamålder på månadsbasis över året för att säkerställa nitrifikationen.

Med utgångspunkt från detta kan nu möjlig kvävereningen beräknas.

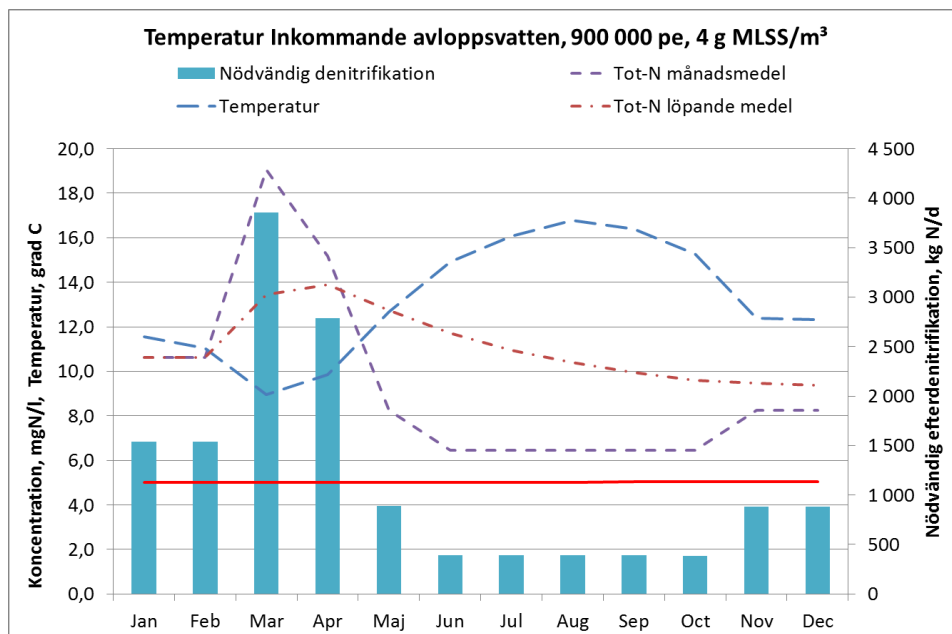
5.3.3 Krav 2 – Kväverening i fördenitrifikation

Huvudkravet är att säkerställa nitrifikationen via aerob slamålder och från avsnitt 5.3.2 kan konstateras att volymerna i befintlig biologisk rening räcker till för detta.

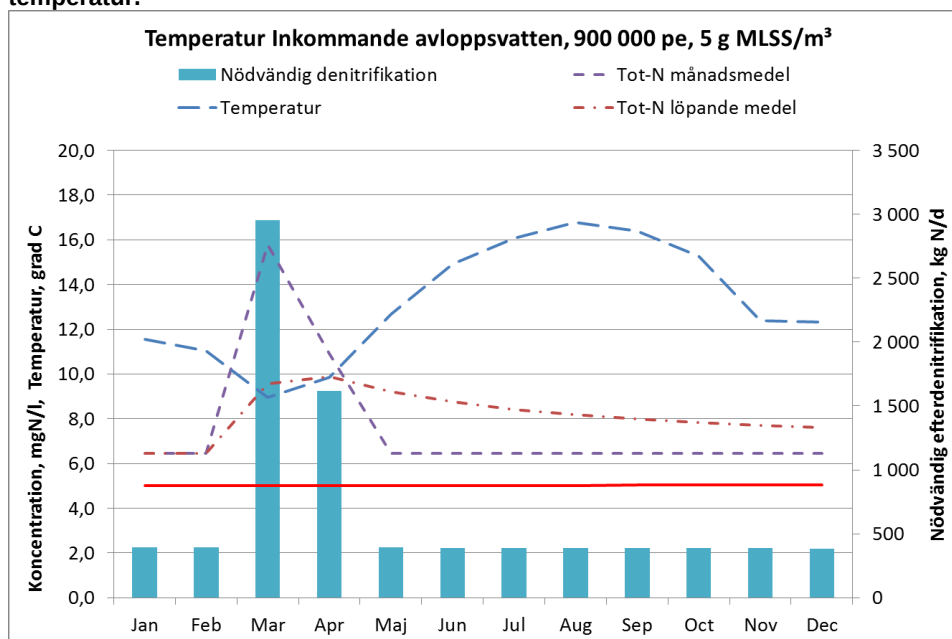
Kvävereningen har på samma sätt utvärderats på årsbasis med utgångspunkt från ovan redovisade förutsättningar följande fall:

1. 4 g MLSS/l i luftningsbassängen
2. 5 g MLSS/l i luftningsbassängen
3. 6 g MLSS/l i luftningsbassängen

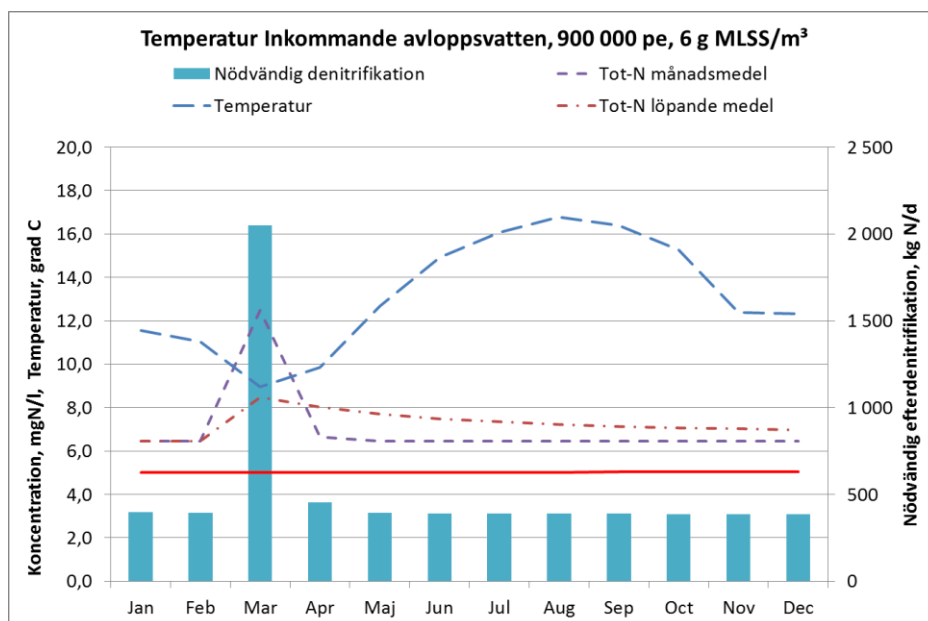
Analysen sammanfattas i Figur 5-4 till 5-6 nedan. I figurerna redovisas även ett beräknat ytterligare behov av denitrifikation för att nå utsläppskravet om 5 mg/l. Detta redovisas månadsvis och skulle kunna innebära nyttjandet av ett efterdenitrifikationssteg.



Figur 5-4: Utgående Tot-N månadsvis samt löpande medelvärde, nödvändig efterdenitrifikation för 4 g MLSS/l i biosteget. Gemensam y-axel för koncentration och temperatur.



Figur 5-5: Utgående Tot-N månadsvis samt löpande medelvärde, nödvändig efterdenitrifikation för 5 g MLSS/l i biosteget. Gemensam y-axel för koncentration och temperatur.



Figur 5-6: Utgående Tot-N månadsvis samt löpande medelvärde, nödvändig efterdenitrifikation för 6 g MLSS/l i biosteget. Gemensam y-axel för koncentration och temperatur.

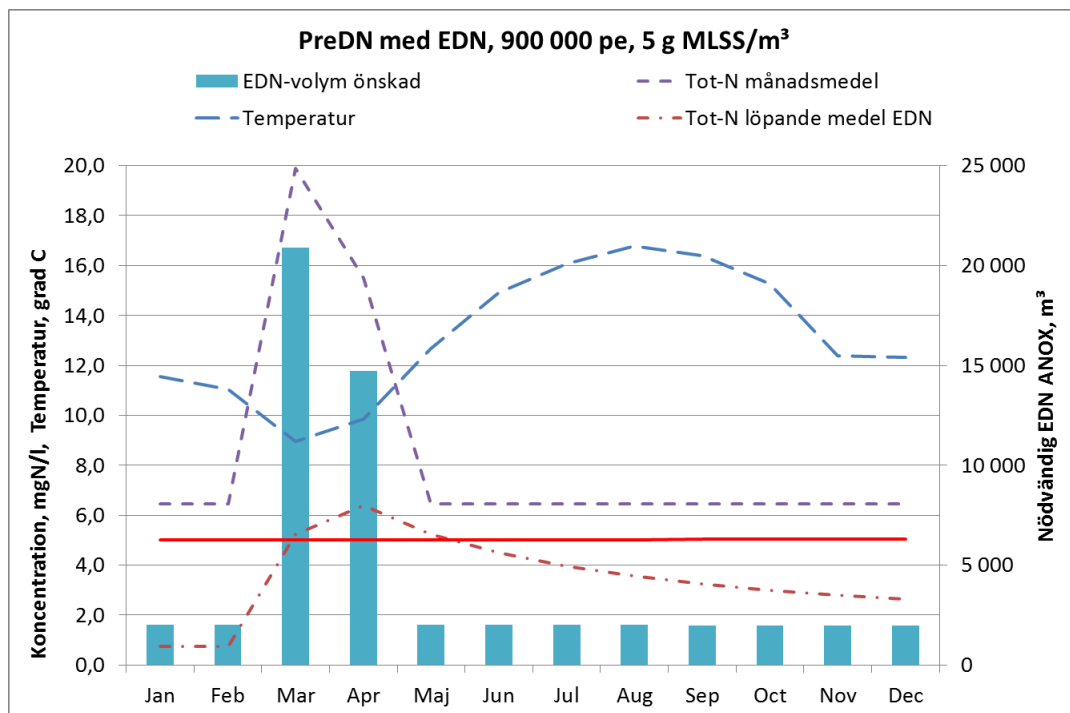
Från analysen kan följande utläsas:

- I och med att den aeroba slamåldern är uppnådd erhålls fullständig nitrifikation
- Denitrifikationspotentialen i fördenitrifikationen är tillräcklig för att denitrifiera den kvävemängd som återförs via nitratreциrkulationen vid en slamhalt på 5 g MLSS/l och över. För att utnyttja fördenitrifikationen maximalt krävs alltså en slamhalt på minst 5 gMLSS/l i luftningsbassängerna.
- Återföringen av bildad nitrat är tillräcklig för att nå en 80 % N-reduktion med 400 % nitratreциrkulation.

Med avseende på internrecirkulation återförs även en viss mängd nitrater via returslammet.

- För att nå 5 mg Tot-N/l på årsbasis krävs ytterligare åtgärder för att öka kvävereningen, exempelvis via en efterdenitrifikation.
- Tillgänglig volym räcker till för att tillgodose behovet av en volym för efterdenitrifikation vid en slamhalt på 5 gMLSS/l.

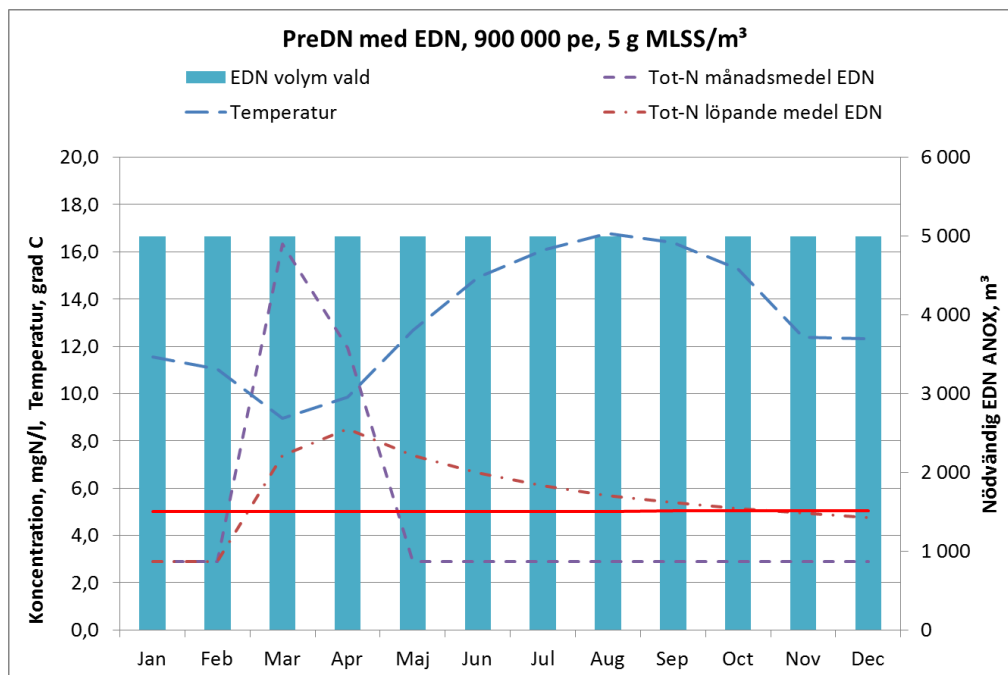
Figur 5-7 visar fallet Käppalaverket 900 000 pe, fördenitrifikation med en beräknad efterdenitrifikationsvolym månadsvis.



Figur 5-7: Utgående Tot-N som månadsmedel utan EDN samt som årsmedel med EDN samt beräknad nödvändig EDN volym per månad.

Under majoriteten av tiden räcker en volym om ca 2 000 m³, men under kalla perioder då fördenitrifikationen inte kan denitrifiera återförd kvävemängd krävs betydligt större volymer för efterdenitrifikationen för att på månadsbasis nå en utgående Tot-N halt på 5 mg/l. Ett möjligt sätt att hantera detta är att driva efterdenitrifikationen längre under varmare perioder och tillåta ett visst nitratsläpp under en begränsad tidsperiod. En efterdenitrifikationsvolym om 5 000 m³ skulle vara ett alternativ för att nå ett årsmedelvärde om 5,5 mg Tot-N/l, se Figur 5-8.

Efterdenitrifikationsvolymen kan inrymmas inom tillgängliga 148 000 m³ i den biologiska reningen.



Figur 5-8: Utgående Tot-N som månadsmedel med EDN samt som årsmedel med EDN med en EDN volym om 5000 m³

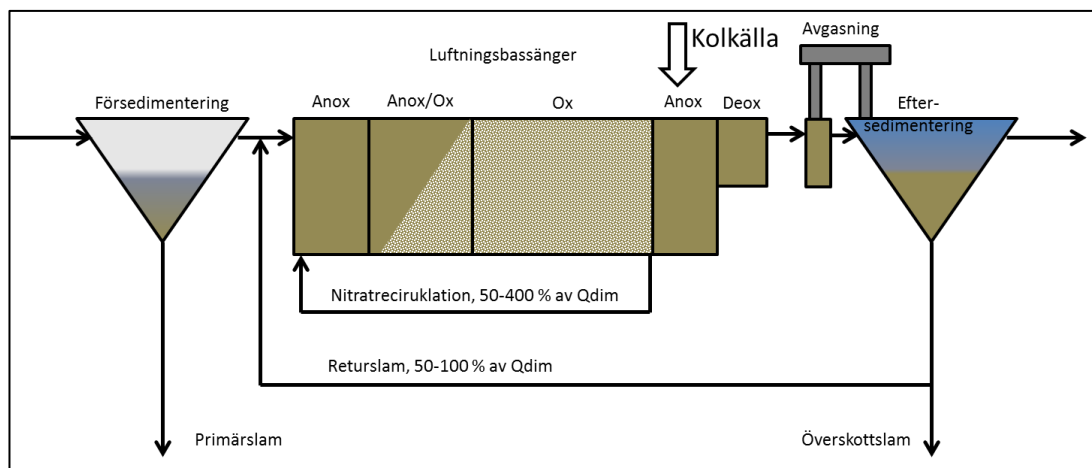
5.4 Sammanfattning Käppala 900 000 pe

Sammanfattningsvis kan följande konstateras för Käppalaverket vid en belastning på 900 000 pe:

- Tillgänglig volym i det biologiska reningssteget är tillräcklig för att tillgodose den aeroba slamåldern för att säkerställa nitrifikationen.
- Processtrategin med fördenitrifikation kan Tot-N reduktion upp till 80 % eller ett utgående Tot-N värde uppgående till ca 8,2 mg Tot-N/l som medelvärde på årsbasis.
- Minsta slamhalt i biosteget måste uppgå till 5 g MLSS/l för att utnyttja tillgängliga volymer optimalt med avseende på fördenitrifikationen.
- För att nå uppställa krav, 5 mg Tot-N/l som årsmedelvärde, måste dock ytterligare åtgärder tillföras luftningsbassängerna exempelvis genom att införa ett steg för efterdenitrifikation.

Käppalaverket har alltså anläggningstekniska förutsättningar för att nå uppsatta utsläppskrav med avseende på kväve i och med införandet av avgasningen. Dock måste processtrategin för det biologiska reningssteget ses över. Efterdenitrifikation skulle kunna införas inom tillgängliga luftningsbassänger. Detta skulle innebära att en ny anox-zon anläggs efter den luftade zonen men innan avgasningszonen (deox-zonen).

Efterdenitrifikationen skulle då kunna användas vid behov. Figur 5-9 visar en principskiss hur detta skulle kunna se ut.



Figur 5-9: Principskiss, införandet av en anox-zon för efterdenitrifikation

Utvärderingen av möjligheterna inom tillgängliga volymer har utgått från att simutanfällning nyttjas som huvudprocess för fosforreduktion. Detta innebär att det biologiska reningssteget drivs med en organisk slamhalt, VSS-halt, om ca 65 % av MLSS-koncentrationen. Den utförda analysen av möjligheterna visar att även vid denna VSS-halt är det möjligt att utnyttja fördenitrifikationsprocessen fullt ut. En ökad organisk slamhalt skulle dock innebära ökade marginaler och en viss ökad flexibilitet.

Gällande behovet av extern kolkälla så kan detta uppskattas baserat på den kvävemängd som måste denitrifieras i ett efterdenitrifikationssteg. Enligt den översiktliga processanalys som utförts för Käppalaverket 900 000 pe kan följande konstateras:

- Utgående kvävekrav är 1 370 kg Tot-N/d, motsvarande en utgående Tot-N halt om 5 mg/l vid ett flöde om 274 000 m³/d.
- Möjlig kvävereduktion i fördenitrifikationen begränsas av recirkulationen av nitrat och utgående kvävemängd från fördenitrifikationen uppgår medeltal till 2 280 kg N/d. Detta medelvärde inkluderar även kalla perioder med minskad effektivitet i fördenitrifikationen.
- Baserat på detta kommer i medeltal 2 280 – 1 370 kg N/d = 910 kg N/d att behöva reduceras via efterdenitrifikation för att nå utsläppskravet. Detta värde kan användas för att få en storleksordning på behovet av extern kolkälla.
- Teoretiskt åtgår 2,86 g COD/g NO₃-N reducerat. Dessutom förbrukas COD vid slamuppbyggnad och reduktion av eventuellt löst syre. I praktiken kan därför den erforderliga mängden COD variera, dels med typen av kolkälla men också med processlösning.

I detta exempel antas ett COD behov på 5,5 g COD/g NO₃-N reducerat. Efterdenitrifikationen förväntas drivas intermittent vid behov och således kan etanol vara en lämplig kolkälla. Etanol innehåller 2,09 g COD/g Etanol och således kan det totala behovet av kolkälla beräknas.

- Att reducera 910 kg N/d i en efterdenitrifikation kommer med detta resonemang att innebära en daglig dos om: $910 \cdot 5,5 / 2,09 = 2\,394$ kg EtOH.
- En etanolkostnad om ca 6 600 kr/ton ger en daglig kostnad om ca 15 800 kr och en årskostnad räknat på medelvärdet av efterdenitrifikationsbehovet ca 5,76 miljoner kr.

Denna kostnad är framräknad för att ge en storleksordning i relation till investeringskostnaden för att införa avgasningstekniken. Oavsett vilken processlösning som väljs för Käppalaverket kommer behovet av extern kolkälla med största sannolikhet att finnas som en följd av de låga kvävehalter som eftersträvas i utgående avloppsvatten.

6 Hydrauliska överväganden

6.1 Inledning

Ett av målen med införandet av avgasning i BB11 är att utvärdera tekniken under en längre period under kontrollerade former. För att kunna styra den hydrauliska belastningen till BB11 måste därför åtgärder vidtas för att kunna styra inflödet. Då BB11 ligger längst bort från fördelningen mellan det nya och gamla blocket

I bilaga 6 redovisas hydrauliska beräkningar för BB11 och ES11 för de förutsättningar som beskrivits i detta projekt. I följande stycken redovisas slutsatsen från de hydrauliska beräkningarna.

6.2 Styrning av inflödet till BB11

För att kunna kontrollera och styra inflödet till BB11 installeras pumpar som pumpar in till BB11. Detta föreslås ske med en propellerpump för att på så sätt ställa flödet upp till 2 300 m³/h.

Maskintekniska åtgärder för inpumpningen till BB11 redovisas i avsnitt 7.3.1.

6.3 Hydrauliska beräkningar

För att undersöka de hydrauliska förutsättningarna att installera ett avgasningstorn mellan Bioblock 11 (BB11) och Eftersedimenteringsbassäng 11 (ES11), har en serie av hydrauliska beräkningar gjorts.

Det dimensionerande inflödet (Q_{dim}) är ansatt till 27 648 m³/d för Bioblock 11 och hydrauliskt skall anläggningsdelen klara inflödet $2 \times Q_{dim}$.

I denna rapport redovisas beräkningar för huruvida det är möjligt att leda $2 \times Q_{dim}$ genom befintligt Bioblock 11. Slutsatsen är att vatten inte kommer att strömma över i anläggningen. Men om avgasningstornet installeras mellan BB11 och ES 11, kommer det att finnas en ytterligare och fast förlust på ca 0,4 m. Därigenom kommer enligt beräkningsresultaten vattnet överstiga betongunderkantrivån på fyra ställen: utlopp i BB11-OA (Oxidations-zon), BB11-D (Deox-zon) och FT42 (Fördelningskanal 42).

För att kunna leda hela det studerade flödet genom BB11 behöver vattennivån att sänkas med ca 0,137 m. Tänkbara åtgärder diskuteras i rapporten men behöver diskuteras vidare med Käppalaförbundet.

Det ökade inflödet kan ledas genom ES11. Enligt beräkningsresultaten finns ingen risk för översvämning i denna anläggningsdel.

7 Åtgärder för maskininstallation

7.1 Inledning

Åtgärder för maskininstallationen av avgasningsutrustningen har tagits fram av Biogradex. Åtgärder utöver detta har tagits fram av Sweco.

Avgasningstornet omfattas av EU-patent No 079851 som hålls av företaget Biogradex.

7.1.1 Förutsättningar för införandet av avgasning

Biogradex har specificerat förutsättningar för införandet av avgasningen i BB11 som måste beaktas. Dessa sammanfattas och kommenteras i Tabell 7-1.

Tabell 7-1: Förutsättningar enligt Biogradex för införandet av avgasning

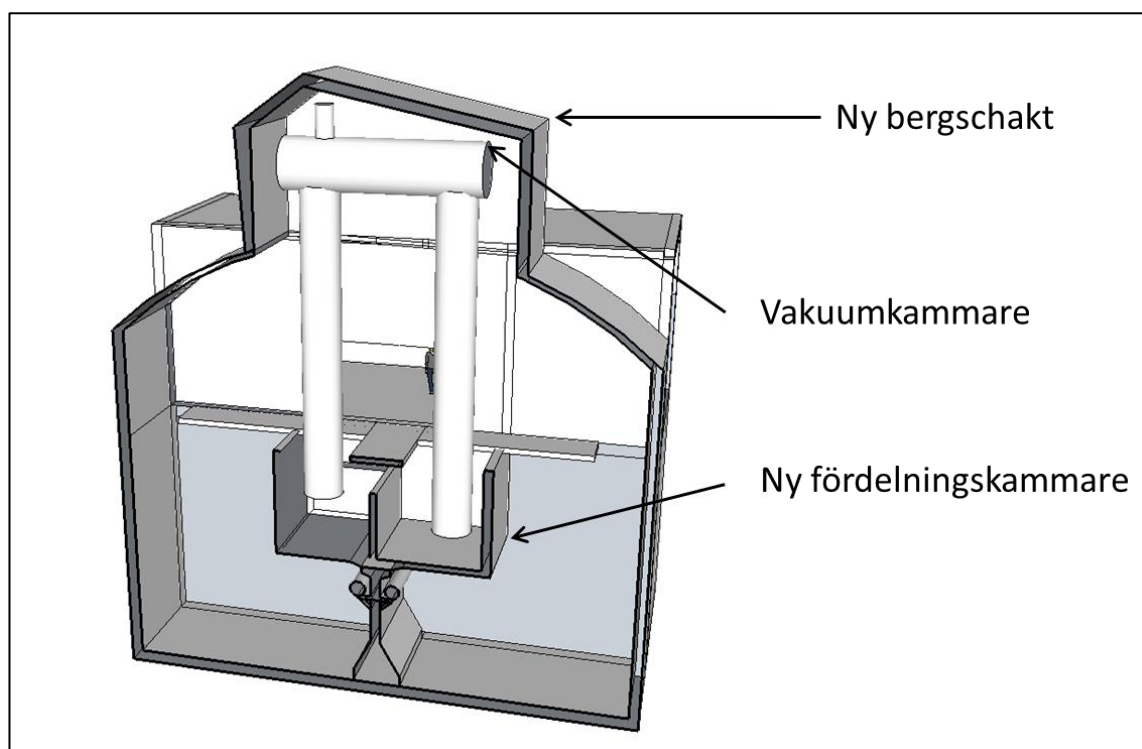
Förutsättning	Kommentar
Returslamflödet måste uppgå till 100 % av Q_{design}	I nuvarande utförande kan returslampumparna köras samtidigt. Detta förväntas inte ge 100 % av Q_{design} , men bedöms ändå vara tillräckligt
Nitratrecirkulationen måste uppgå till 100 % av Q_{design}	Möjligt i nuvarande utformning. Befintlig anläggning kan drivas med 400 % nitratrecirkulation.
Eftersedimenteringen måste utrustas med utrustning för att effektivt avskilja ytslam	Möjligt i nuvarande utformning
Luftningssystemet i luftningsbassängen måste anpassas för en ökad slamhalt och belastning	Luftarsystemets kapacitet bedöms tillräckligt i befintlig utformning.
Returslamflödet ska kunna anpassas efter slammängden i eftersedimenteringen. Inte ett direkt krav men förbättrar driften.	Möjligt i befintlig anläggning via styrsystem
Slamskrapor i eftersedimenteringen måste klara av ett slam med högre TS-halt	Befintliga skrapor kompletteras med nya skrapblad, brythjul och växelmotorpaket

7.2 Avgasningstorn

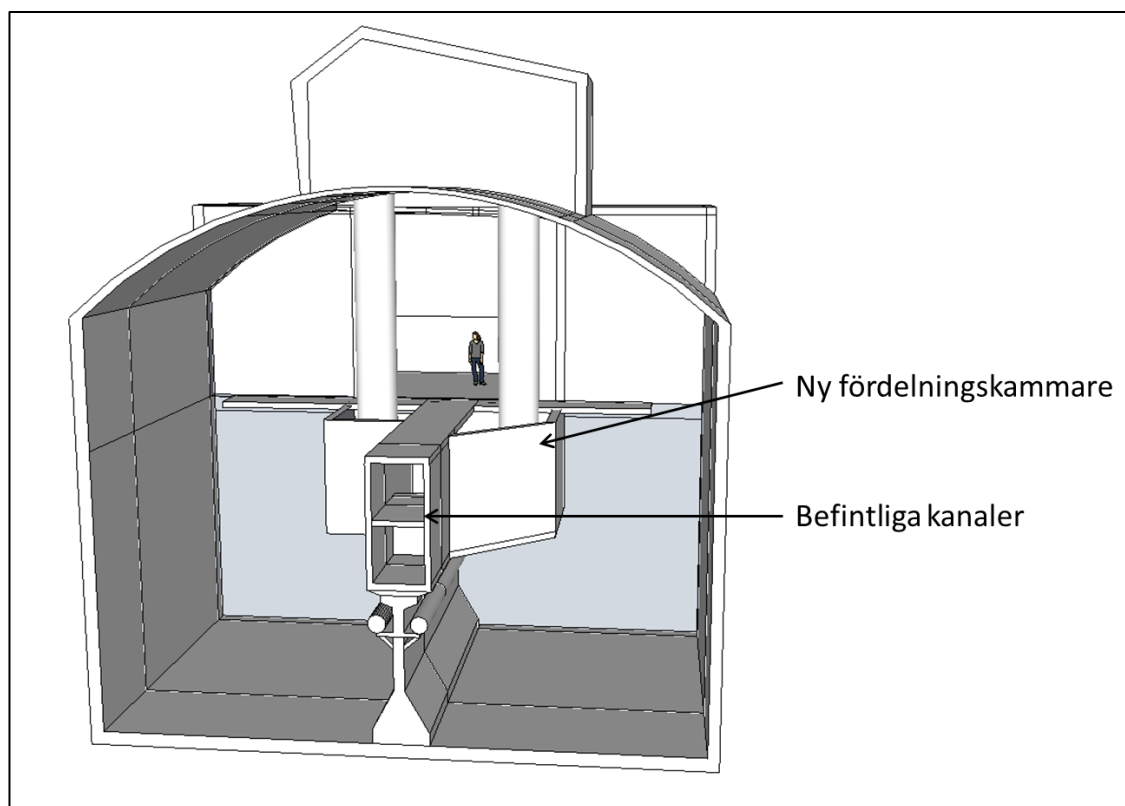
Avgasningstornet levereras komplett med all tillhörande kringutrustning.

Avgasningstornet placeras i en ny fördelningskammare vars inlopp ansluter till kanalen i FT42. Utloppet från fördelningskammaren ansluts till befintlig kanal i ES11.

Figur 7-1 och Figur 7-2 visar schematiskt hur avgasningstornet placeras i förhållande till ES 11 i en ny fördelningskammare.



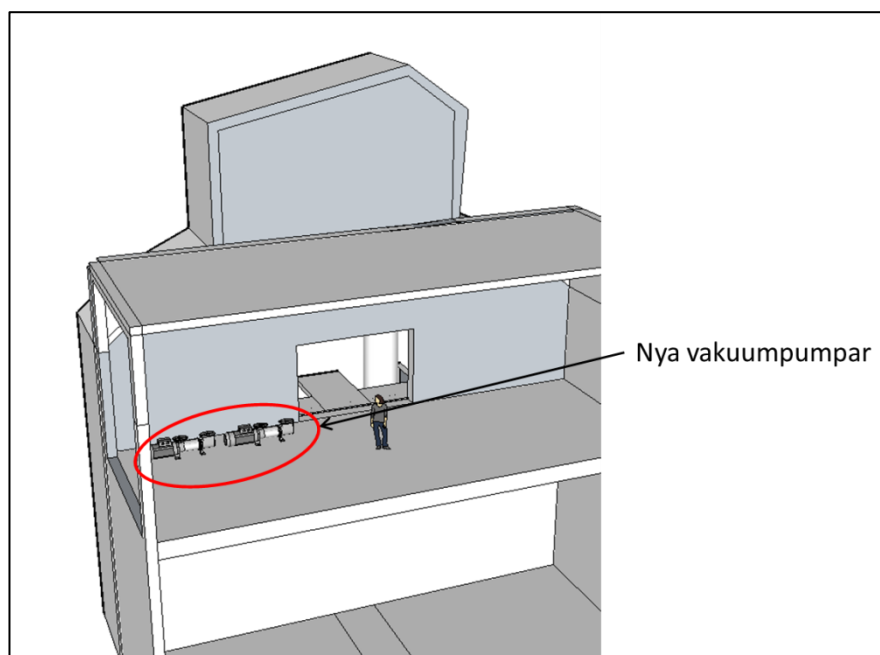
Figur 7-1: Installation av avgasningstorn i ny fördelningskammare.



Figur 7-2: Fördelningskammare ansluter till befintlig kanal i ES 11.

Två vakuumpumpar placeras utanför ES11 i FT42. En vakuumpump används för normaldrift med ytterligare en pump som redundans. Varje pump har en installerad effekt på 45 kW och väger 1 000 kg. Vakuumpumparna är dimensionerade för ett maximalt flöde på 55 000 m³/d. Vakuumpumparna kyls via en intern kylslinga som kyler av vattnet i eftersedimenteringen.

Vakuumpumparna försörjs via befintligt ställverk varifrån driften av pumparna styrs via en ny PLC kopplad till det överordnade styrsystemet.



Figur 7-3: Placering två nya vakuumpumpar i FT42.

7.3 Övriga åtgärder för maskin

7.3.1 Flödesstyrning till BB11

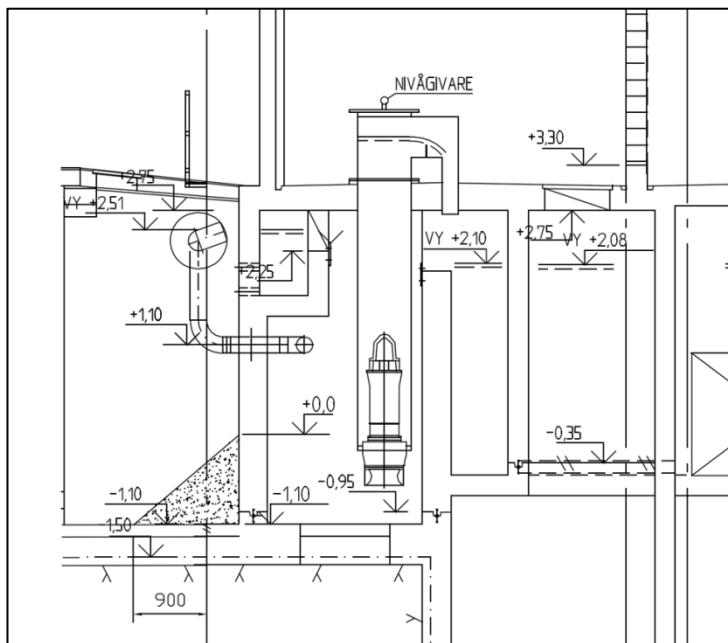
För att kunna styra flödet till BB11 kommer en pumpstation vid inloppet till BB11 att anläggas. Denna ska kunna justera flödet in till BB11 upp till det maximala flödet, 2 300 m³/h.

- En frekvensstyrd propellerpump installeras i ett hängande tryckrör (Ø 600) genom bjälklaget vid inloppet till BB11. Pumpens kapacitet uppgår till 640 l/s eller 2 300 m³/h motsvarande önskat maxflöde till BB11. Pumpen har en lyfthöjd på ca 1-2 mvp.

Utformningen av pumplösningen kan komma att variera mellan pumpleverantörer. Möjlighet finns att installera en något större pump i ett Ø 750 tryckrör. Även denna installation skulle få plats inom befintliga kanaler men valet har gjorts att i denna utredning räkna med Ø 600 pumpen.

- Denna installation kräver inte någon tömning av kanalen.
- Pumpen ska hålla en konstant nivå i röret. Frekvensen på pumpen regleras via en nivågivare som sitter installerad i röret och ger börvärdet till pumpen. Flödet beräknas via ett överfall i inloppskanalen till BB11 och detta måste trimmas in vid driftsättningen.

Figur 7-4 visar schematisk installation av propellerpump i hängande tryckrör med nivågivare.



Figur 7-4: Inloppspumpstation till BB11. Propellerpump installerad i hängande tryckrör.

Styrning av pumpen kan utföras på flera sett. De alternativ som föreslås är:

- **Alternativ 1:** Nivågivaren kopplas direkt till pumpens frekvensomformare och styrning sker lokalt. Detta är en enkel installation men är samtidigt svårare att ställa in och ingen loggning kan ske.
- **Alternativ 2:** Nivågivare och pumpen tas in i styrsystem och ett program tillverkas för detta ändamål. Kräver mer arbete men man kan lättare ställa in börvärde och få loggning av nivån.

Med syfte att utvärdera driften av BB11 är alternativ 2 att föredra.

För att erhålla en jämnare reglering kan två mindre pumpar installeras. Detta får diskuteras i ett senare genomförande. I det fall ett ännu större flöde än 2 300 m³/h önskas in till BB11 kan ytterligare en propellerpump installeras.

7.3.2 Åtgärder i ES11

Slamskrapan i eftersedimenteringen måste anpassas för den nya fördelningskammaren. Dessutom har det under projektets gång diskuterats vikten av att säkerställa att sedimenterat slam tas om hand och skrapas till slamfickan på ett säkert sätt. Därför föreslås följande för slamskraporna i ES11:

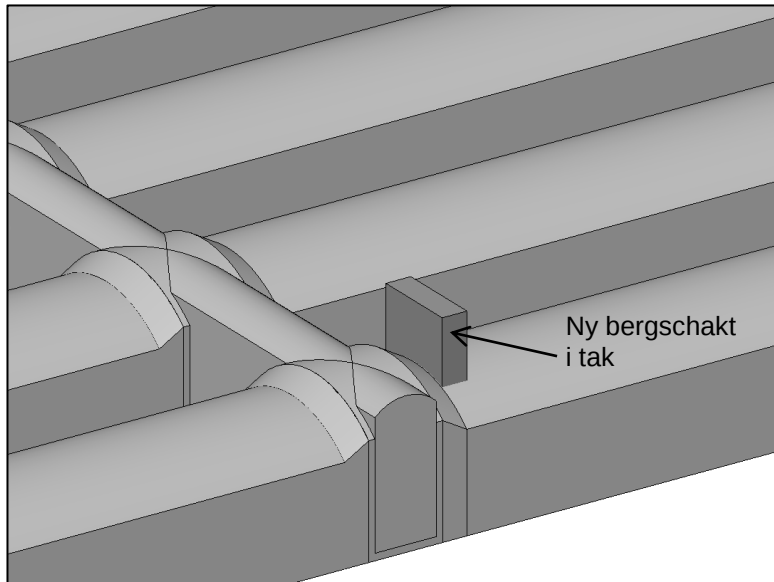
- Brythjulet för slamskrapan flyttas ut från väggen. Genom att flytta brythjulet för skrapan kommer även funktionen på skrapan att förbättras och underhållsbehovet minskas. I samband med flytten kommer även övriga brythjul på skrapan att bytas ut.
- Skrapbladen byts ut till starkare blad för att klara av att hantera ett slam med högre TS-halt.
- Ett nytt motorväxelpaket installeras för skrapan som gör att hastigheten på skrapan kan ökas

Skraporna i samtliga eftersedimenteringsbassänger ska bytas ut och dessa åtgärder bör således tas med i åtagandet i och med införandet av avgasningstornet.

8 Åtgärder för bergarbete

8.1 Förutsättningar

En installation av avgasningstornet kräver att ett utrymme i bergtunnelns tak arrangeras, se Figur 8-1 nedan. Utrymmesbehovet i plan och höjd definieras av de krav som tornet ställer. I det följande redovisas tre olika metoder för berggutttag. En kort jämförande sammanfattning av de olika metodernas för- och nackdelar redovisas. Ett lämpligt metodval har också diskuterats med en bergentreprenör med erfarenhet kring specialarbete i berg. Förutom en bekräftelse på vilken metod som är lämplig har entreprenören kunnat ge en kostnadsindikation för de nödvändiga arbetena.



Figur 8-1: Planerad bergschakt

De tre studerade metoderna för berggutttag är:

1. Sprängning;
2. Hydraulisk spräckning av berg;
3. Vajersågning

Föreslagna metoder förklaras i följande stycken.

8.2 Sprängning

Det är möjligt att spränga ut det nödvändiga utrymmet i taket ovanför. En sprängning måste utföras som skonsam sprängning så att inte närliggande installationer och konstruktioner skadas. En sådan sprängning omfattar tät borrhning och små laddnings-

koncentrationer. Den stora fördelen med sprängning är att en mindre borrhålsdiameter (<45 mm) kan användas jämfört med andra metoder och därmed är det möjligt att borra handhållet. Att borra handhållet kräver inga stora tunga maskiner utan är möjligt att utföra från en höj- sänkbar plattform.

8.3 Hydraulisk spräckning

Det är även möjligt att ta ut berget med s.k. hydraulisk spräckning av berget. Det innebär att hål (64 mm) borrar i berget och en ca 1 m lång hydraulkil sätts i hålet som med hjälp av vattentryck spräcker berget. Denna lösning ger minimala vibrationer/omgivningspåverkan men erfordrar större borrhål och därmed en större borrhålsdjup vilket bedöms svårt att få ner i anläggningen.

8.4 Vajersågning

Det är också möjligt att såga ut berget. En vajer träs genom borrarade hål i berget och spänns varvid ett snitt kan sågas. Metoden ger inga vibrationer/omgivningspåverkan men bedöms inte vara tillräckligt flexibel och för komplicerad i detta projekt.

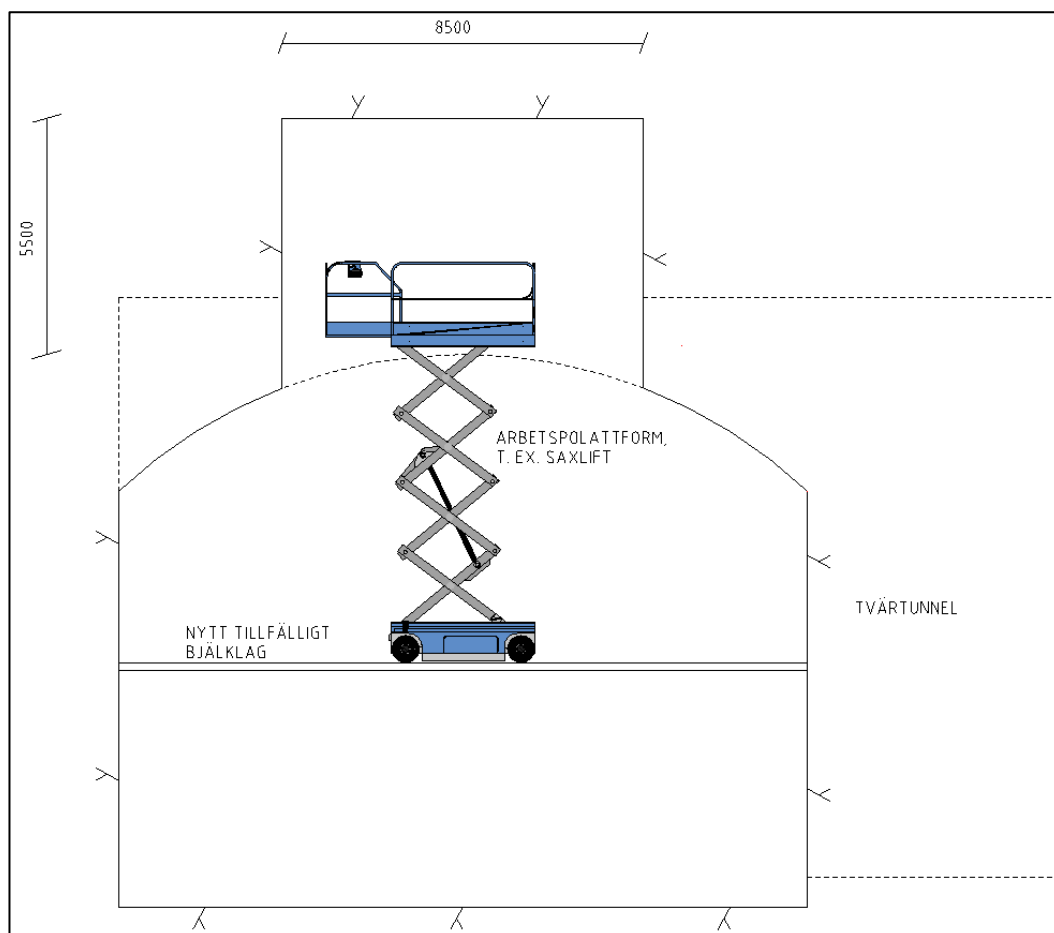
8.5 Sammanfattning och rekommendationer metoder för uttag av berg

Ett arrangemang med ett nytt utrymme för avgasning av vatten/slamströmmen kräver en kompetent utförare, eftersom de nödvändiga åtgärderna bedöms kvalificerade. En teknisk jämförelse av de diskuterade metoderna redovisas i Tabell 8-1.

Vi rekommenderar därför att berget tas ut genom borring och sprängning. Den enklaste metoden är att använda en flyttbar plattform som är höj- och sänkbar (t.ex. en saxlift). Borring kan ske från plattformen med en handhållen borrar, se Figur 8-2 nedan. Att borra handhållet innebär att man använder en bormaskin som står på ett hydrauliskt stödben och sedan styrs borrar för hand. Därmed behövs ingen stor maskin för borring som normalt används vid sprängningar under mark.

Tabell 8-1: Jämförelse av olika metoder för bergarbeten i anslutning till avgasningstorn

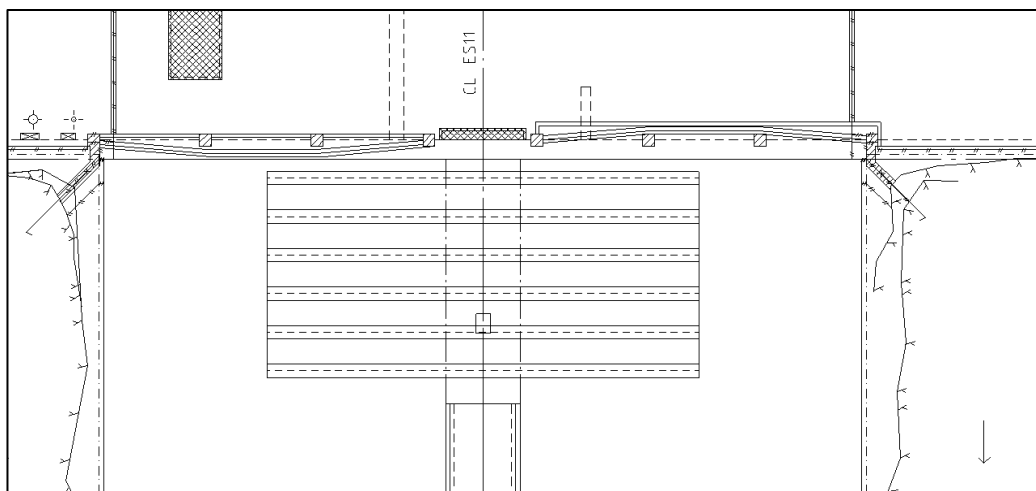
Metod	Fördelar	Begränsningar
1. Sprängning	Flexibelt Kräver ej stora borrhågar eller tunnelmaskiner	Risk för vibrationer Risk för lufttryckvåg vid sprängning Kräver ventilation av spränggaser
2. Hydraulisk spräckning	Minimal omgivningspåverkan	Kräver 64 mm borrhål och därmed större/tyngre borrhög Svårt att få till en fri yta att spräcka mot Tidskrävande Bedöms ge högre entreprenadkostnader än alt 1.
3. Vajersågning	Inga problem med befintlig förstärkning. Kan såga genom bergbultar. Minimal omgivningspåverkan	Ej flexibel metod Komplikerat och tidskrävande Bedöms ge högre entreprenadkostnader än alt 1.



Figur 8-2: Exempel på metod för att nå taket

8.6 Utformning av arbetsplattform

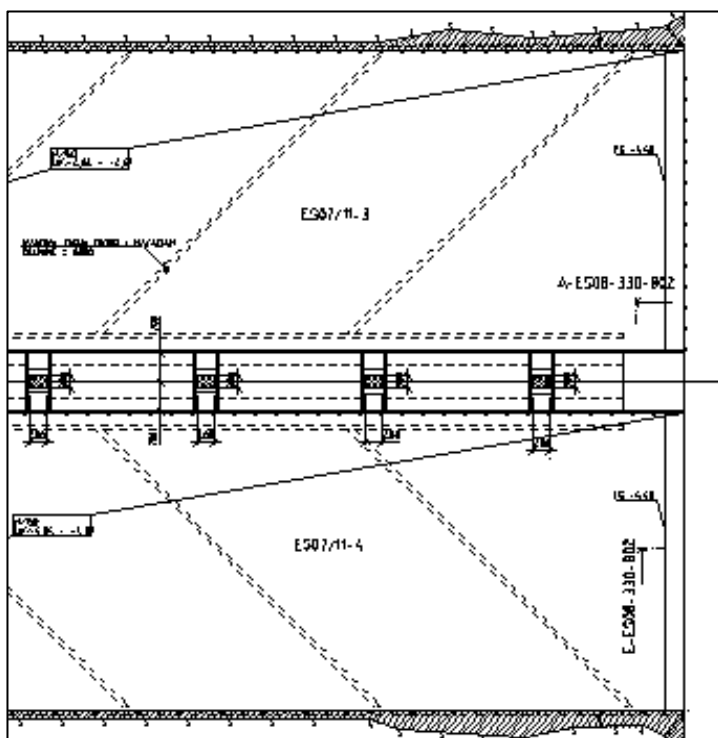
Arbetsplattform utförs i stål och föreslås bestå av kraftiga H-balkar på VKR-pelare som går ner till bassängbotten. I botten placeras motsvarande balkar för att fördela lasten från pelarna på större yta. Eventuellt kan fartygsplåtar användas för ytterligare lastspridning. Pelarna stagas med kryss för stabilitet. Eventuellt kan man staga plattformen även till bassängsidorna. Se Figur 8-3 för planskiss på arbetsplattform.



Figur 8-3: Planskiss arbetsplattform

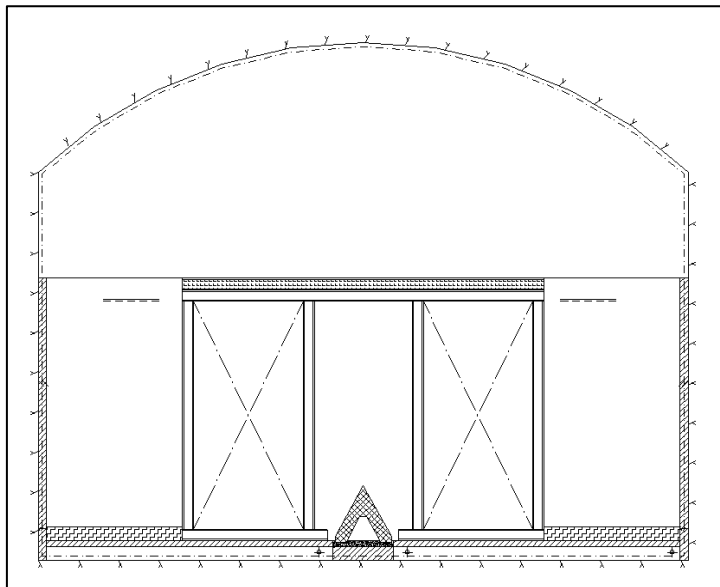
Nackdelar med denna lösning är att bottenplattan är tunn, ca 100 mm, och under den finns dräneringsledningar, se Figur 8-4, som skall aktas. Eventuella skador på bottenplatta och dränering måste återställas vilket troligtvis är en ganska kostsam åtgärd.

För ytterligare lastspredning som skydd för bassängbotten kan en tjock plåt placeras under balk/pelarsystemet.



Figur 8-4: Dräneringssystem i bassängbotten

Man kan också tänka sig att ta ner pelarna ända till berg och göra hål lokalt i bottenplattan. Återställning med fyllning under platta där dränlager rasar ut och underminerar plattan kan bli nödvändigt. Se Figur 8-5 för tvärsektion genom arbetsplattform.



Figur 8-5: Tvärsektion genom arbetsplattform

På balksystemet placeras exempelvis stockmattor i två lager med tjock fartygsplåt överst i samma nivå som golvnivån i FT42. Bassängbotten skyddas från nedfallande block med flera lager däckmattor eller dylikt.

8.7 Övrigt

Såsom ovan visat utgör nuvarande konstruktioner en begränsning av storleken på laster som transporteras ut (bergmassor), liksom in- och uttransport av arbetsfordon. Storleken på fallande block måste begränsas i största möjliga mån då anläggningen är i drift och får påverkas så lite som möjligt.

Alternativ till ställningsbygge kan vara någon form att färdig lösning såsom Periform, men dessa måste tåla nedfallande block. Dynamiskt tillskott på fallande block kan vara stort beroende på storlek. Detta överläts till en ställningsleverantör att dimensionera och prissätta.

I det fall en Periform används kan den med fördel köpas loss och användas vid införandet av avgasningen i övriga bassänger.

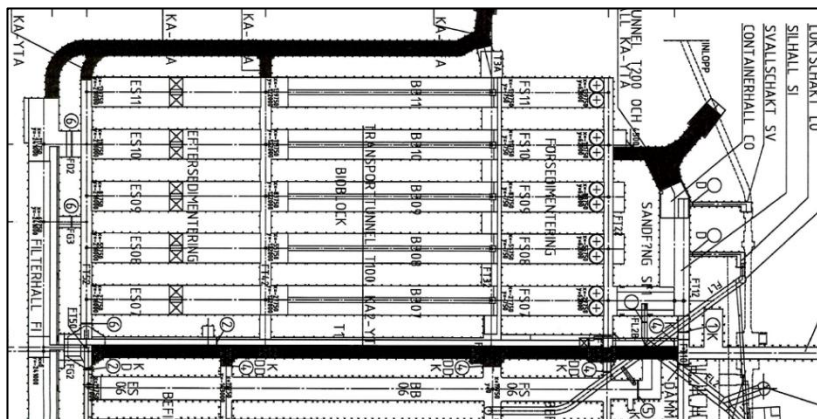
9 Åtgärder för byggarbete

9.1 Inledning

Avgasningsutrustningen skall installeras i bassäng ES11. Installationen kräver ett bergurtag i taket. Bergschakten kräver att vissa ingrepp i befintlig konstruktion sker, samt att en temporär arbetsplattform för bergutrustning installeras. En del skyddsåtgärder blir också nödvändiga. När bergschakten är färdig skall vissa nya betongkonstruktioner utföras innan avgasningsutrustningen kan installeras.

9.2 Förutsättningar

Berörda delar är huvudtransporttunnel T100 och fördelningstunnel FT42 samt eftersedimenteringsbassäng ES11, se Figur 9-1. Arbetet förutsätter att ES11 är tömd på vatten och rengjord.



Figur 9-1: Berörda delar T1 och FT42.

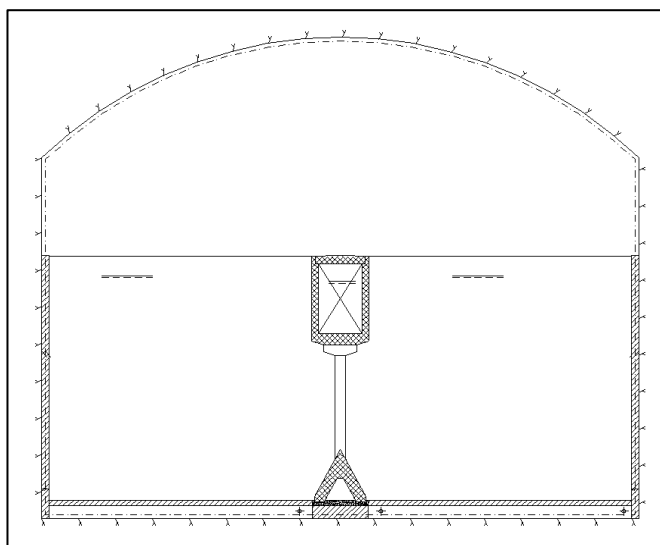
Lastförutsättningar i T100: Bjälklaget är dimensionerat för fordonslast med axeltryck på 210kN och bromslast 100kN.

Lastförutsättningar i FT42: Bjälklaget är dimensionerat för fordonslast med axeltryck på 100kN och bromslast 50kN.

Dessa lastförutsättningar begränsar framförallt uttransport av bergmassor. Man får begränsa vikten på fordon med last och köra flera gånger.

9.3 Rivning

Vissa delar av befintliga betongkonstruktioner måste rivas. Befintlig gångbrygga med underliggande kanal måste rivas inom den sträcka som arbetsplattformen skall stå. Den "fria änden" av gångbrygga/kanal som blir kvar får stagas till bergvägg alternativt till bassängbotten. Kanal/gångbrygga vilar på betongpelare c/c 4 m, se Figur 9-2 för tvärsnitt. Åtminstone en av dessa pelare berörs av rivningen. Befintlig glasbetongvägg och port måste troligtvis också demonteras och senare återmonteras.



Figur 9-2: Tvärsektion genom befintlig ES11

Omfattningen av ingrepp i vägg med port mellan FT42 och ES11 är beroende av hur entreprenören bedriver sitt arbete. Dock kommer väggen med stor säkerhet att påverkas och behöva återställas. Kostnaderna som redovisas i kapitel 11 omfattar hel demontering av vägg/port och sedan återmontering.

9.4 Förslag till genomförande av de olika åtgärderna

I. Förberedande åtgärder

Förberedande åtgärder föreslås ske enligt följande arbetsschema:

1. Glas- och betongväggen mot tvärtunneln rivs. Den rivs dels för att ge plats vid installation av nytt arbetsbjälklag men även för att glaset troligtvis krossas av lufttryckvågen vid sprängning.
2. En arbetsplattform i nivå med tvärtunnelns bjälklag byggs där saxliften kan operera ifrån.
3. Flera vajrar spänns upp där glas- och betongväggen stod och tunga presenningar hängs på vajern. Dessa fungerar som skyddsväggar för lufttryckvågen vid sprängning.
4. Ett ventilationsrör med till- och frånluft installeras.

II. Genomförande av bergsschakt

Bergschakten kan påbörjas sedan de förberedande arbetena avslutats. För att minimera skadliga vibrationer från sprängning måste borrhålen borraras tätt, små laddningsmängder användas och mindre volymer sprängas ut i flera omgångar.

Följande arbetsmoment måste genomföras:

1. Handhållen borrar från arbetsplattform;
2. Borrhålen laddas med sprängmedel;
3. Arbetsplattform körs bort;
4. Sprängning;
5. Bergmassor faller ner på sprängmattor som skyddar bjälklaget;
6. Utlastning av bergmassor med en mindre lastbil;
7. Arbetsplattform körs fram;
8. Skrotning av löst berg från arbetsplattform.

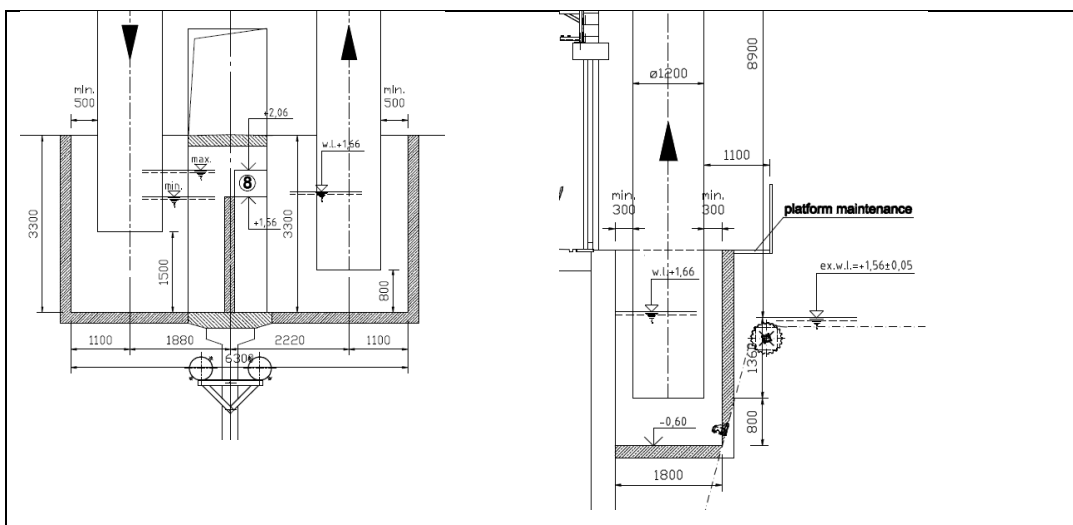
Arbetscykeln upprepas tills det nödvändiga hålrummet är färdigt.

Efter avslutad bergschakt måste berget säkras och förstärkas med bergbult och fiberarmerad sprutbetong.

Eftersom rören som skall installeras i det nya hålrummet ska hängas i förankringsbultar i berget rekommenderas att installation görs direkt vid avslutad bergschakt och därmed ingår i bergentreprenaden. Då slipper man kostnader för en senare ny etablering för att nå upp i taket.

9.5 Nya anläggningsdelar efter bergschakt

Nya betongkonstruktioner platsgjuts i omfattning enligt processleverantör samt återställning av befintlig gångbrygga/kanal som ansluts till ny låda för avgasningsanläggning. I Figur 9-3 visas förenklade skisser av hur anläggningsdelen kommer att gestaltas efter avslutade entreprenadarbeten.



Figur 9-3: Principiell utformning av färdig anläggningsdel

10 Drift under ombyggnation

10.1 Riskanalys

10.1.1 Risker i driften av Käppala reningsverk

Vid ombyggnationen av BB11 måste hela linjen stängas ned och berörda kanaler och bassånger tömmas och rengöras. Detta innebär i princip att reningsverket förlorar en del av sin kapacitet under ombyggnationen.

Om arbetet planeras så bör detta inte innebära några problem för driften av Käppalaverket och förutsättningar finns att driva verket utan att ge avkall på reningsresultat.

Genomförandet av ombyggnationen är uppskattad till att sträcka sig över en begränsad tid och om möjligt kan ombyggnationen planeras till årets varma period då belastningen på avloppsreningsverket generellt sett är lägre än under vinterperioden.

10.1.2 Risker i genomförandet

Särskilda säkerhetsrutiner måste tillämpas i samband med sprängning för att säkerställa minimal risk för driftpersonal och entreprenörer vid Käppalaverket.

I detta fall är sprängningen komplicerad och ställer stora krav på entreprenören. Följande risker med åtgärder är tänkbara, se Tabell 10-1:

Tabell 10-1: Risker och åtgärder i genomförandet.

Risk	Åtgärd
Risk för skador på befintliga installationer vid kraftiga vibrationer från sprängning	Skonsam och försiktig sprängning.
Risk för luftstöt våg från sprängning som kan skada glasrutor	Avskärmning i samband med sprängning essentiell. Möjlighet finns att nyttja stora presenningar som avskärmning som på ett mycket effektivt sätt tar upp energin från tryckvågen.
Risk för större bergutfall än planerat vid ogynnsamma geologiska förhållanden	Bergutrymmet förstärks med förförstärkning med bergbult runt planerad bergschaktskontur samt sprutbetong

Det kan vara mycket farligt att vistas under ett sprängschakt innan det är förstärkt med bergbult och sprutbetong. Utfallande bergblock/sten kan skada personal och installationer. De byggarbetare som utför arbetena ska därför ha dokumenterad erfarenhet från sprängning, skrotning och bergförstärkning under mark. Det är även viktigt att någon form av takskydd finns på den skylift/arbetsplattform som arbeten bedrivs ifrån.

Vid sprängning är det dessutom viktigt att tillgodose tillräcklig ventilation för att avleda eventuella spränggaser och på så sätt säkerställa en god arbetsmiljö.

Risker avseende beskrivet byggarbete är risker som uppkommer i samband med rivning av vägg samt tungt arbete med stålplattform. Skyddsväggar och räcken måste monteras där höga höjder uppstår.

11 Kostnadsberäkningar

11.1 Inledning

Kostnadsbedömningar har uppförts för ovan beskrivna åtgärder för införandet av avgasning i BB11. Kostnadsbedömningarna har delats upp i bygg, berg, maskin och avgasningstorn för att få en bild av hur kostnadsfördelningen ser ut.

Kostnadskalkylerna kan fortfarande anses som preliminära. Detta på grund av det komplexa genomförandet, särskilt med avseende på bergarbete.

För anläggningskostnaden är prisnivån för november 2011 använd.

11.2 Anläggningskostnadskalkyl

11.2.1 Åtagande från Biogradex

Avgasningstornet täcks i nuläget av ett patent som innehas av Biogradex. Biogradex arbetar med en helhetslösning för sina åtaganden. Detta innebär tillgång till den patenterade maskinen och tillämpning av utrustningen så att den passar för Käppala BB11. Utöver detta ingår i åtagandet montage och installation av all till avgasningstornet tillhörande utrustning, övervakning i entreprenaden, drifttagning samt utbildning. I bilaga 1 redovisas Biogradex villkor och omfattning av leverans, med garantier och kostnad.

Kostnaden för Biogradex åtagande är uppskattad till 11 miljoner kr.

I kostnaden för avgasningstornet ingår alla kostnader för el- och automation nödvändig för avgasningstornet med kringutrustning.

11.2.2 Kostnadskalkyl övriga åtgärder för maskin

Följande poster måste åtgärdas:

- Slamskrapor i ES 11 anpassas för högre slambelastning med nya brythjul, nya skrapblad och nya växelmotorpaket.
- En frekvensstyrd propellerpump i ett hängande tryckrör installeras i inloppet till BB11. Nivåmätare för pumpstyrning.

11.2.3 Kostnadskalkyl bygg

Kostnaderna är uppskattade utifrån underlag från Biogradex ritningar samt platsbesök och en platsbyggd stålplattform. Kostnadskalkylen för bergarbetet har tagits fram i samarbete med en erfaren bergentreprenör specialiserad på komplicerade bergarbeten.

- Arbetsplattform: ca 500.000kr
- Rivning: ca 150.000kr

- Nya betongarbeten: ca 200.000kr
- Återställning glasbetongvägg mm: ca 150.000kr
- Skyddsanordningar (sprängmattor, stockmattor): ca 200.000kr
- Kostnaden för bygg inkluderar etablering, arbete och material utan speciella påslag.

Kostnaderna för återställning avser hel återuppbyggnad av glasbetongvägg. Kan entreprenören skydda den på något sätt så avgår denna kostnad samt del av rivningskostnaden.

Genomförandet av byggarbetet enligt beskrivningen ovan förväntas inte medföra någon åverkan på bassängbotten i ES11 varför inga kostnader för detta har uppskattats.

Arbetsplattformen och skyddsanordningarna kan återanvändas i de fall samma arbete skall utföras på fler anläggningsdelar i senare skeden.

11.2.4 Kostnads kalkyl berg

Kostnaderna för berg är baserade på underlag från Biogradex samt den metod som valts för bergschakt enligt ovan. Kostnaden för berg har tagits fram i samarbete med en erfaren bergentreprenör, med erfarenhet av speciella bergentreprenader.

Med de antaganden som gjorts för bergarbetet ingår i bergkostnaden:

- Bergschakt, losshållning berg inkl. bergtransport
- Transport till närmsta kross
- Förstärkning av berg
- Bultning, antar ca 30st bergbultar
- Sprutbetong med stålfiber inklusive transport, antar ca 15 m³
- Spiling, antar 30st
- Ventilation, 1st fläkt samt ca 100 m fläkttub

Bergarbetet har varit svårt att uppskatta på grund av dess speciella utförande. Kostnaden för bergarbetet är uppskattad till 2-2,6 miljoner kr.

11.2.5 Sammanställning anläggningskostnadskalkyl

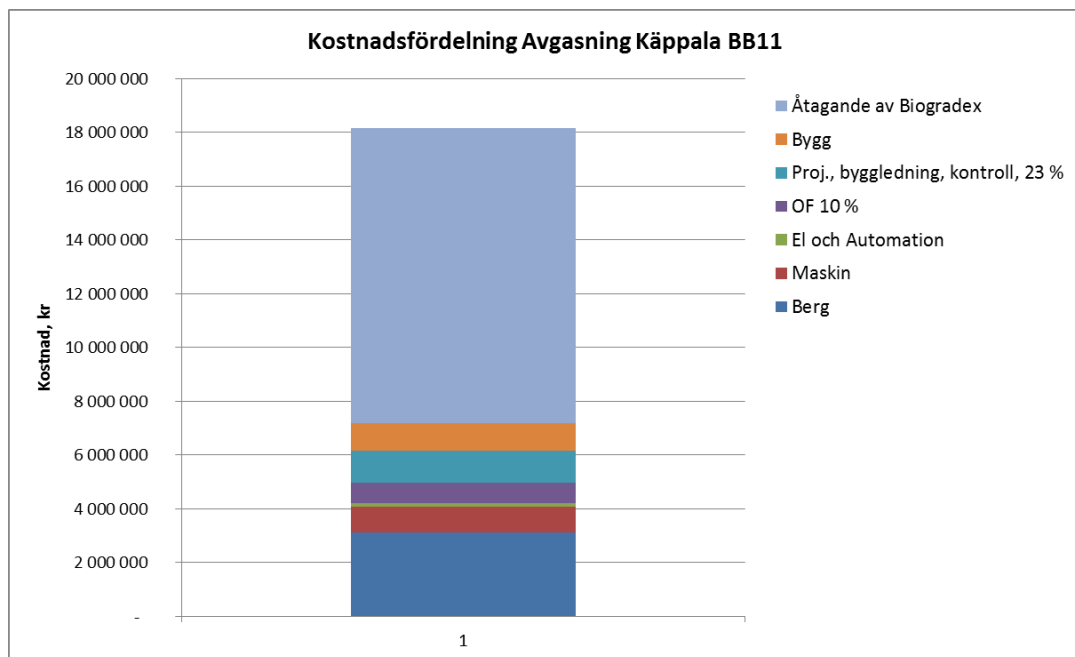
Kostnaden för Biogradex åtagande, inklusive avgasningstorn, är uppskattat till 11 miljoner kr. Tidigare projekt har uppskattat kostnaden för enbart materialet i avgasningstornet till ca 1,5 miljoner kr, exklusive alla omkostnader för Biogradex, dvs. vinst, eventuella patentavgifter etc. Ur denna aspekt har kostnaden för Biogradex åtagande lyfts ut ur anläggningskostnadskalkylen för berg, bygg och maskin/el-automation.

Den totala uppskattade anläggningskostnaden räknas sedan som anläggningskostnaden för berg, bygg, maskin samt el och automation adderad till Biogradex kostnad. Se Tabell 11-1 för en sammanställning av anläggningskostnaden.

Tabell 11-1: Sammanställning totalt uppskattad anläggningskostnad

Kostnadspost	Enhet	Värde	Kommentar
Bergarbete, inkl. ventilation	kr	2 600 000	
Etablering för berg	kr	520 000	20 % av bergarbete
Byggarbete	kr	1 000 000	
Maskin	kr	962 000	
El och automation	kr	114 000	40 % av maskinkostnaden
Oförutsett, 15 %	kr	780 000	
Entreprenadkostnad		5 976 000	
Projektering, administration etc. 20 %	kr	1 195 500	
Anläggningskostnad	kr	7 172 000	
Åtagande av Biogradex	kr	11 000 000	Enligt Biogradex offert, bilaga 2.
Totalt uppskattad anläggningskostnad	kr	18 172 000	

Kostnadsfördelningen åskådliggörs i Figur 11-1. Den största kostnadsposten är kostnaden för Biogradex åtagande som utgör ca 50 % av uppskattad anläggningskostnad.



Figur 11-1: Kostnadsfördelning avgasning Käppala BB11.

11.3 Drift- och underhållskostnads kalkyler

11.3.1 Drift- och underhållskostnads kalkyl

Driftkostnaden för införandet av avgasningstekniken kommer att begränsas till den energiförbrukning som krävs för tillkommande maskinobjekt, i detta fall vakuumpumpen för avgasningstornet, inloppspumpen, samt den tillkommande luftmängd och omrörningsenergi som krävs i BB11 i och med ökad belastning och ökad slamhalt.

Gällande energibehovet för luftning och omrörning så kan detta eventuellt anses som ett nollsummespel i och med att belastningen på övriga linjer minskar och en minskad energiförbrukning för luftning och omrörning kompenseras via ökad energiförbrukning i BB11.

Energiförbrukningen för inloppspumpen kan beräknas baserat på önskat flöde, lyfthöjd och effektivitet. För ett dygnsflöde om 55 200 m³ och 1 mvp med en 75 % effektivitet erhålls en daglig energiförbrukning om 201 kWh/d.

Energiförbrukningen för avgasningstornet baseras på den vakuumpump som driver undertrycket i vakuumkammaren. Biogradex har angivit en energiförbrukning på 0,03 kWh/m³ för avgasningssystemet, motsvarande energiförbrukningen för vakuumpumpen, vilket skulle motsvara en energimängd på ca 801 kWh/d eller ca 293 000 kWh/år. Med ett elpris på 0,8 kr/kWh innebär det en årskostnad på ca 146 000 kr.

Total energiförbrukning för tillkommande maskinutrustning i och med införandet av avgasningsutrustningen blir ca 1 137 kWh/d motsvarande en årskostnad om 390 439 kr.

Underhållskostnaden för avgasningsanläggningen kan uppskattas baserat på en procentsats för entreprenadkostnaden, dvs. exklusive OF och projekteringskostnader etc., för berg, och bygg respektive maskin, el och automation enligt följande:

- Underhållskostnad berg, bygg: 1 % av entreprenadkostnaden för berg och bygg
- Underhållskostnad för maskin, el och automation: 3 % av entreprenadkostnaden

Tabell 11-2 redovisar beräknad drift- och underhållskostnad för införandet av avgasningstekniken vid BB11.

Tabell 11-2: Sammanställning drift- och underhållskostnader för BB11.

Kostnadspost	Enhet	Värde	Kostnad
Energi			
Vakuumpump	kWh/d	888	
Inloppspump	kWh/d	201	
Slamskrapa	kWh/d	48	
Summa energi	kWh/d	1 137	
Kostnad energi	kr/år		390 439
Underhåll			
Berg	%	1	43 062
Bygg	%	1	13 802
Maskin	%	3	39 832
El- och automation	%	3	4 720
Summa underhållskostnad	kr/år		101 417
Summa drift och underhållskostnad	kr/år		491 856

12 Genomförandetidplan

12.1 Genomförande

Eftersom bergschakten är begränsad men komplicerad och styrs av mängd olika praktiska faktorer som tillgänglighet, risk nventering, tillåtna sprängtider mm. så rekommenderas att en entreprenör kopplas in i ett så tidigt skede som möjligt. Ovan nämnda faktorer är svåra att projektera men är av stor vikt för entreprenören.

En vanlig detaljprojektering med upphandling i ett logistiskt komplicerat projekt av denna typ kommer innebära osäkerheter vid prissättning för entreprenören vilket gör det svårt för beställaren att utvärdera anbudet. Då projektet är ett försöksprojekt bör det därför handlas upp direkt via förhandling med entreprenör, t.ex. via partnering. Om beställaren sedan väljer att gå vidare med projektet kan erfarenheter från försöksprojektet användas och en vanlig konkurrensutsatt upphandling utföras.

Leveransen av avgasningsutrustningen sker via Biogradex. Biogradex har ett helhetsåtagande som innebär att levererar och installerar avgasningstornet samt utför utbildning av driftpersonal.

12.2 Genomförandetidplan

Tidplanen för hela genomförandet uppskattas till ca 8 månader. Genomförande tidplanen redovisas i bilaga 6.

13 Slutsats och diskussion

13.1 Införandet av avgasning vid Käppalaverket

Denna rapport har utrett möjligheterna med införandet av avgasning vid Käppalaverket. De huvudfrågor som utretts och besvarats i rapporten är enligt följande:

1. Är avgasningen tillämpbar i BB11 och därmed i resten av anläggningen?

Svar: Avgasningen kan tillämpas i BB11. Vissa maskintekniska åtgärder krävs utöver införandet av avgasningstornet och bergarbetet förväntas bli komplicerat men genomförbart.

2. Vilka processtekniska förutsättningar finns för införandet av avgasning?

Svar: De processtekniska förutsättningarna för att införa avgasningen är goda. Laboratorie försök har visat en god effekt av att utsätta det aktiva slammet för vakuum med kraftigt förbättrade sedimenteringsegenskaper som följd.

3. Vilka är de bergtekniska förutsättningarna för att införa avgasning och vilka åtgärder och metoder finns som kan användas vid införandet?

Svar: Flera olika angreppssätt för bergarbetet har diskuterats i rapporten. En metod har valts ut och bekräftats med en erfaren bergentreprenör som den mest lämpliga metoden.

4. Hur skulle ett projekt läggas upp med avseende på samarbetsform med det polska företaget Biogradex?

Svar: Biogradex säljer ett helhetsåtagande och levererar en komplett maskininstallation. Det helhetsåtagande som offererats av Biogradex innefattar även funktions- och processgarantier vilket också återspeglas i det pris som lämnats.

BB11 kommer att fungera som en pilotlinje för utvärdering av avgasningstekniken som underlag för en framtida storskalig utbyggnad vid Käppalaverket. Biogradex patent på avgasningstekniken har en giltighet på 20 år och kommer att gå ut i november 2014. Med detta i åtanke kan det vara motiverat att nyttja den kompetens som Biogradex besitter och lära sig tekniken och implementationen i största möjliga mån inför en framtida utbyggnad.

5. Hur ser kostnadsbilden ut för investeringen i avgasningstekniken?

Svar: Kostnaden har beräknats till ca 18 Mkr för införandet av avgasning i BB11. I denna kostnad ingår en kostnadspost om ca 11 Mkr för Biogradex helhetsåtagande. Själva materialkostnaden för avgasningstornet med kringutrustning har tidigare kostnadsuppskattats till ca 1,5 Mkr.

6. Hur ser genomförandet ut för installationen av avgasningstekniken?

Genomförande tidplanen är uppskattad till 8 månader inklusive drifttagning.

Avgasningstekniken är således tillämpbar vid Käppalaverket. För de tekniska åtgärderna för att införa avgasningstornet i BB11 har redovisats

13.2 Avgasning vid det framtida Käppalaverket

Då tillämpbarheten i införandet av avgasningen har fastställts för BB11 är det viktigt att svara på frågan avgasningen är en tillräcklig åtgärd för att Käppalaverket ska nå uppsatta reningskrav även vid en framtida ökad belastning.

En översiktlig analys har utförts med utgångspunkt från de tillgängliga volymerna i det biologiska reningssteget. Analysen visar att de tillgängliga volymerna i det biologiska reningssteget och en ökad slamhalt i och med införandet av avgasningen är ett steg på vägen för att nå de skärpta utsläppskraven. För att nå ända fram till utsläppskravet för kväve, motsvarande 5 mg Tot-N/l, krävs dock ytterligare åtgärder. Analysen är utförd med utgångspunkt från dagens processlösning med fördenitrifikation och simultanfällning.

För att nå en utgående koncentration på 5 mg Tot-N/l kommer med största sannolikhet någon form av slutpolering av kväve att vara nödvändig. Det är möjligt att andra processlösningar än fördenitrifikation kan ge annat resultat än vad som redovisats i denna rapport. Dock har konstaterats att en fördenitrifikationsprocess kompletterat med en separat volym för efterdenitrifikation kan inrymmas inom tillgängliga volymer.

Sammantaget ger detta goda möjligheter att genom en implementation av avgasning möta de framtida utmaningar som ställs på Käppalaverket.

14 Referenser

ATV M-131 E Standards, Dimensioning of a Single Stage Activated Sludge Plant. Maj 2000.

Sweco, Laboratorieförsök avgasning. 2010-08-20.

Norsk Vann, Veiledning for dimensjonering av avløpsrensaneanlegg, Norsk Vann Rapport 168:2009.

15 Bilagor

Bilaga 1: Offert från Biogradex.

Bilaga 2: Processdimensionering BB11

Bilaga 3: Syreberäkning BB11

Bilaga 4: Översiktlig analys Käppalaverket 900 000 pe

Bilaga 5: Anläggningskostnads kalkyl

Bilaga 6: Genomförandetidplan

Bilaga 7: Rapport hydrauliska beräkningar

SWECO ENVIRONMENT AB

Gjörwellsgatan 22

PO Box 34044

100-26 Stockholm

Elbląg, August 31, 2011

Dear Sirs,

With reference to the Sub-Consultancy Agreement between Sweco and BIOGRADEX®, and with reference to the Minutes of Meeting of 22 June 2011 regarding the conceptual design for BB11 of Käppala WWTR, we submit the document here below, together with the supporting drawings.

1. INTRODUCTION

We offer the implementation of the patented technology as per the European Patent No. 079851, further called the BIOGRADEX® technology®.

We offer to Käppala WWTR the original method for the waste treatment, and the process of degassing forms the part of BIOGRADEX® technology®. It deals with the method of waste treatment by the application of active sludge, which, when applied, affects the whole process of the water treatment at the WWTR.

Although within the secondary clarifiers the useful features of the patented process are distinguishable in a particularly strong way, they spread and positively affect all areas of the active sludge chambers.

While using BIOGRADEX® technology® as a method for the whole process of treatment, depending on more specific circumstances, the concentration of the active sludge increases more than 2 times, nearing to 3, therefore in practical terms the coefficient of technical efficiency of the existing plant also increases by more than 2 times and nears 3.

The owner of the patented method believes that this is the unique value our patent can add to Käppala WWTR, and this should be the premise for any negotiations on the subject of the implementation of the patented technology.

It also includes the patented solutions of towers for vacuum degassing, the latter being subsidiary in the patented process.

2. PROCESS DESIGN CALCULATIONS AND TECHNICAL DESCRIPTION

Treatment for 700000 PE – technical data

Flow

<u>For line B-11</u>	<u>for 5 lines</u>	<u>for 11 lines</u>
$Q_{av..} = 18800[m^3/d]$	$\sim 142000[m^3/d]$	$215000[m^3/d]$
$Q_{design.} = 27648[m^3/d]$	$\sim 209500[m^3/d]$	$316000[m^3/d]$
$Q_{max} = 55296[m^3/d]$	$\sim 276500[m^3/d]$	$419000[m^3/d]$

Load of pollution – B-11

$$\text{BOD}_7 = \frac{43 \text{ ton} * 0,66}{5} = 5676[\text{kg/dO}_2] \sim 300[\text{g/m}^3\text{O}_2]$$

$$\text{P}_T = \frac{1,4 \text{ ton} * 0,66}{5} = 185[\text{kg/d}] \sim 9,8[\text{g/m}^3]$$

$$\text{N}_T = \frac{7 \text{ ton} * 0,66}{5} = 920[\text{kg/d}] \sim 49[\text{g/m}^3]$$

Load after primary clarifier – reduced by 30%

$$\text{BOD}_7 = 5676 * 0,70 \cong 4000[\text{kg/dO}_2]$$

$$\text{P}_T = 1850[\text{kg/d}]$$

$$\text{N}_T = 920[\text{kg/d}]$$

$$\frac{\text{BOD}}{\text{N}} = \frac{4000}{920} = 4,33 : 1$$

$$\frac{\text{BOD}}{\text{P}} = \frac{4000}{185} = 21,6 : 1$$

Cells volume:

$$\text{Anoxic} \quad V = 1214[\text{m}^3]$$

$$\text{Anaerobie} \quad V = 5700[\text{m}^3] \sim 34\%$$

$$\text{Aerobic} \quad V = 11000[\text{m}^3] \sim 66\%$$

$$\text{Total} \quad V = 16700[\text{m}^3] \quad 1214[\text{m}^3] \rightarrow \Sigma 17900[\text{m}^3]$$

$$\text{Secondary clarifier – area } F = 1440[\text{m}^2]$$

Parametr of process with 4,0[kg/m³]

Concentration of actived sludge (AS) – assumption:

$$\underline{\underline{Z = 4,0[\text{kg.ss/m}^3]}}$$

Assumed increase in AS:

$$2,3[\text{kg/m}^3] \rightarrow 4,0[\text{kg/m}^3]$$

Amount AS in cells:

$$G = 16700[\text{m}^3] * 4[\text{kg/m}^3] = 66800[\text{kg}]$$

Load of AS:

$$\text{average} = \frac{4000[\text{kg}]}{66800[\text{kg}]} = 0,06[\text{kg/kg}]$$

Load by sludge on secondary clarifier:

$$\text{average} = \frac{18800[\text{m}^3/\text{d}] * 4[\text{kg/m}^3]}{1440[\text{m}^2]} = 52[\text{kg.ss/m}^2\text{d}]$$

$$\text{design} = \frac{27648[\text{m}^3/\text{d}] * 4[\text{kg/m}^3]}{1440[\text{m}^2]} = 76,8[\text{kg.ss/m}^2\text{d}]$$

Expected sludge concentration in RAS:

$$Z_R \cong 12[\text{kg/m}^3]$$

With the above parameters the expected effluent results should be achieved:

$$\text{BOD} \quad 5 \div 7[\text{g/m}^3\text{O}_2]$$

$$\text{COD} \quad 40 \div 60[\text{g/m}^3\text{O}_2]$$

$$\text{TSS} \quad 6 \div 10[\text{g/m}^3]$$

$$\text{N}_T \quad 5 \div 8[\text{g/m}^3]$$

P_T – with balance 21:1(BOD : P_T) the process will need the supporting chemical treatment.

Parameter of process with 4,0[kg/m³]:

$$\underline{\underline{Z = 5,0[\text{kg.ss/m}^3]}}$$

Assuming increase in AS:

$$G = 16700[m^3] * 5[kg/m^3] = 83500[kg.ss]$$

Load of AS:

$$O = \frac{4000}{83500} = 0,048[kg/kg]$$

Load by sludge on secondary clarifier:

$$\text{average} = \frac{18800[m^3/d]*5,0[kg/m^3]}{1440[m^2]} = 65[kg.ss/m^2d]$$

$$\text{design} = \frac{27648[m^3/d]*5,0[kg/m^3]}{1440[m^2]} = 96[kg.ss/m^2d]$$

Expected sludge concentration in RAS:

$$Z_R \cong 13[kg/m^3]$$

We continue with further summary of the expected working results with the use of BIOGRADEX® technology® at the Käppala WWTR, to be achieved depending on the sludge concentration in denitrification chambers, in addition to the data already supplied, where:

Z - Sludge Concentration (kg/m³)

G - Sludge Volume (kg)

O – Sludge Load (kg/kg)

O_{os} – Load of Secondary Clarifiers with Dry Mass (D.M.) (kg D.M./m²d)

Sludge Concentration Used [kg/m³]	Flow [m³/d]		
	Q_{daily average} = 18 800	Q_{calc} = 27 650	Q_{rain} = 55 000
4,5 G = 75 000 O _{os} = 0,053	Z = 4,5 O = 59	Z = 4,5 O = 86,4	Z = 3,0 O = 172
5,0 G = 83 300 O _{os} = 0,048	Z = 5,0 O = 62	Z = 4,5÷5,0 O = 96	Z = 2,8÷3,0
5,5 G = 91 800 O _{os} = 0,044	Z = 5,5 O = 68	Z = 4,5 O = 106	Z = 2,8
6,0 G = 100 000 O _{os} = 0,040 (not recommended but possible)	Z = 6,0 O = 74	Z = 5,2 O = 115	Z = 2,8

Under the proposed solution, in case of the intensified rain waters flow, the sludge will form a layer at the bottom of the secondary clarifiers and will not flow out. When rain stops the sludge will be re-circulated to the aeration tanks. The optimum conditions will be established in the process of starting up and immediately after.

3. FLOWCHART AND HYDRAULIC PROFILE

These we have illustrated as per drawing No. 1.

The drawing maintains the vertical scale as 1:100. No scale applied to horizontal view.

The effluent level at the secondary clarifier has been assumed at 0,00[m].

The difference in flow level, described as 0,50[m], is required.

4. VACUUM TOWER UNIT

These we have illustrated as per drawings No. 2, 3, 4, 5, 6, 7.

The unit comprises:

- Vacuum chamber.
- Two vacuum pumps, one to carry the load, second as a stand by, of motor power 45[kW] and of consumed power 37[kW]; the power requirement has been specified to withstand severe rain flows; the weight of each pump is 1.0t.
- Cooling system for the vacuum pumps working fluid.
- Flow supporting system, located within the vacuum tower, for levelling the difference of 0,50[m] between the flow of the activated sludge chamber and the clarifier.
- System of technological connections and fittings, as well as of protective and signalling devices.

5. ELECTRICS PART

The switchgear RX001 is dedicated to power supply of vacuum pumps

Pumps will be started locally from the switchgear.

The switchgear is equipped in PLC controller. Controller supervises the operation of devices and signals submitting to the object superior control system:

- the state of work of pumps;
- the current of engine pump (P1, P2);
- pressure in installation;
- the temperature of water cooling.

Type of PLC: MicroLogix 1100 (Allen Bradley/Rockwell Automation) with communication port EtherNet/IP 10/100 Mbps and port RS-232/RS485.

6. RUNNING COSTS EFFECTS

The following should be expected, is the BIOGRADEX® technology® has been implemented:

- Power consumption ~ 0,03[kWh/m³] necessary for achieving the vacuum, however, in case of joint vacuum pump systems for 5 lines working simultaneously this requirement will be reduced to 0,02[kWh/m³].
- Effective saving of the substantially higher power consumption, otherwise to be expected in case of erecting completely new treatment lines.

7. MAIN REQUIREMENTS WITH REGARDS TO EXISTING CONDITIONS

- 100 per cent Q_{obl} flow for sludge recirculation,
- 300% Q_{obl} for denitrification recirculation,
- effective sludge skimming equipment at secondary clarifier,
- efficient and properly working aeration system to meet new requirements of larger flow,
- optional manual recirculation control capability, depending on the level of sludge at the bottom of clarifier (to be considered).

8. ASSEMBLING OF VACUUM TOWERS

We submit our proposal of assembling and positioning the towers, subject to your consultation and agreement. While we specified the expected loads, there is a possibility of dynamic loads, resulting from fluctuation of effluent flows, and vacuum environment. Please refer to the drawings No. 8, 9.

9. SCOPE AND TERMS OF DELIVERY

9.1. Scope of offer:

A package comprising our patented method of waste treatment, amendment of a concept, the equipment delivery, assembling of the units and installation of all associated equipment, supervision of the commissioning and training. The implementation of degassing, as an essential tool within the BIOGRADEX technology, will be part of our package offer but is not on offer separately. The package will include:

- (i) The right to implement and use Biogradex technology, however for B11 line only; any implementation and usage of the said technology for other lines of Käppala or other waste water treatment plant would involve a separate agreement.
- (ii) The execution and delivery of installations, including the conceptual design, flowcharts etc., as well as the conceptual design of the necessary changes within the existing B11 Line to deliver the sludge to clarifier. To achieve this, among other steps, 1 visit by Biogradex specialists to the B11 site may be needed (we propose at the expense of Biogradex), to do the audit of the existing system, and to complete the design works, which will define and present the whole process offered.
- (iii) The delivery of all required technological equipment, including:
 - Vacuum tower
 - Vacuum pumps, forming part of the full circulation system for working fluids, including the cooling system of the fluids with the treated waste
 - Safety system to neutralise any vacuum surge impact
 - Waste inflow system to clarifier and similar
 - Extinguishing excessive foam in the places indicated in the scheme
 - Control system with the control panel
- (iv) Assembling of the whole system. The preparation and erection of the towers at the emptied secondary clarifier; following this hoisting the units to prepared ceiling fixtures (the scope of works by investor, such as preparation of the site,

availability of the necessary erection equipment, ensuring installation, power source, ceiling fixtures, etc. would have to be agreed separately).

- (v) The materials and equipment of the Biogradex installation of proper quality would be sourced in Poland (where it would also be prefabricated and partly assembled) or locally, such as stainless steel (1.4301 specification preferred).
- (vi) The putting of the complete system in operation, carried out as the start-up of a normal operational process, and supervision and initial monitoring of its performance, in close co-operation with the investor's personnel.
- (vii) Preparation of the existing sludge enabling fast and proper transformation to suit the requirements of the BIOGRADEX technology for the first phase of putting the system into operation (at Biogradex cost).
- (viii) The training of the personnel coincided with the start-up and supervision of putting the system in operation.
- (ix) The necessary aftersales service.
- (x) The necessary manuals for operation and maintenance.

9.2. Guarantees

- (i) The achievement of the efficiency and discharge parameters as outlined by Käppala WWTR, including the increase of sludge concentration by at least 100 up to 120 per cent for the whole unit, depending on the final tuning
- (ii) The possibility of the efficient carrying through WWTR high volumes of rain waters, elimination of the washing out the sludge.
- (iii) Effective supervision of putting the system into operation.
- (iv) The efficient aftersales service. Our experience shows that the life time of units installed by Biogradex exceeds 30 years, with the exception of vacuum pumps, which could last 10 to 15 years. Generally repairs with the proper maintenance are rare.
- (v) Easy operation of the plant.
- (vi) Low maintenance costs, practically limited to the cost of power supply, which can be calculated as 0.03[kWh/m³] assuming the average Q = 27650[m³/d].
- (vii) Warranties. Standard warranty for the equipment is 3 years. Warranty for performing the technological function as per conditions specified by the design and manuals – 11 years.
- (viii) Ultimately, fully effective operation of the plant with better results than those specified by the Käppala WWTR as technological requirements

9.3. Cost

The total cost of the above delivery has been calculated at
Swedish Krona 11m (SEK eleven million), understood F.O.B. Polish port.

10. FINAL

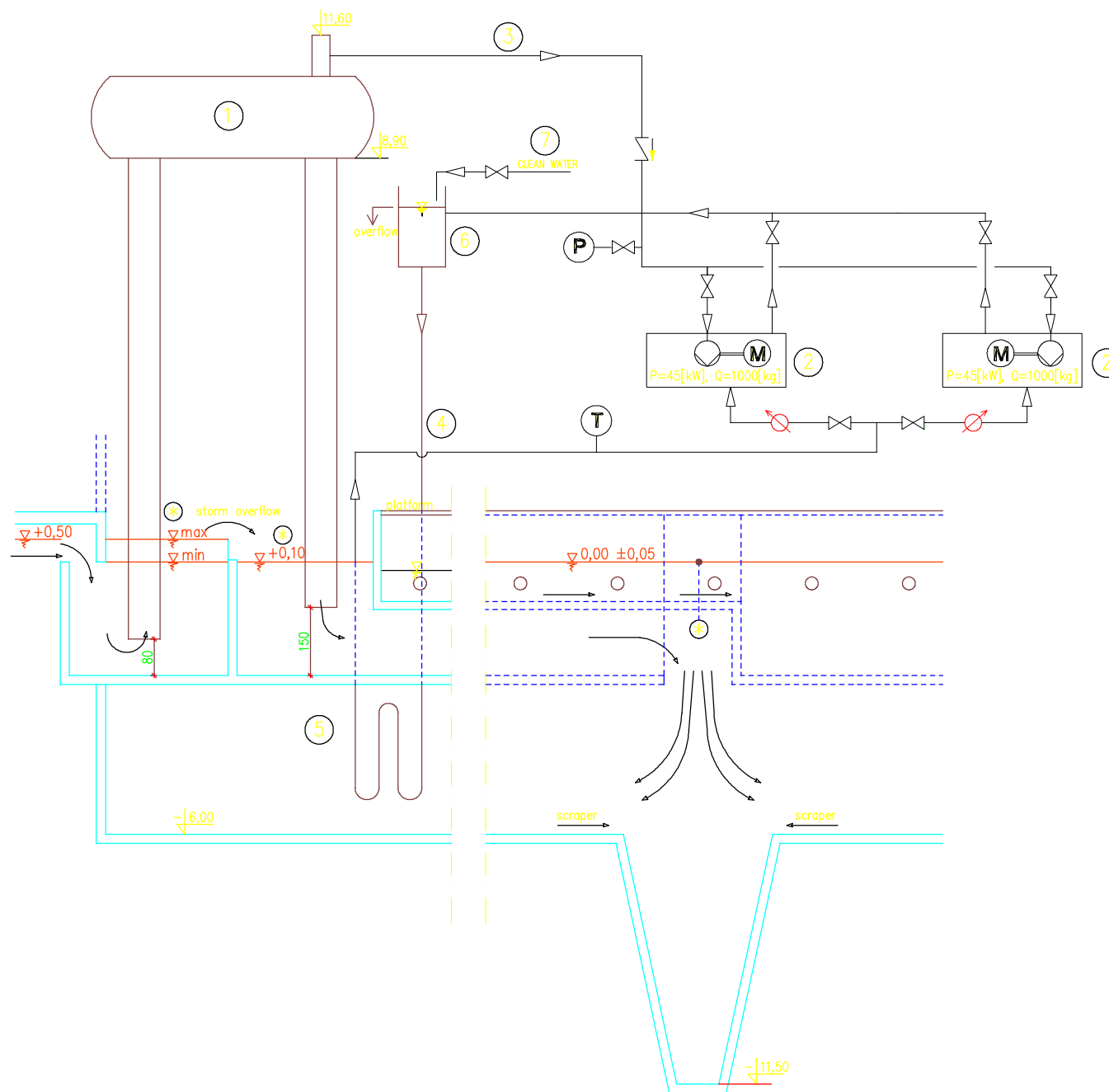
We suggest that our visit to discuss the requirements in details and to propose possible modifications, without any prior obligations on your side, would be necessary in 2-3 weeks - in any case prior to any decisions. Naturally we would bear the cost of such a visit.

In the attachment you can find a description of BIOGRADEX® technology®, implemented in the Kåppala water treatment plant. Please contact us in case of any doubts or questions. The documentation will be mailed to you tomorrow. Regards,

FOR AND ON BEHALF OF
BIOGRADEX-HOLDING LTD

.....

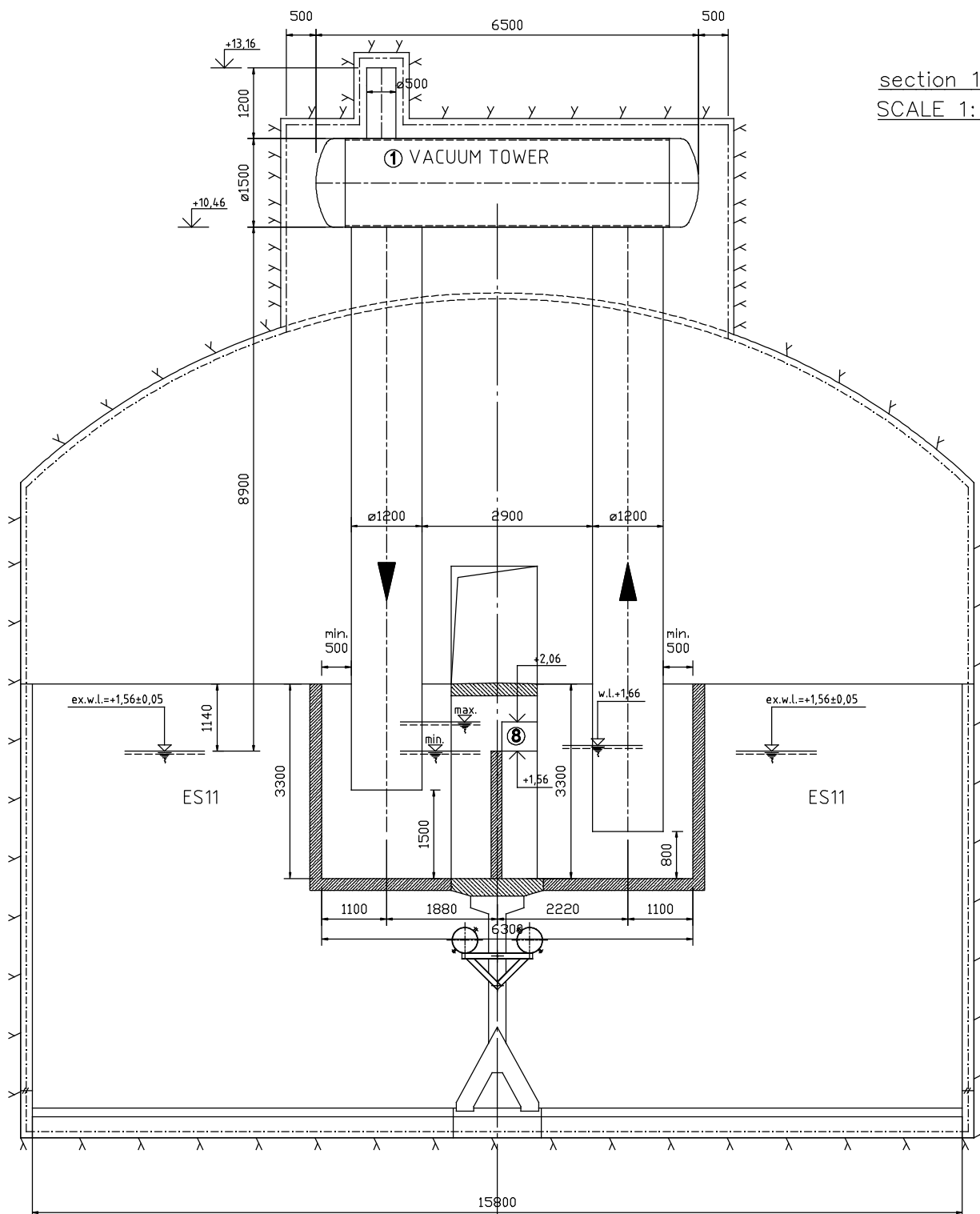
FLOWCHART & HYDRAULIC PROFILE



LEGEND

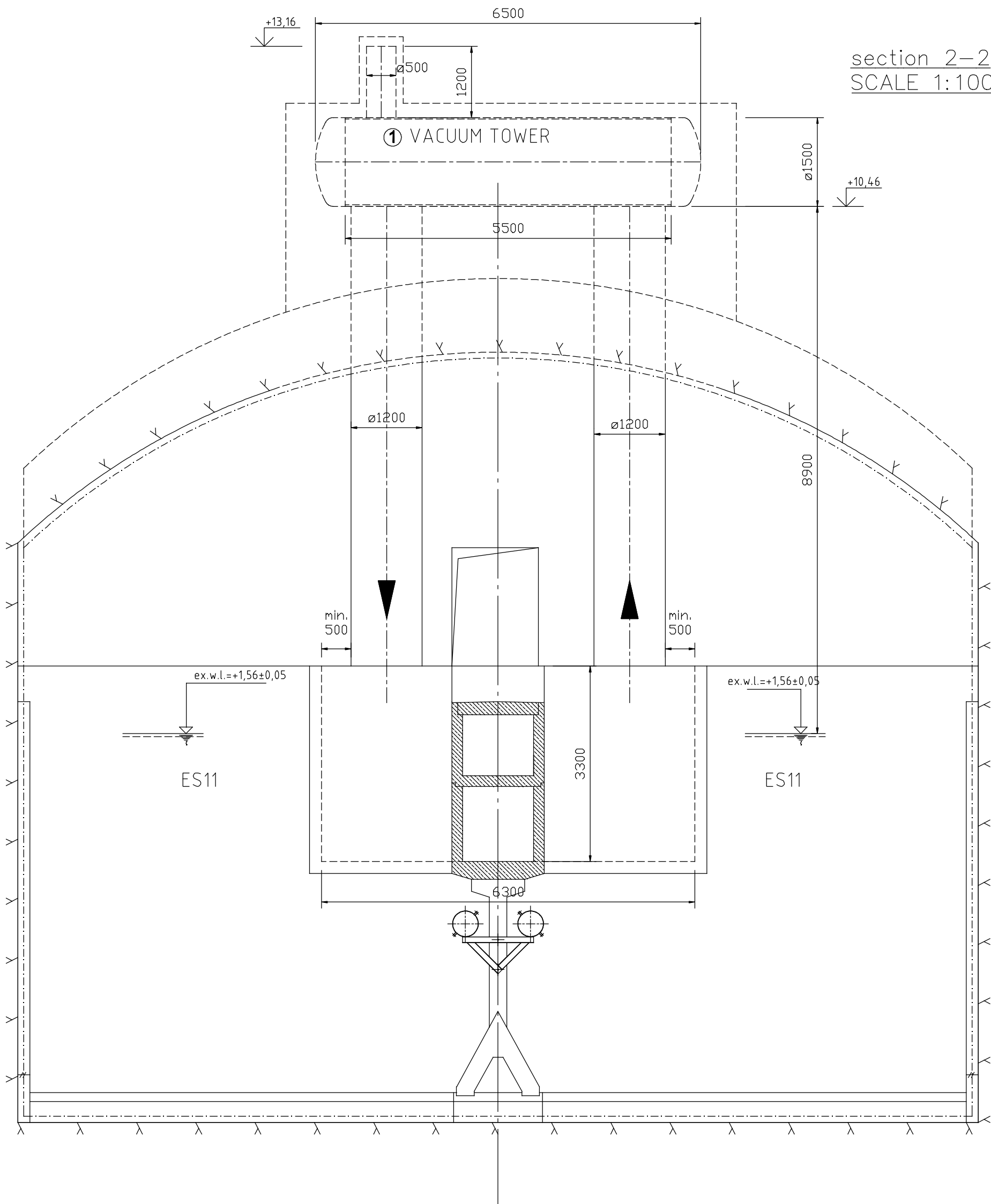
- 1 VACUUM TOWER
- 2 VACUUM PUMP
- 3 VACUUM LINE
- 4 CIRCULATING WATER
- 5 CIRCULATING WATER COOLER
- 6 WATER TANK
- 7 CLEAN WATER
- 8 STORM OVERFLOW
- 9 FOAM DESTRUCTION AREA

BIOGRADEX Holding Sp. z o.o. 82-300 ELBLAG ul. Robotnicza 55/10 <i>BIURO I PRACOWNIA:</i> ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901 e-mail: biogradex@biogradex.pl		RYS. NR
TEMA: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Kłppala		1
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		BRANZA:
NAZWA RYS.: FLOWCHART & HYDRAULIC PROFILE		TECHNOLOGIA
GL. projektant: mgr inż. Andrzej Gólc upr.4/EL/75 Zespół autorski: mgr inż. Krzysztof Gluchowski		FAZA:
sprawdził:		konceptcja
		DATA 08.2011
		SKALA
		UMOWA 0

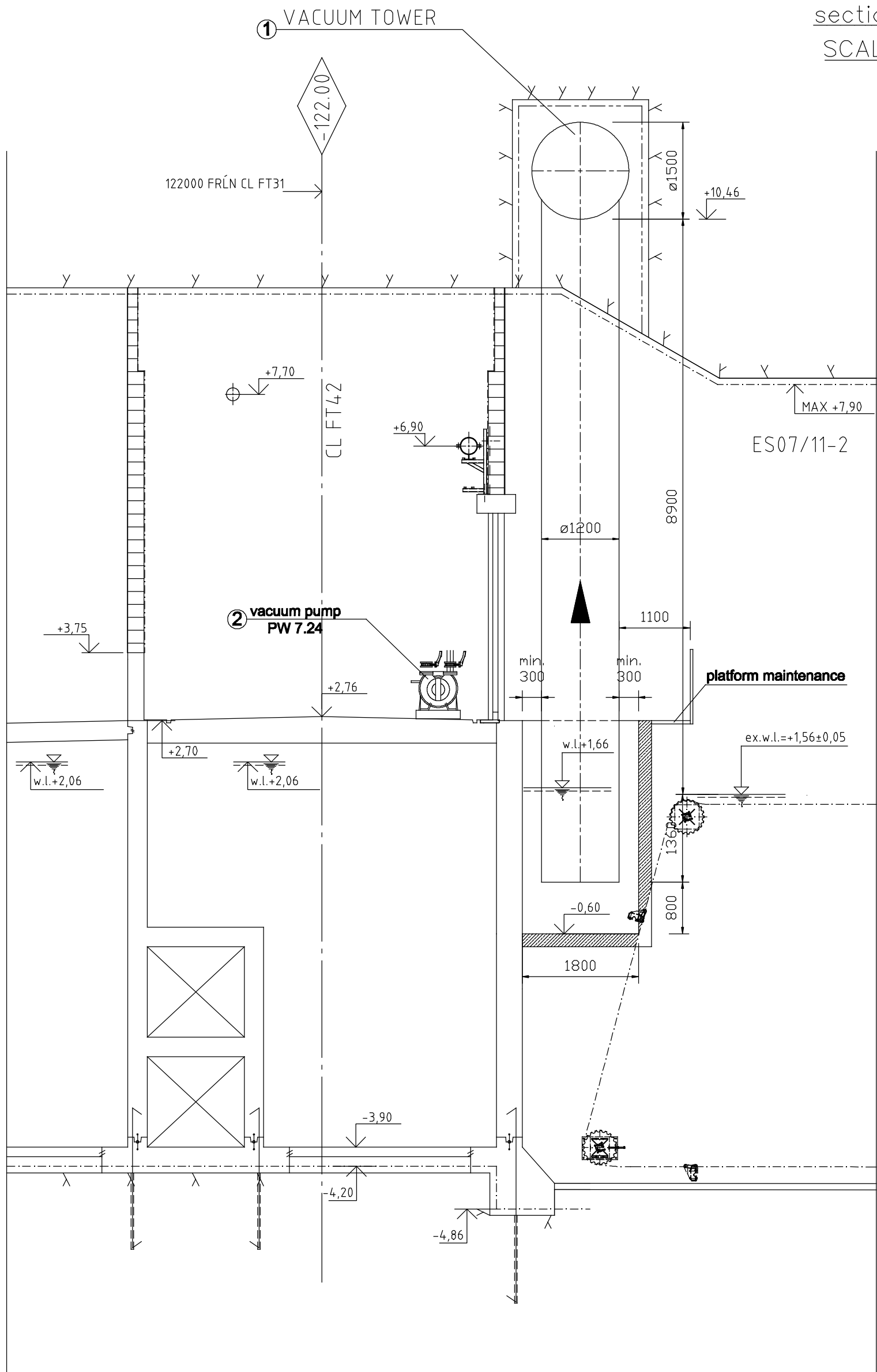


section 1-1
SCALE 1:100

BIOGRADEX^y Holding Sp. z o.o. 82-300 ELBLĄG ul. Robotnicza 55/10		RYS. NR 3
BIURO / PRACOWNIA: ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL/FAX: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 230 43 00; (0-55) 642 19 01 e-mail: biograde@biograde.pl		BRANZA: TECHNOLOGIA
TEMAT: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Käppala		FAZA: konsepcja
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		DATA 08.2011
NAZWA RYS: section 1-1		SKALA 1:100
Gł. projektant mgr inż. Andrzej Gólc upr.4/EL/75 Zespół autorski mgr inż. Krzysztof Głuchowski		UMOWA 0
sprawdził		

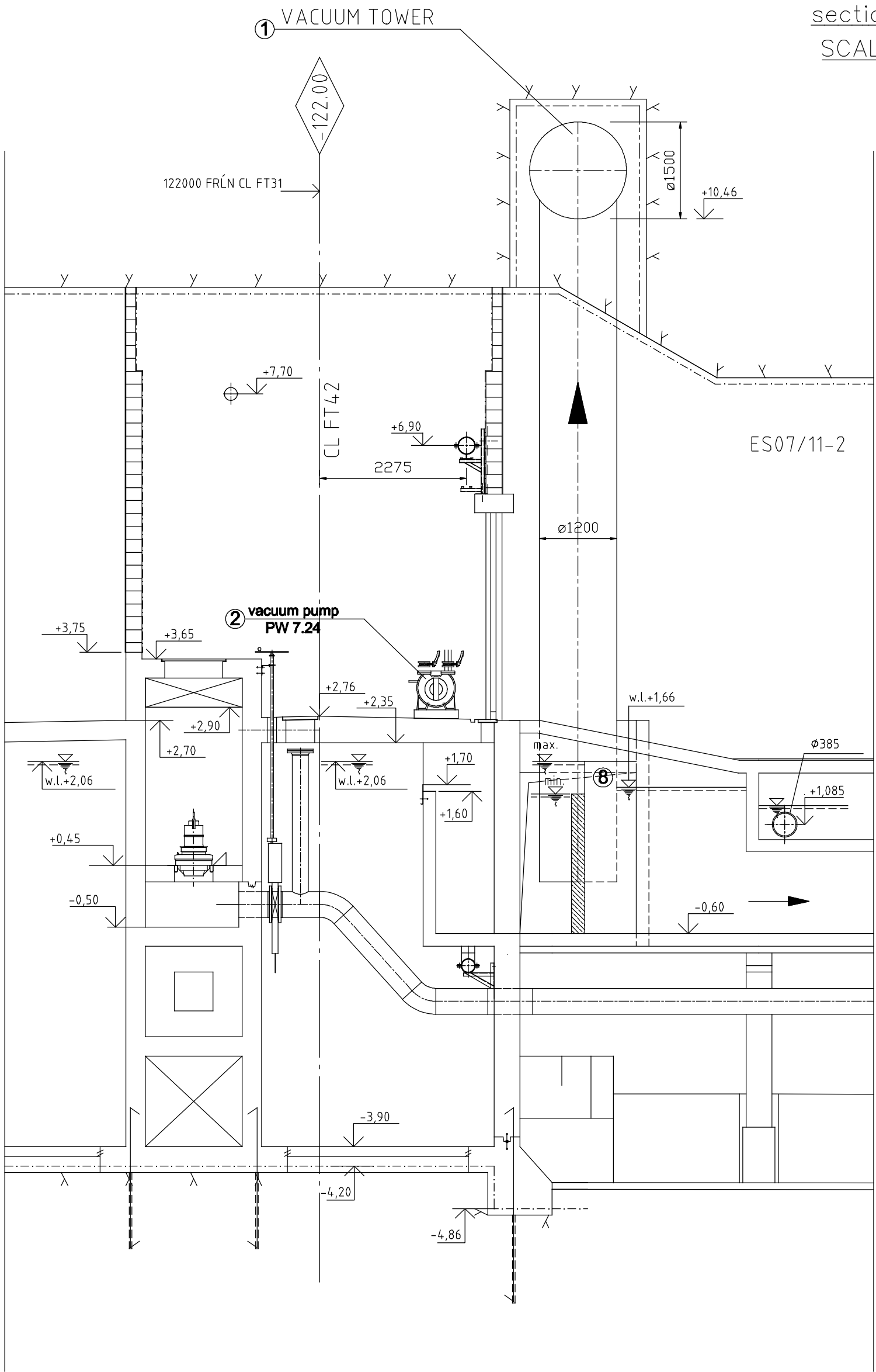


BIOGRADEX^y 82-300 ELBLĄG ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901 e-mail: biogradex@biogradex.pl		RYS. NR
BIURO I PRACOWNIA: ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901 e-mail: biogradex@biogradex.pl		4
TEMAT: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Käppala		BRANZA: TECHNOLOGIA
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		FAZA: koncepcja
NAZWA RYS.: section 2-2		DATA 08.2011
Gł. projektant : mgr inż. Andrzej Gólczyński upr.4/EL/75 Zespół autorski : mgr inż. Krzysztof Głuchowski		SKALA 1:100
sprawdzit		UMOWA 0

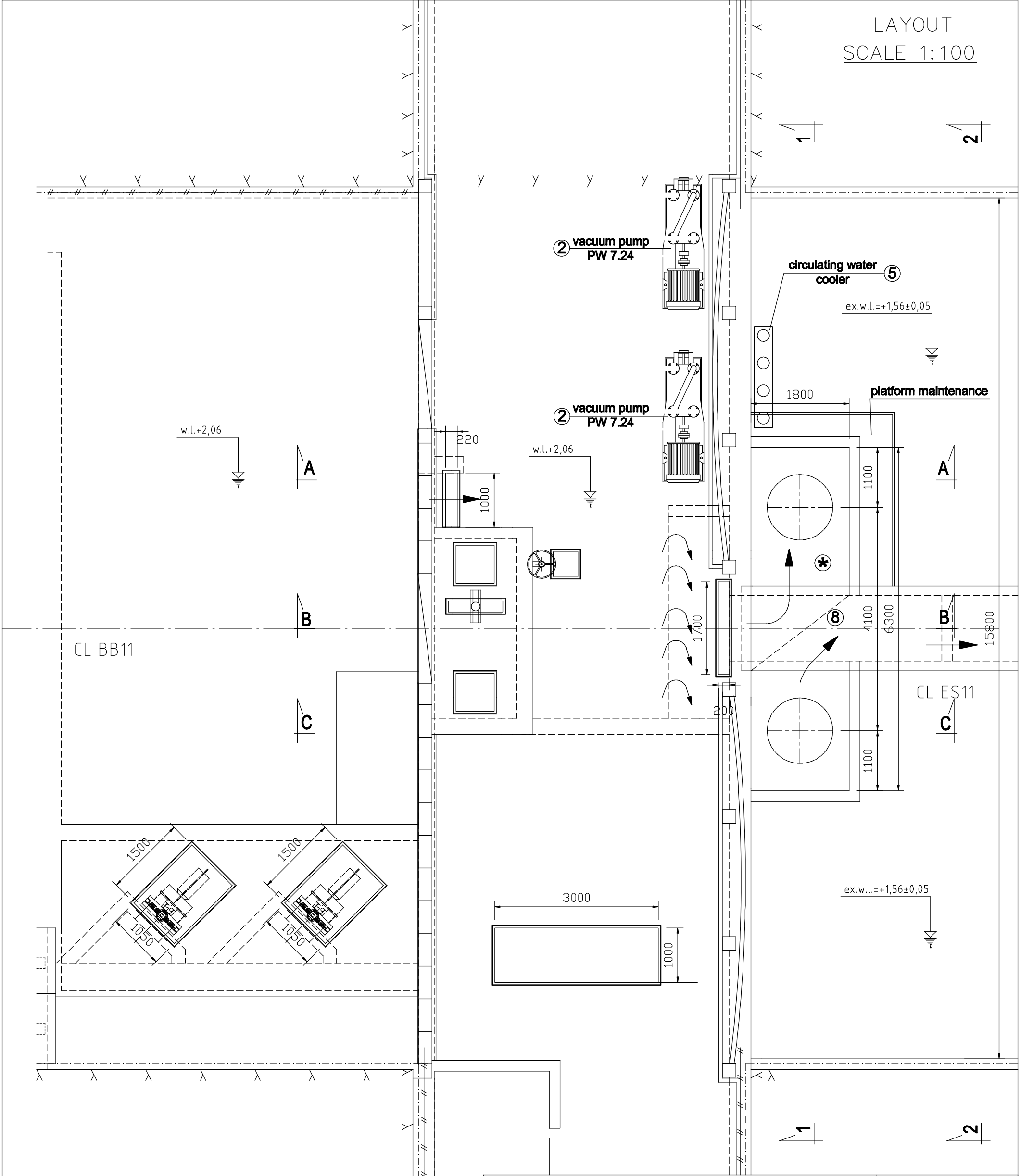


BIOGRADEX^y 82-300 ELBLĄG BIURO I PRACOWNIA: ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901 e-mail: biogradex@biogradex.pl		Holding Sp. z o.o. ul.Robotnicza 55/10
TEMAT: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Käppala		BRANZA: TECHNOLOGIA
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		FAZA: koncepcja
NAZWA RYS.: section A-A		DATA 08.2011 SKALA 1:100 UMOWA 0
Gł. projektant : mgr inż. Andrzej Gólczyński Zespół autorski : mgr inż. Krzysztof Głuchowski	mgr inż. Andrzej Gólczyński upr.4/EL/75 mgr inż. Krzysztof Głuchowski	

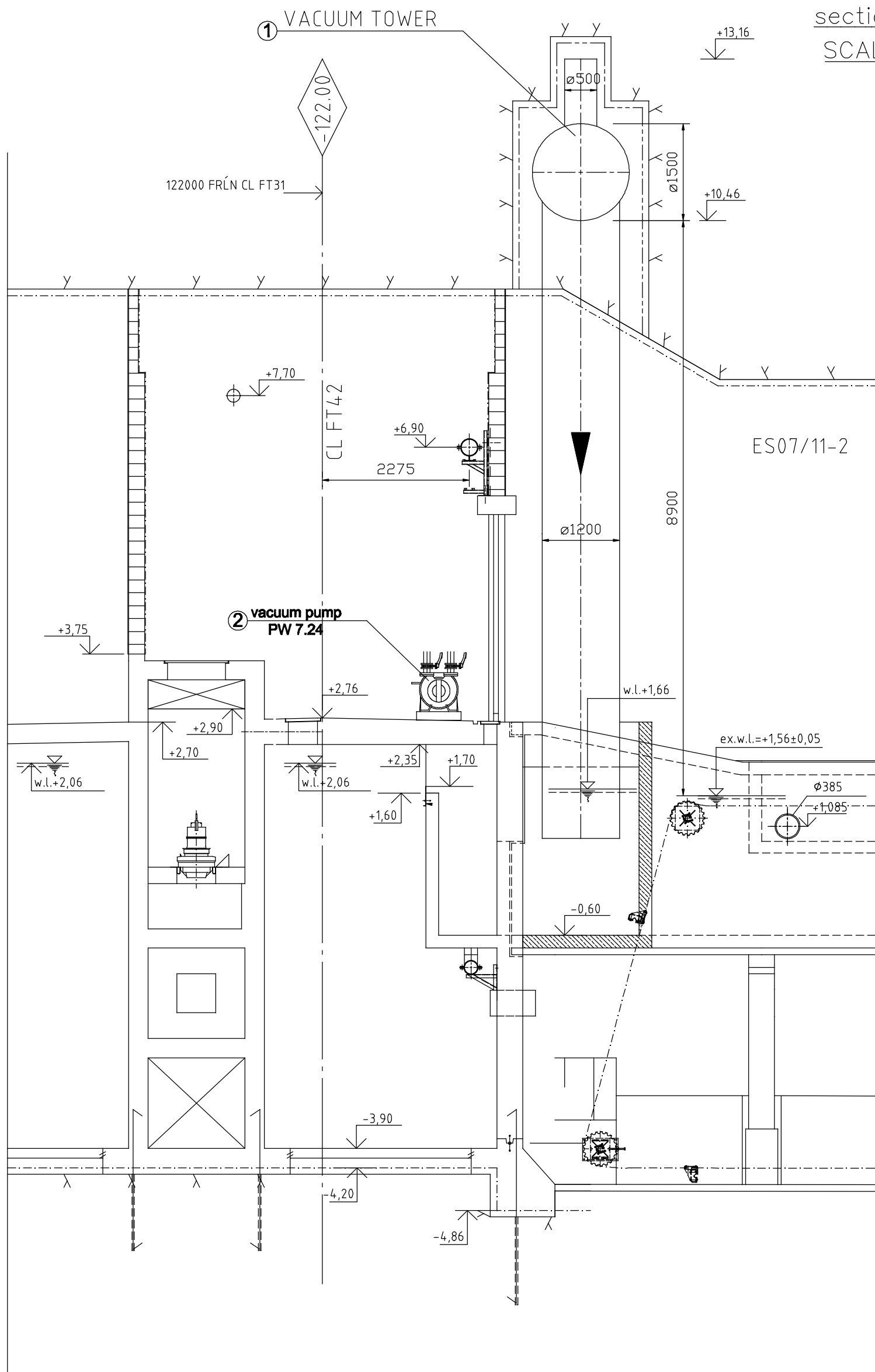
RYS. NR	5
BRANZA:	TECHNOLOGIA
FAZA:	koncepcja
DATA	08.2011
SKALA	1:100
UMOWA	0



BIOGRADEX^y 82-300 ELBLĄG BIURO I PRACOWNIA: ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901 e-mail: biogradex@biogradex.pl		RYS. NR
Holding Sp. z o.o. ul. Robotnicza 55/10		6
TEMAT: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Käppala		BRANZA: TECHNOLOGIA
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Görwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		FAZA: koncepcja
NAZWA RYS.: section B-B		DATA 08.2011
Gł. projektant : mgr inż. Andrzej Gólczyński upr.4/EL/75 Zespół autorski : mgr inż. Krzysztof Głuchowski		SKALA 1:100
sprawdzil		UMOWA 0

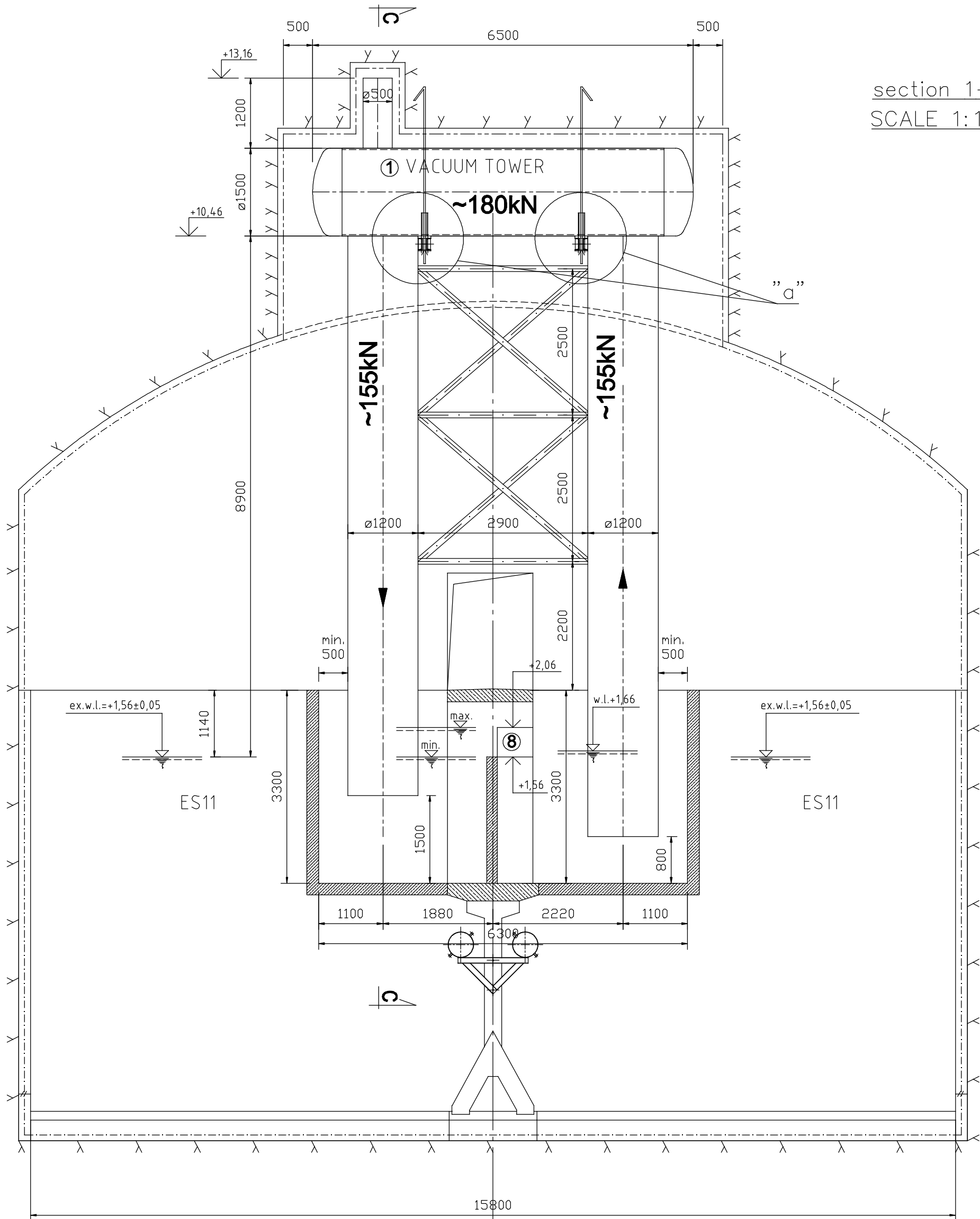


BIOGRADEX 82-300 ELBLĄG BIURO I PRACOWNIA: ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901 e-mail: biogradex@biogradex.pl		RYS. NR 2
TEMAT: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Käppala		BRANZA: TECHNOLOGIA
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		FAZA: konsepcja
NAZWA RYS.: LAYOUT		DATA 08.2011
Gł. projektant : mgr inż. Andrzej Gólczyński upr.4/EL/75 Zespół autorski : mgr inż. Krzysztof Głuchowski		SKALA 1:100
sprawdził		UMOWA 0

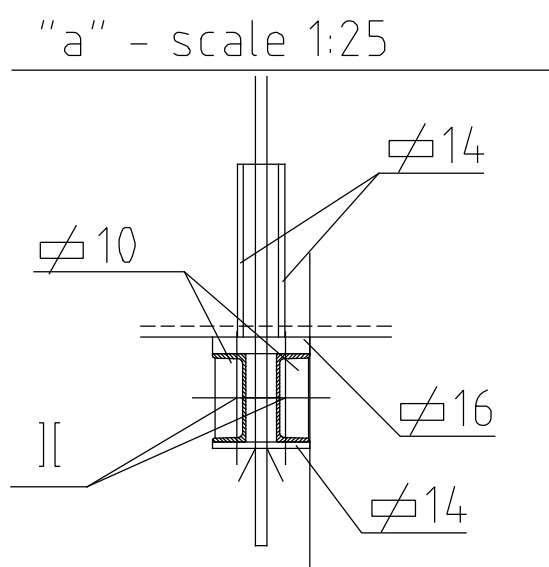


section C-C
SCALE 1:100

BIOGRADEX^y 82-300 ELBLĄG BIURO I PRACOWNIA: ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901 e-mail: biogradex@biogradex.pl		RYS. NR
Holding Sp. z o.o. ul.Robotnicza 55/10		7
TEMAT: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Käppala		BRANZA: TECHNOLOGIA
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		FAZA: koncepcja
NAZWA RYS.: section C-C		DATA 08.2011
Gł. projektant : mgr inż. Andrzej Gólczyński upr.4/EL/75 Zespół autorski mgr inż. Krzysztof Głuchowski		SKALA 1:100
sprawdzik		UMOWA 0



section 1-1
SCALE 1:100



BIOGRADEX^y 82-300 ELBLĄG ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 642 19 01 e-mail: biogradex@biogradex.pl		RYS. NR
BIURO I PRACOWNIA: ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 642 19 01 e-mail: biogradex@biogradex.pl		9
TEMAT: Conceptual technological design for modernisation of WWTP Käppala		BRANZA: KONSTRUKCJA
INWESTOR: SWECO ENVIROMENT AB Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm		FAZA: koncepcja
NAZWA RYS.: section 1-1		DATA 08.2011
Gł. projektant : mgr inż. Andrzej Gólczyński upr.4/EL/75 Zespół autorski inż. Andrzej Łasiński upr.70/EL/76 techn. Katarzyna Rabiega		SKALA 1:100
sprawdzit		UMOWA 0

VACUUM TOWER

+13,16

handle for assembly

~180kN

+10,46

~155kN

ES07/11-2

8900

ø1200

ex.w.l.=+1,56±0,05

w.l.+1,66

vacuum pump
PW 7.24

+1,70

BIOGRADEX

Holding Sp. z o.o.
ul.Robotnicza 55/10

RYS. NR

8

BIURO I PRACOWNIA:

ul. 1 Maja 45 82-300 Elbląg
TEL./FAX.: (0-55) 642 19 09 ; (0-55) 239 43 00; (0-55) 6421901
e-mail: biogradex@biogradex.pl

BRANZA:

KONSTRUKCJA

FAZA:

koncepcja

TEMAT:

Conceptual technological design for
modernisation of WWTP Käppala

DATA

08.2011

INWESTOR:

SWECO ENVIROMENT AB
Gjörwellsgatan 22 PO Box 34044, Stockholm

SKALA

1:50

NAZWA RYS.:

section C-C

UMOWA

0

Gł. projektant :
Zespół autorski

mgr inż. Andrzej Gólcz upr.4/EL/75
inż. Andrzej Łasiński upr.70/EL/76
techn. Katarzyna Rabiega

sprawdził

		12 g N/pe,d	
1	Belastning		
1.1	Antal anslutna	700 000	pe
	Summa flöde	75 000 000	m ³ /år
	Q medel	18 800	m ³ /d
	Qdim	27 648	m ³ /h
	Qdim	8	m ³ /s
	Qmax ARV	9	m ³ /s
	Q max förbeh	21 600	m ³ /h
	Q max förbeh	6	m ³ /s
	Q max, bräddvatten	0	m ³ /h
	Q max, bräddvatten	3	m ³ /s
	Q max bio	55 296	m ³ /d
	Q max bio	6	m ³ /s
1.1.1	COD	298,0	
	BOD7	116,0	
	BOD5	103,0	
	Tot-N	45,9	
	Tot-P	5,5	
	SS	116,0	
1.2	COD	5 602	kg/d
	BOD7	2 181	kg/d
	BOD5	1 936	kg/d
	Total-N	863	kg/d
	NH4-N	0	kg/d
	Total-P	103	kg/d
	PO4-P	0	kg/d
	SS	2 181	kg/d
	SS/BOD5	1,1	
	BOD5/Total-N	2,2	
	BOD5/Tot-P	18,7	
1.4	Utsläppskrav		
	BOD7	4,0	mg/l
		75	kg/d
	Tot-N	5,0	mg/l
		94	kg/d
	Tot-P	0,2	mg/l
		4	kg/d
2.0	Reduktion över försed		
	COD	30	%
	BOD7	30	%
	BOD5	30	%
	Total-N	0	%
	NH4-N	0	%
	Total-P	10	%
	PO4-P	10	%
	SS	40	%

2.1 Belastning Biosteg

COD	5 602	kg/d
BOD7	2 181	kg/d
BOD5	1 936	kg/d
Total-N	863	kg/d
NH4-N	0	kg/d
Total-P	103	kg/d
PO4-P	0	kg/d
SS	2 181	kg/d
BOD5/Tot-N	2,2	
BOD5/Tot-P	18,7	
SS/BOD5	1,1	

2.2 Fördelning Biosteg

Flödesbelastning % av 700 kpe	100	100	%
Flödesbelastning % av 700 kpe			100 %
COD	5 602	5 602	5 602 kg/d
BOD7	2 181	2 181	2 181 kg/d
BOD5	1 936	1 936	1 936 kg/d
Total-N	863	863	863 kg/d
NH4-N	0	0	0 kg/d
Total-P	103	103	103 kg/d
PO4-P	0	0	0 kg/d
SS	2 181	2 181	2 181 kg/d
BOD5/Tot-N	2,2	2,2	2,2
BOD5/Tot-P	18,7	18,7	18,7
SS/BOD5	1,1	1,1	1,1

3.0 Dimensionering Biosteg

	BB11 4g	BB11 5g	BB 11 6 g
VSS	65	65	65 %
Slamproduktion	0,70	0,70	0,70 kgSS/kgBOD5
	1 355	1 355	1 355 kgSS/d
	881	881	881 kgVSS/d
Kemslamproduktion simultanfällning	558	558	558 kg SS/d
Total slamproduktion	1 914	1 914	1 914 kg SS/d
MLSS koncentration	4,0	5,0	6,0 kgMLSS/m3
MLVSS koncentration	2,6	3,3	3,9 kgMLVSS/m3
N innehåll i VSS	8	8	8 %
P innehåll i VSS	2	2	2 %
N icke nedbrytbar	1,5	1,5	1,5 % of influent N
Temperatur	9	9	9 °C
Denitrifikationshastighet	1,1	1,1	1,1 g NO3-N/kgVSS,h
Nödvändig Oxisk slamålder	11	11	11 d
Nitrifikationshastighet	1,1	1,1	1,1 g N/kg VSS, h

3.0	Nödvändig volym biosteg			
	Slamålder, aerob	5 263	4 210	3 509 m ³
	Nitrifikationshastighet	7 241	5 793	4 828 m ³
	Denitrifikationshastighet	5 233	4 186	3 489 m ³
	Total	12 474	9 979	8 316 m³
3.1	Volym biosteg			
	Djup	10	11	10 m
	Anox	9 194	9 194	9 194 m ³
	Ox	8 800	8 800	8 800 m ³
	DeOx	660	660	660 m ³
	Total	18 654	18 654	18 654 m³
3.2	Kontrollparametrar			
	F/M-kvot	0,026	0,021	0,017 kg BOD5/kg MLSS,d
	BOD-belastning	0,10	0,10	0,10 kg BOD5/m ³ ,d
	Total slamålder	39,0	48,7	58,5 d
	Aerob slamålder	18,4	23,0	27,6 d
4	Kvävebalans			
	Tot-N in till biosteg	863	863	863 kg N/d
	Tot-N till överskottslam	70	70	70 kg N/d
	Tot-N inert	13	13	13 kg N/d
	Tot-N till bio	779	779	779 kg N/d
4.1	Nitrifikationspotential	604	755	906 kg N/d
		779	779	779 kg N/d
	NH-4-N återstående	0	0	0 kg N/d
	NO3-N tillgängligt	779	779	779 kg N/d
	Återfört via nitratrecirk	624	624	624 kg N/d
	Utgående NO3 ej recirk	156	156	156 kg N/d
4.2	Denitrifikationspotential	631	789	947 kg N/d
	NO3-N återstående	0	0	0 kg N/d
4.3	Tot-N återstående	156	156	156 kg N/d
	Summa BB11 Utgående	156	156	156 kg/d
		8,3	8,3	8,3 mg/l
	Krav	94	94	94 kg/d
	EDN behov	62	62	62 kg/d

BB11, 4,0 gSS/l					BB11, 6 g SS/l			
Parameter		Min	Medel	Max	Min	Medel	Max	
Loads (bio, inkl.rejekt)								
BOD5		1936	1936	1936	1936	1936	1936	kg/d
NH4-N		863	863	863	863	863	863	kg/d
Flöde Q		783	783	2304	783	783	783	m3/h
Variations faktorer								
BOD5		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
NH4-N		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Flöde		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Luftningsvolym								
Djup	D	12	12	12	12	12	12	m
Area	A	917	917	917	917	917	917	m2
Volym	V	11000	11000	11000	11 000	11 000	11 000	m3
Design parametrar AOR								
BOD reduktion	BODn	95	95	95	95	95	95	%
Nitrifikation	Nn	100	100	100	100	100	100	%
Denitrifikation	DNn	80	80	80	80	80	80	%
Slamkoncentration, VSS	VSSm	2,60	2,60	2,60	3,90	3,90	3,90	kg MLVSS/m3
BOD respiration	a*	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	kgO2/kg BOD,d
Endogen respiration	b*	0,06	0,08	0,15	0,06	0,08	0,15	kg O2/kg VSS*d
Ammonium oxidationsfaktor	c*	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	kg O2/kg NH4
Denitrifikationskoefficient	d*	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	kg O2/kg NO3
Design parametrar SOTR								
α-coefficient	α	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	-
β-coefficient	β	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	-
Syrehalt, DO	CL	3	2	2	3	2	4	mg/l
Syremättnad								
C*inf,20	C20	12,89	12,89	12,89	12,89	12,89	12,89	mgO2/l
C*inf	CS,T	17,10	16,30	13,90	17,10	16,30	17,10	mgO2/l
Cst20	Cst20	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	mgO2/l
Cst	Cst	12,12	11,55	9,85	12,12	11,55	12,12	mgO2/l
Vattentemperatur	T	7	9	16	7	9	7	C
HRT	t	14	14	5	14	14	14	h
Flödeskorrektionsfaktor	k	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-
Syreinhåll luft	Oair	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	kgO2/Nm³
OE – oxygen effiency	OE	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	%/m3,m
OE – oxygen effiency	OE	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	kgO2/m3,m
Diffusor djup	D	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	m
AOR - Actual Oxidation Requirements								
BOD oxidation	COR	1104	1104	1104	1104	1104	1104	kg O2/d
Endogen respiration	EOR	1716	2288	4290	2574	3432	6435	kg O2/d
Nitrifikation	NOR	3961	3961	3961	3961	3961	3961	kg O2/d
Syreåtergång vid denitrifikation	DOR	-1974	-1974	-1974	-1974	-1974	-1974	kg O2/d
Syrebehov AOR	AOR	4806	5378	7380	5664	6522	9525	kg O2/d
SOTR - Standard Oxygen Transfer Rate								
Total	SOTR	10 611	11 125	15 561	12 505	13 492	22 745	kg O2/d
	SOTR	442	464	648	521	562	948	kg O2/h
Luftflöde								
Total luftflöde		2 478	2 598	3 634	2 920	3 151	5 312	Nm3/h
Antal luftare		1 243	1 243	1 243	1 243	1 243	1 243	Nm3/h
Specifikt luftflöde		1,99	2,09	2,92	2,35	2,53	4,27	Nm3/luftare

Månad		Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
INPUT													
Temp	°C	11,55	11,05	8,95	9,84	12,67	14,91	16,07	16,78	16,41	15,27	12,4	12,31
MLSS	kg MLSS/m3	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
VSS halt	%	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Flöde	m3/d	273 973	273 973	273 973	273 973	273 973	273 973	273 973	273 973	273 973	273 973	273 973	273 973
BOD5	kg/d	38 348	38 348	38 348	38 348	38 348	38 348	38 348	38 348	38 348	38 348	38 348	38 348
N-tot	kg/d	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800
Slamproduktion	kg MLSS/kg BOD5	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
N- tot i VSS	%	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Anox volym	m3	70 000	70 000	45 000	55 000	75 000	75 000	75 000	75 000	75 000	75 000	75 000	75 000
Ox volym	m3	70 000	70 000	95 000	85 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000
Total volym	m3	140 000	140 000	140 000	140 000	140 000	140 000	140 000	140 000	140 000	140 000	140 000	140 000
Slamålder beräknad	d	14,1	14,1	19,1	17,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1	13,1
Slamålder tempkrav	d	9,1	9,1	12,2	11,0	8,2	6,8	5,5	5,5	5,5	6,1	8,2	8,2
Nitr. Hast. Beräknad	g N/kg MLVSS, h	3,0	3,2	3,9	3,6	2,8	2,4	2,2	2,1	2,1	2,3	2,8	2,9
Nitra. Hast. Temp.	g N/kg MLVSS, h	2,0	2,0	1,4	1,6	2,2	2,7	3,3	3,3	3,3	3,0	2,2	2,2
Denitr. Hast. Temp	g NO3-N/kg MLVSS,h	1,3	1,3	1,0	1,1	1,5	1,8	2,2	2,2	2,2	2,0	1,5	1,5
MLSS	kgMLSS/m³	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
MLVSS	kg MLVSS/m3	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
Slamproduktion	kg MLSS/d	26 844	26 844	26 844	26 844	26 844	26 844	26 844	26 844	26 844	26 844	26 844	26 844
	kg MLVSS/d	17 448	17 448	17 448	17 448	17 448	17 448	17 448	17 448	17 448	17 448	17 448	17 448
Kemslamproduktion	kgMLSS/d	3 014	3 014	3 014	3 014	3 014	3 014	3 014	3 014	3 014	3 014	3 014	3 014
N-inlopp biologi inkl rejekt	kg/d	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800	10 800
N till slam	kg/d	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396	1 396
N inert	kg/d	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274
N tillgänglig för nitrifikation	kg/d	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130
N faktiskt nitrifierat	kg/d	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130
NH4-N kvarstående	kg/d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO3-N i reaktor	kg/d	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130	9 130
Återfört intern cirk	kg/d	7 304	7 304	7 304	7 304	7 304	7 304	7 304	7 304	7 304	7 304	7 304	7 304
		400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%
NO3-N återstående ut	kg/d	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826
NO3-N denitrifikations pot	kg/d	8 632	8 632	4 057	5 505	10 266	12 649	15 584	15 584	15 584	14 040	10 266	10 266
NO3-N denitrifierat	kg/d	7 304	7 304	4 057	5 505	7 304	7 304	7 304	7 304	7 304	7 304	7 304	7 304
NO3-N kvarstående från anox	kg/d	0	0	3 247	1 799	0	0	0	0	0	0	0	0
Tot-N utlopp	kg/d	1 826	1 826	5 073	3 625	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826
Tot-N utlopp KRAV	kg/d	1 370	1 370	1 370	1 370	1 370	1 370	1 370	1 370	1 370	1 370	1 370	1 370
		5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Tot-N utlopp	kg/d	1 826	1 826	5 073	3 625	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826	1 826
Tot-N utlopp	mg/l	6,7	6,7	18,5	13,2	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
Löpande medel	mg/l	6,7	6,7	10,6	11,3	10,3	9,7	9,3	9,0	8,7	8,5	8,3	8,2
Tot-N nödvändig EDN	kg/d	456	456	3 703	2 255	456	456	456	456	456	456	456	456
EDN-hastighet	g NO3-N/kgVSS,h	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
EDN-volym önskad	m³	1 949	1 949	15 823	9 639	1 949	1 949	1 949	1 949	1 949	1 949	1 949	1 949
EDN-volym VALD	m³	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000	5 000
EDN potential	kg NO3-N/d	1 170	1 170	1 170	1 170	1 170	1 170	1 170	1 170	1 170	1 170	1 170	1 170
Tot-N utlopp	kg/d	656	656	3 903	2 455	656	656	656	656	656	656	656	656
Tot-N utlopp	mg/l	2,4	2,4	14,2	9,0	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Löpande medel	mg/l	2,4	2,4	6,3	7,0	6,1	5,5	5,0	4,7	4,4	4,2	4,1	3,9
Summering	Ox	70 000	70 000	95 000	85 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000	65 000
	Anox	70 000	70 000	45 000	55 000	75 000	75 000	75 000	75 000	75 000	75 000	75 000	75 000
	EDN	5 000,0	5 000,0	5 000,0	5 000,0	5 000,0	5 000,0	5 000,0	5 000,0	5 000,0	5 000,0	5 000,0	5 000,0
		145 000	145 000	145 000	145 000	145 000	145 000	145 000	145 000	145 000	145 000	145 000	145 000



Uppdrag / Assignment Avgasning Käppala ARV	Upprättad av / Issued by Jonas Grundestam	Datum / Date 2012-02-09	Sida / Page 1/1
Beställare/Client Käppala förbundet	Kontrollerad av / Checked by Jan Friberg	Ändr / Rev	
Uppdragsnr./Reference No 1839152000	Godkänd av / Approved by Jonas Grundestam	Status-ersätter / Replace	Ändr. / Rev

Kostnadskalkyl. Införande av avgasning i BB11

Byggnadsdel	Antal	Enhet	Kapacitet	Pris/ enhet	Pris	Kommentar
Bergarbete						
Utförande, sprängning, mm	1	st		2 600 000 kr	2 600 000 kr	Inkl E-påslag och samordning, ventilation
Etablering berg	20%				520 000 kr	Bod med kontor
Byggarbete						
Arbetsplattform	1	st		500 000 kr	500 000 kr	
Rivning	1	st		150 000 kr	150 000 kr	
Nya betongarbeten	1	st		200 000 kr	200 000 kr	
Återställning glasbetongvägg mm	1	st		150 000 kr	150 000 kr	
Maskinell utrustning						
Pump till BB11	1	st		250 000 kr	250 000 kr	640 l/s
Frekvensomformare	1	st		25 000 kr	25 000 kr	
Nivåmätare	1	st		10 000 kr	10 000 kr	
Komplettering slamskrapor ES11	2	st		100 000 kr	200 000 kr	Nya skrapblad, 16 st
Ny motorväxelpaket	2	st		25 000 kr	50 000 kr	
Nya brythjul	16	st		1 000 kr	16 000 kr	
Rör och armaturer	25%				63 000 kr	
Montage	25%				154 000 kr	
E-påslag	40%				194 000 kr	
El och automation	40%		av maskin		114 000 kr	
OF	15%				780 000 kr	
Entreprenadkostnad					5 976 000 kr	
Proj, byggledning, kontroll	20%				1 195 500 kr	
Anläggningskostnad					7 172 000 kr	
Avgasningstorn					11 000 000 kr	Inkl. åtagande från Biogradex
Total anläggningskostnad					18 172 000 kr	

