



Rapport

Diarienummer

Projektnummer

Tillståndprojektet

Processdimensionering för nya utsläppsvillkor

Beräkningsunderlag

Andreas Thunberg
Käppalaförbundet

2014-08-06

Sammanfattning

I och med besluten att införa en högflödesrening och avveckla Kemicond har en revidering av processberäkningarna i tillståndsprojektet varit nödvändig. I denna rapport redovisas processberäkningarna och de åtgärder som krävs för att möta nya tillstånd samtidigt som en ökad belastning på maximalt 900 000 p e.

I beräkningarna förutsätts att en högflödesrening som kan hantera 3 m³/s samt en rejektvattenrening som avskiljer 85 % av kvävet har tagits i drift. Fosforavskiljningen utförs via förfällning med järnklorid och en efterdenitrifikation med tillsats av metanol har implementerats i samtliga linjer i den näst sista zonen (anox/ox).

Belastningen har därefter ökats till 900 000 p e. Utöver ovan beskrivna förändringar av processen krävs då också en höjning av slamhalterna till 3,0 kg MLSS/m³ under delar av året för att uppnå skärpta utsläppsvillkor. Med nuvarande slamegenskaper medges dock inte högre slamhalter än ca 2,2 kg MLSS/m³. Styrande parameter i beräkningarna har därför varit slamegenskaperna. Dessa kommer successivt förbättras med olika metoder (metanoldos till fördenitrifikationen, hydrocykloner (Tottie, 2014), rejektvattenbehandling (Grundestam, 2014) och eventuellt vakuumteknik (Grundestam, 2011) så att slamhalterna kan höjas utan risk för slamflykt vid höga flöden.

Det finns en styrka i att bevara aktivslamprocessen så långt som möjligt eftersom denna är mycket resurseffektiv. Det finns då också goda möjligheter att införa andra tekniker, t.ex. Mainstream Anammox, MBR eller MBBR i ett antal linjer, om så skulle vara nödvändigt i framtiden.

Innehållsförteckning

1. Inledning	5
2. Metodbeskrivning	5
2.1. Utsläppsvillkor.....	5
2.2. Allmän beskrivning nuvarande och framtida process	6
2.3. Belastningar & temperatur.....	7
2.4. Randvillkor	9
2.4.1. Flöden.....	9
2.4.2. Högflödesrening.....	11
2.4.3. Slamhalter	15
2.4.4. Avskiljningsgrad för BOD över försedimentering.....	17
2.4.5. BOD/N- kvot.....	18
3. Massbalans kväve	18
3.1. Nitrifikations- och denitrifikationshastighet.....	19
3.2. Temperaturkompenserad luftad slamålder	20
3.3. Kvävebalans nuvarande belastning	21
3.3.1. Linje 1-6.....	21
3.3.2. Linje 7-11	22
3.3.3. Samlade utsläpp	23
3.4. Kvävebalans 900 000 p e.....	25
3.4.1. Linje 1-6.....	25
3.4.2. Linje 7-11	26
3.4.3. Samlade utsläpp	26
4. Luftförbrukning	28
4.1. Luftförbrukning vid 900 000 p e	29
4.1.1. Linje 1-6.....	29
4.1.2. Linje 7-11	30
5. Förfällning och efterpolering	31
6. Slamproduktion	32
7. Maximal belastning och högflödesrening	33
8. Utsläppsmängder	35
9. Referenser	36
APPENDIX A1 – Linje 1-6, belastning år 2012	37

APPENDIX A2 – Linje 7-11, belastning år 2012	39
APPENDIX A3 – Linje 1-6 vid 900 000 p e	41
APPENDIX A4 – Linje 7-11 vid 900 000 p e	43
APPENDIX B1 – Linje 1-6 Luftbehov vid 900 000 p e.....	45
APPENDIX B2 – Linje 7-11 Luftbehov vid 900 000 p e.....	47
APPENDIX C1 – Förfällning och polering linje 1-11, belastning år 2012.....	49
APPENDIX C2 – Förfällning och polering linje 1-11 vid 900 000 p e.....	51
APPENDIX D1 – Slamproduktion vid 900 000 p e	53
APPENDIX E1 –Linje 1-11 Högflödesrening vid 900 000 p e.....	54

1. Inledning

Käppalaförbundet har sen 2009 utrett möjliga processkonfigurationer för att kunna hantera en ökad belastning och skärpta reningskrav (Thunberg, 2010). Två processlösningar har föreslagits, vakuumtekniken som förstahandsval och MBBR som andrahandsval. Under 2012 togs beslut om att införa en höglödesrening samt nedstängning av Kemicond. Förutsättningarna har på grund av dessa två beslut ändrats och lett till en revidering av tidigare studier eftersom belastningssituationen på huvudlinjen då förändras.

I denna rapport redovisas de reviderade processberäkningarna.

2. Metodbeskrivning

De nya processberäkningarna avser i huvudsak organiskt material och kväve. Val av fosforavskiljningsmetod har inte påverkats. Fortfarande kommer förfällning och efterpolering med järnklorid vara huvudspåret.

Beräkningarna har utförts separat för linje 1-6 respektive 7-11 då dessa har olika utformning och förutsättningar.

Eftersom belastningar och slamegenskaper uppvisar en kraftig variation över året har beräkningarna utförts på månadsbasis. I och med detta framgår också betydelsen av vilken medelvärdesbildning som används i de nya tillstånden.

2.1. Utsläppsvillkor

Halter och tidsupplösning för medelvärden kommer inverka mycket kraftigt på val av process. Utgångspunkten för Käppala har varit att utnyttja nuvarande utformning på ett så resurs- och kostnadseffektivt sätt som möjligt, dvs. att utföra omställningarna när det blir nödvändigt. Halterna och medelvärdesbildningarna i Tabell 1 har använts till processdimensioneringarna. För samtliga parametrar har års- och månadsmedelvärden antagits med möjligheten att överstiga månadsmedelvärdet max 3 månader per år.

Tabell 1 – Antagna utsläppsvillkor till processdimensionering.

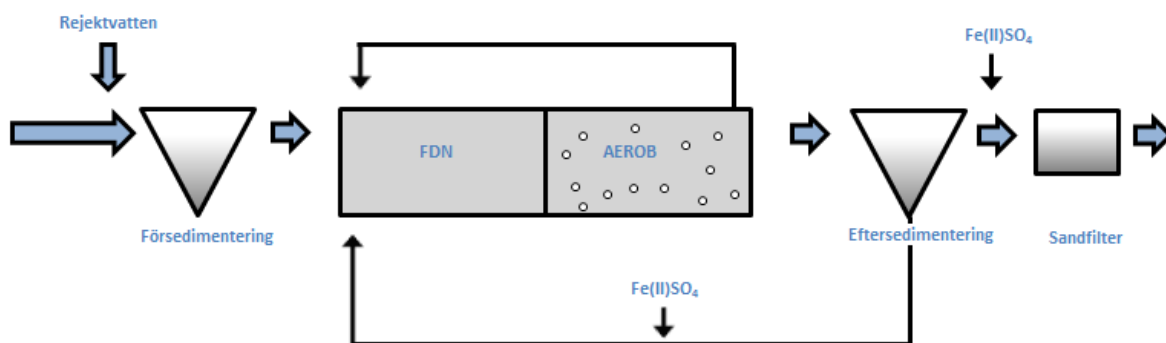
Parameter	Årsmedelvärde	Månadsmedelvärde	Kommentar
Totalkväve	6 mg/L	6 mg/L	Månadsmedelvärde ska vara uppfyllt minst 9 av 12 månader
Totalfosfor	0,2 mg/L	0,2 mg/L	
BOD ₇	5 mg/L	5 mg/L	

2.2. Allmän beskrivning nuvarande och framtida process

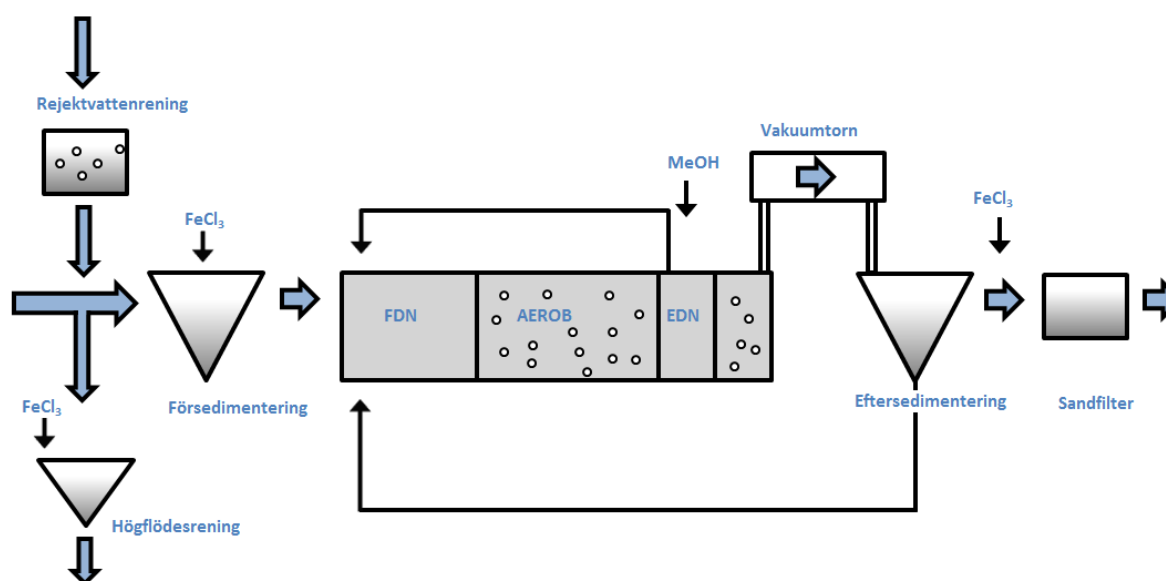
Käppalas nuvarande processutformning redovisas principiellt i Figur 1. I dagsläget används fördenitrifikation utan tillsats av kolkälla, bio-P och simultanfällning med järnsulfat. Bio-P processen kommer inte ingå i framtida utformning p g a de skärpta fosforkraven.

I Figur 2 redovisas slutlig processutformning med skärpta krav. De olika stegen kommer införas successivt allteftersom belastningen ökar. Eventuellt behöver inte det sista steget, vakuumteknik, införas om föregående åtgärder förbättrar slamegenskaperna tillräckligt.

I den framtida utformningen har fördenitrifikationen kompletterats med en efterdenitrifikation med extern kolkälla. Möjlighet finns även att dosera till fördenitrifikationen för bättre slamegenskaper. Simultanfällningen har ersatts med förfällning och efterpolering med järnklorid. En högflödesrening har införts för flöden över 5 m³/s och med en deammonifikationsprocess avskiljs kväve från slamavvattnings rejektvatten (Grundestam, 2014). För att erhålla tillräckliga slamhalter i biosteget har avgasningstorn installerats vid inloppen till eftersedimenteringarna (Grundestam, 2011).



Figur 1- Nuvarande processutformning.



Figur 2- Framtida processutformning vid full utbyggnad.

Processutformningen lämnar aktivslamprocessen intakt och goda möjligheter finns att byta spår om nya eller andra tekniker blir aktuella. Ett exempel på en ny processteknik som i nuläget befinner sig i en utvecklingsfas är 'mainstream anammox'. Här avskiljs kväve via en nitrifikation följt av anaerob ammoniumoxidation (anammox) på ett mycket energi och resurseffektivt sätt. Med den föreslagna deammonifikationen som rejektivattenrening är mainstream anammox möjlig att införa. Även mer konventionella tekniker som MBBR kan enkelt införas för att öka reningskapaciteten i befintliga volymer om så skulle vara nödvändigt.

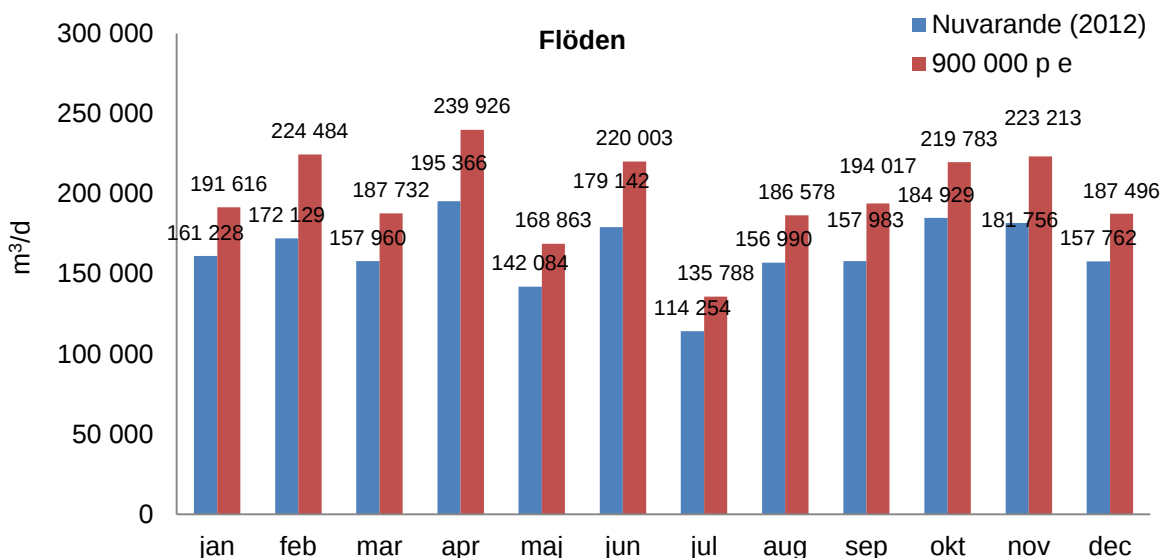
2.3. Belastningar & temperatur

I Figur 3-7, Tabell 2 och Tabell 3 visas de belastningar och temperaturer som använts som indata för beräkningarna vid nuvarande belastning och 900 000 p e. Underlaget baseras på år 2012 som var det mest nederbördsrika i Käppalas historia. Att använda detta år kan ses som en säkerhetsfaktor i beräkningarna. Fördelningen av belastningen över årets månader vid 900 000 p e har samma struktur som år 2012.

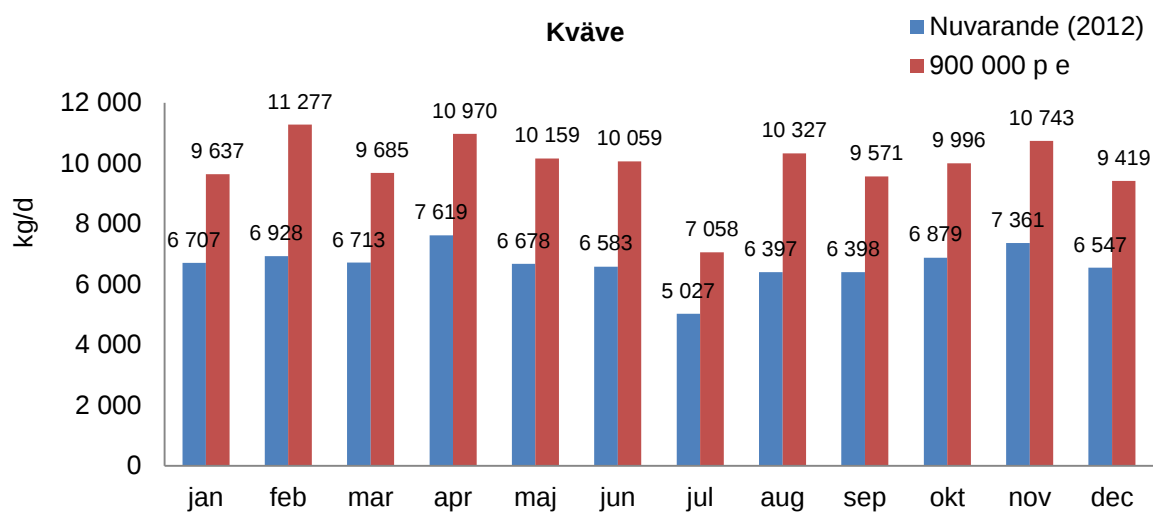
Vid 900 000 p e har vissa antaganden gjorts avseende de specifika belastningarna som inverkar på processen. Framförallt gäller detta den specifika flödesbelastningen (L/pe,d) som antas sjunka från nuvarande 265 L/pe,d till 220 L/pe,d.

Med en minskad mängd tillskottsvatten stiger vattentemperaturen kraftigt vilket skulle medföra en betydande kapacitetsökning för nitrifikationen.

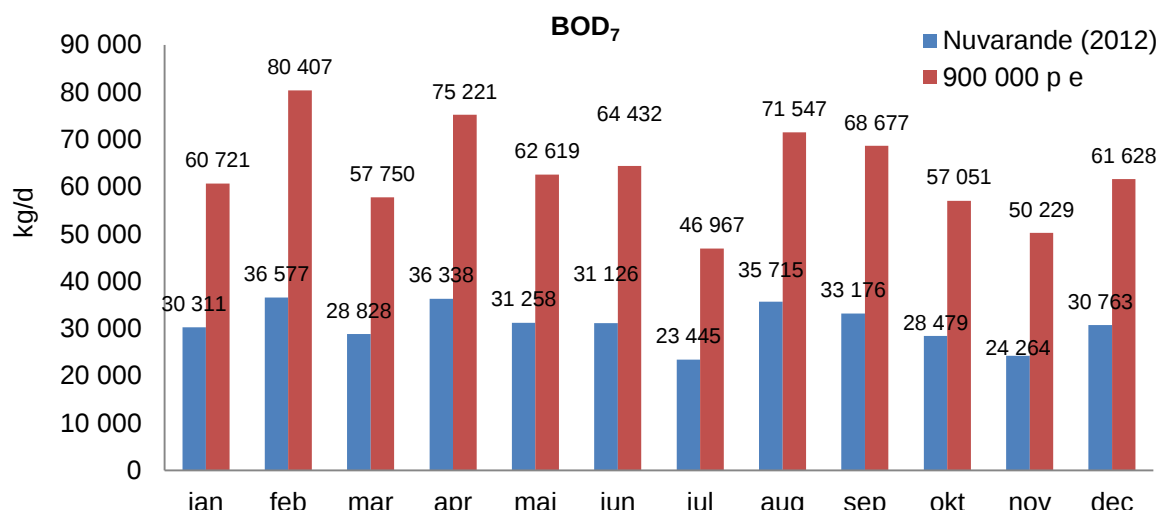
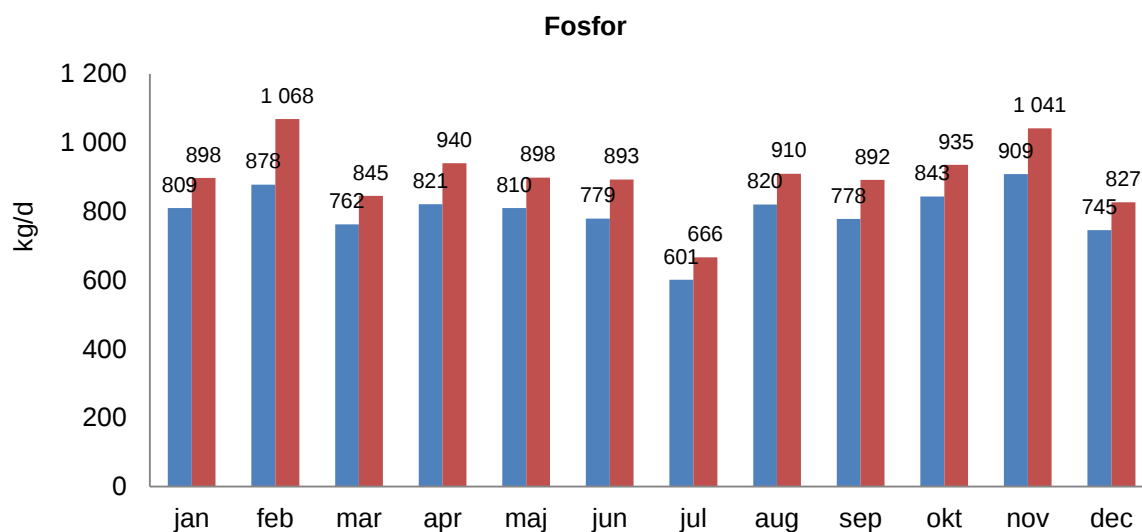
I beräkningarna har dock nuvarande vattentemperaturer använts vid 900 000 p e. Detta har gjorts för att säkerställa att volymsbehovet inte underskattas.



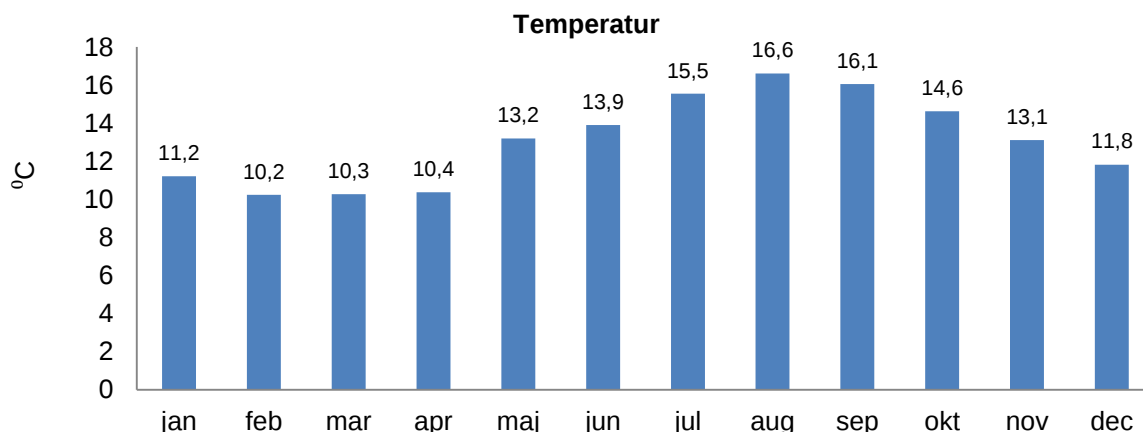
Figur 3- Inkommande flöde 2012 och vid 900 000 p e, m³/d.



Figur 4- Inkommande mängd totalkväve 2012 och vid 900 000 p e, kg/d.

Figur 5- Inkommande mängd BOD₇ 2012 och vid 900 000 p e, kg/d.

Figur 6- Inkommande mängd totalfosfor 2012 och vid 900 000 p e, kg/d.



Figur 7- Inkommande vattentemperatur 2012 och vid 900 000 p e, °C.

Tabell 2 – Belastning år 2012.

	Flöde	BOD ₇	Total-N	Total-P	COD
SUMMA (ton/år; m ³ /år)	59 700 000	10 940	2 342	280	28 281
MV (ton/d; m ³ /d)	163 465	31	6,8	0,8	78
p e ¹⁾		429 000			

1) 70 g BOD₇/p,d

Tabell 3-Specifik belastning och mängder vid 900 000 p e.

	Flöde	BOD ₇	Total-N	Total-P	COD
Specifik bel. (L/pe,d; g/pe,d)	220	70	11	1	130
SUMMA (ton/år, m ³ /år)	72 270 000	22 995	3 614	329	42 705
MV (ton/d, m ³ /d)	198 000	63	9,9	0,9	117
p e	900 000	900 000	900 000	900 000	900 000

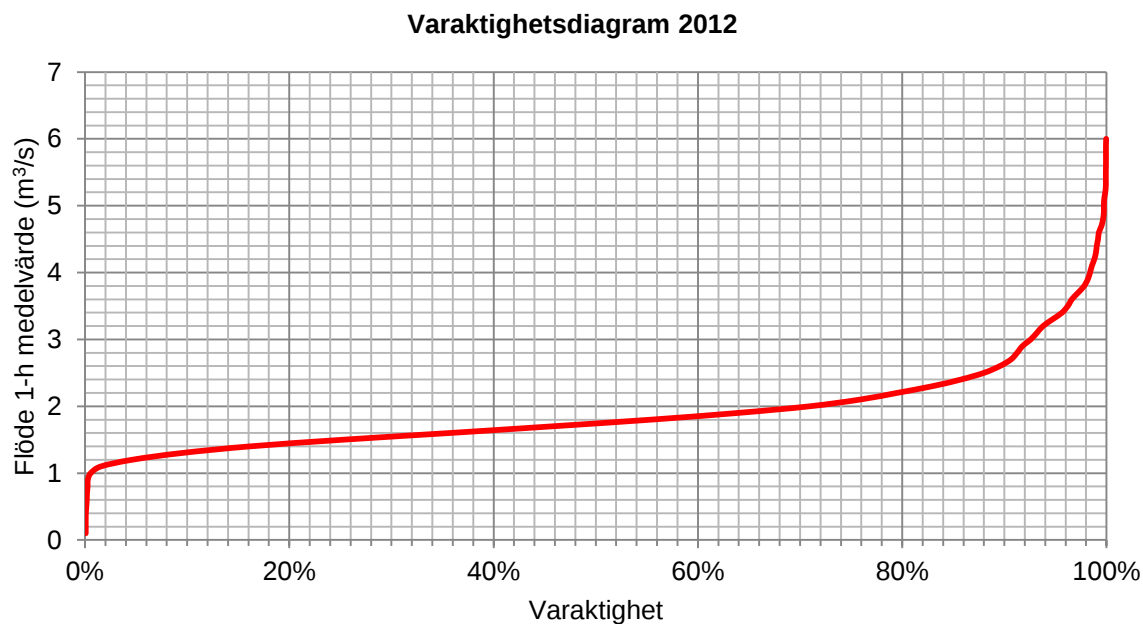
2.4. Randvillkor

2.4.1. Flöden

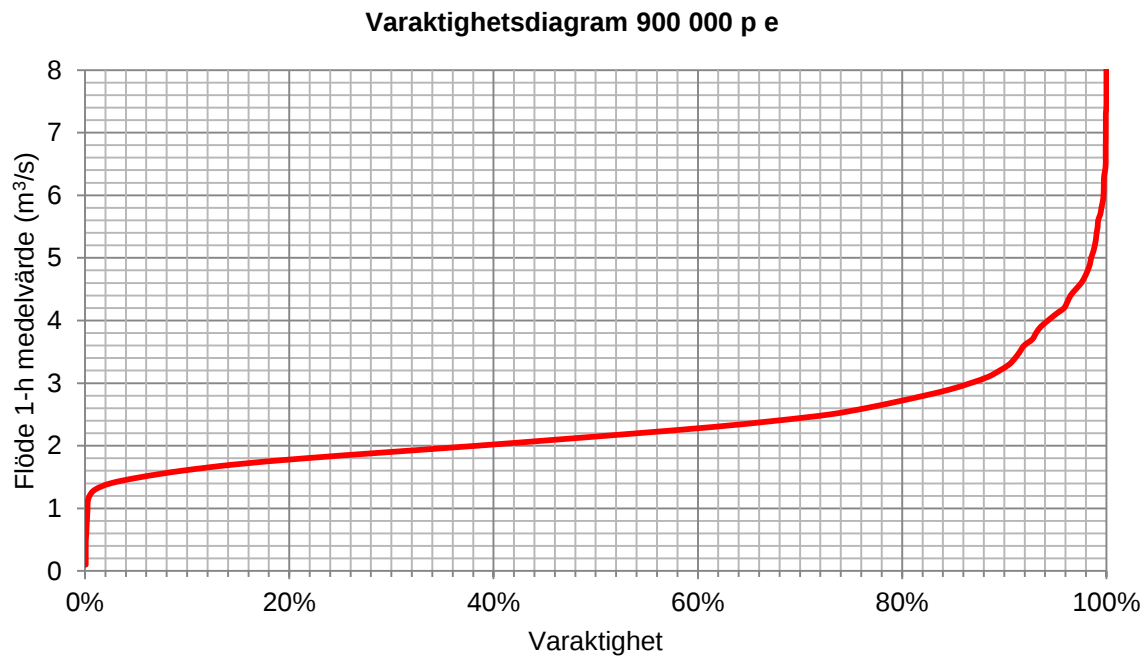
I Figur 8 visas ett varaktighetsdiagram för inkommande flöde år 2012 som var det mest nederbördsrika i Käppalas historia. Här framgår att flöden överstigande 5 m³/s är kortvariga och få (ca 0,2 % av tiden) och ska därför hanteras i en högflödesrening. Hur varaktighetsdiagrammet kommer ändras över åren med en ökad anslutning är svårt att bedöma men ett rimligt antagande är att flödena inte kommer öka linjärt med anslutningen. Detta antagande grundas på att både mängden avloppsvatten och tillskottsvatten per p e har sjunkit stadigt de senaste 30 åren som en följd av ett mer sparsamt användande och bättre ledningsnät. I varaktighetsdiagrammet kan utläsas att flödet vid 60 % percentilen, som ofta används som Q_{dim}, är ca 1,9 m³/s. Nuvarande Q_{max} för biosteget, 5 m³/s, är således större än 2×Q_{dim}. Vid 900 000 p e, Figur 9, är flödet vid 60 % percentilen ca 2,3 m³/s och Q_{max} för biosteget är således tillräckligt även vid 900 000 p e. Flöden över 5 m³/s inträffar vid 1,5 %

av årets timmar och det är fortfarande motiverat att hantera dessa flöden separat i en högflödesrening. Maximala flöden, $8 \text{ m}^3/\text{s}$, förväntas inträffa en timme per år.

$Q_{\max}$ till biosteget har därför ansatts till $5 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur 8- varaktighetsdiagram för inkommande flöde som 1-h MV, 2012.



Figur 9- varaktighetsdiagram för inkommande flöde som 1-h MV, 900 000 p e.

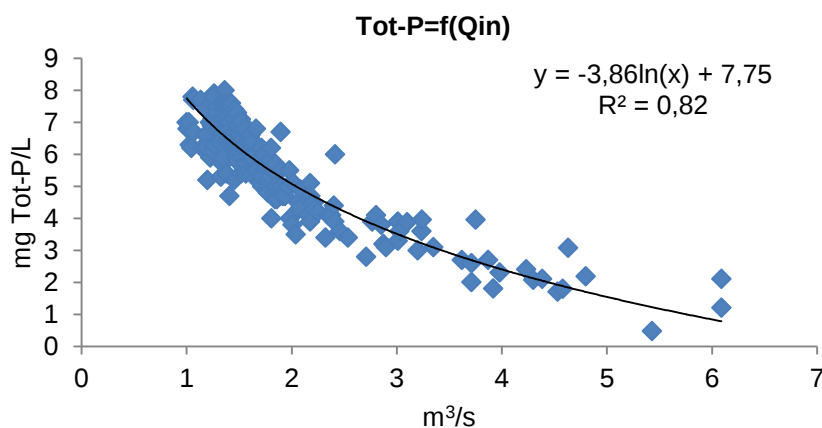
2.4.2. Högflödesrening

En förutsättning för att klara utsläppsvillkoren i Tabell 1 är en väl fungerande högflödesrening för flöden överstigande 5 m³/s. Under högflödesperioder är inkommande halter betydligt lägre än vid normalflöden. Avskiljningsgraden hos en högflödesrening behöver därför inte vara lika hög som i huvudlinjen för att uppnå samma reningsresultat mätt som en utgående halt. Utspänningsfaktorn av fosfor, kväve och BOD₇ är därför viktig att fastslå för olika flöden. I Figur 10-12 redovisas korrelationer mellan inkommande flöde och halter vid nuvarande belastning och i Figur 13-15 för 900 000 p e. En logaritmisk kurvanpassning med minsta-kvadratmetoden har gjorts till mätpunkterna för att kunna uppskatta nödvändig avskiljningsgrad vid olika flöden. Anpassningen till BOD₇ är lägre än för övriga parametrar vilket beror på få mätvärden vid höga flöden och hög mätosäkerhet i analysen. Dock ger en helt manuell anpassning till utspänningsfaktorn ett logaritmiskt samband med mycket likartat utseende. Ekvationen anses därför vara tillräckligt noggrann för detta syfte. I Figur 16-18 visas utgående halter som en funktion av avskiljningsgraden hos högflödesreningen för tre olika inkommande flöden (5, 6 och 7 m³/s) med nuvarande belastning och i Figur 19-21 för 900 000 p e.

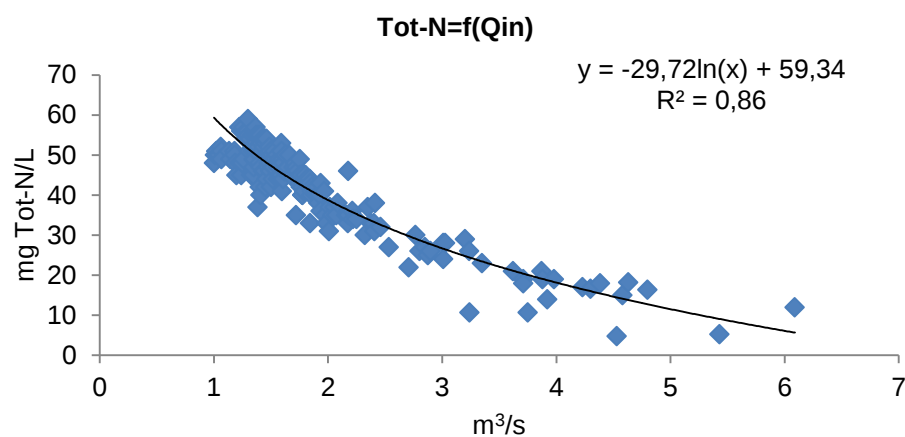
Av de tre parametrarna är fosfor den mest kritiska eftersom marginalen till utsläppsvillkoren kommer vara mycket liten vid normaldrift i huvudlinjen (i storleksordningen 0,05 mg/L). Högre halter ut från högflödesrening skulle därför snabbt få genomslag i de samlade utsläppen som månadsmedelvärden. Eftersom marginalen är så liten krävs en avskiljningsgrad på 90 % för fosfor. För flöden över 5 m³/s kommer då utgående halt vara lägre än utsläppsvillkoret 0,2 mg/L vid nuvarande belastning och drygt 0,2 mg/L vid 900 000 p e. För BOD₇ och kväve är situationen en annan tack vare större marginaler och värden över utsläppsvillkoren är hanterbara under ett antal dagar per månad.

För att säkerställa att utsläppsvillkoren kan hållas i alla lägen vid en belastning på 900 000 p e har en beräkning för ett 'worst-case' utförts. En massbalans över detta scenario redovisas i kapitel 7.

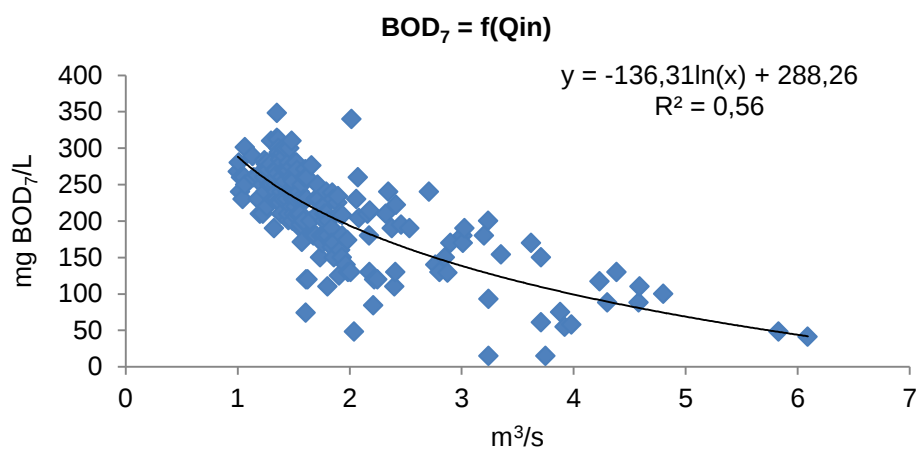
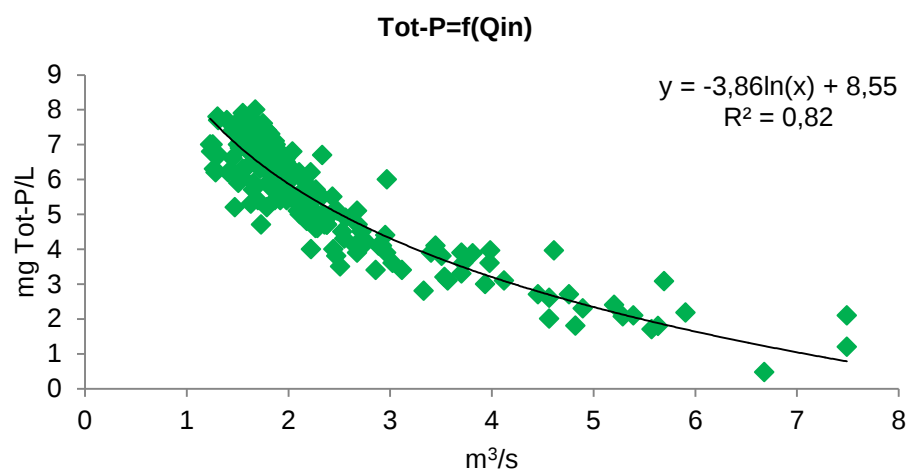
Följande avskiljningsgrader antas gälla för högflödesreningen: 15 % totalkväve; 90 % totalfosfor och 50 % BOD₇



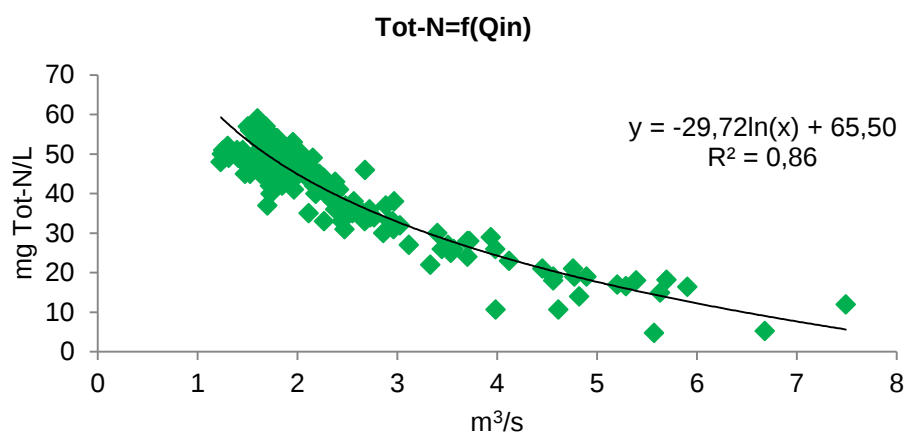
Figur 10 – Inkommande totalfosfor som funktion av flöde med nuvarande belastning.



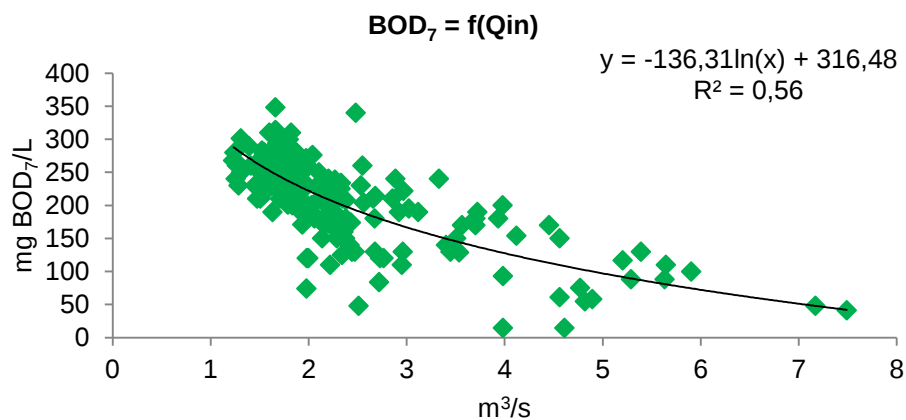
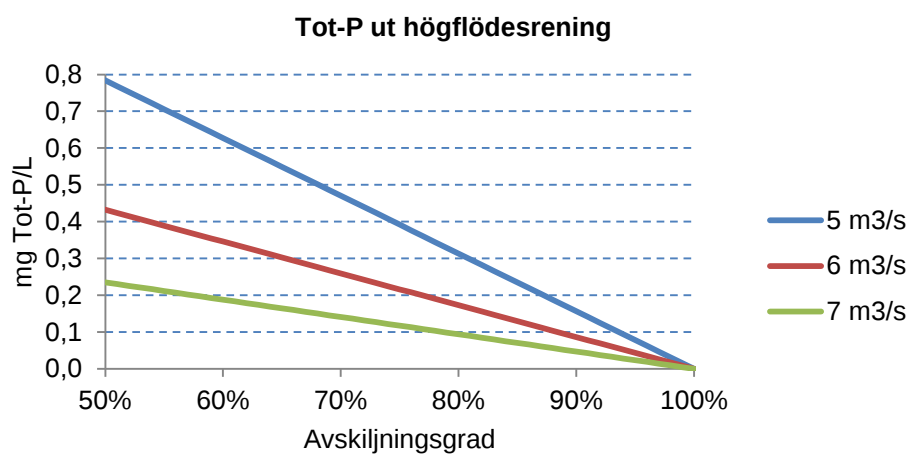
Figur 11 – Inkommande totalkväve som funktion av flöde med nuvarande belastning.

Figur 12 – Inkommande BOD₇ som funktion av flöde med nuvarande belastning.

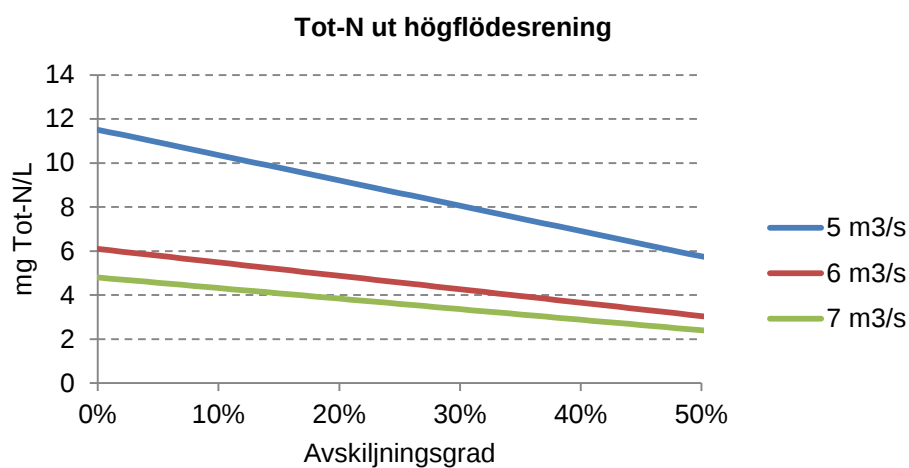
Figur 13 – Inkommande totalfosfor som funktion av flöde vid 900 000 p e.



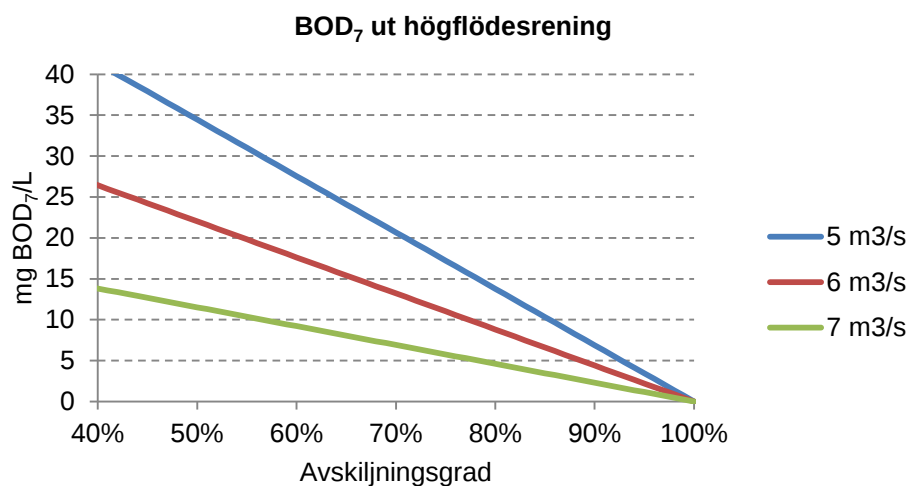
Figur 14 – Inkommande totalkväve som funktion av flöde med vid 900 000 p e.

Figur 15 – Inkommande BOD₇ som funktion av flöde vid 900 000 p e.

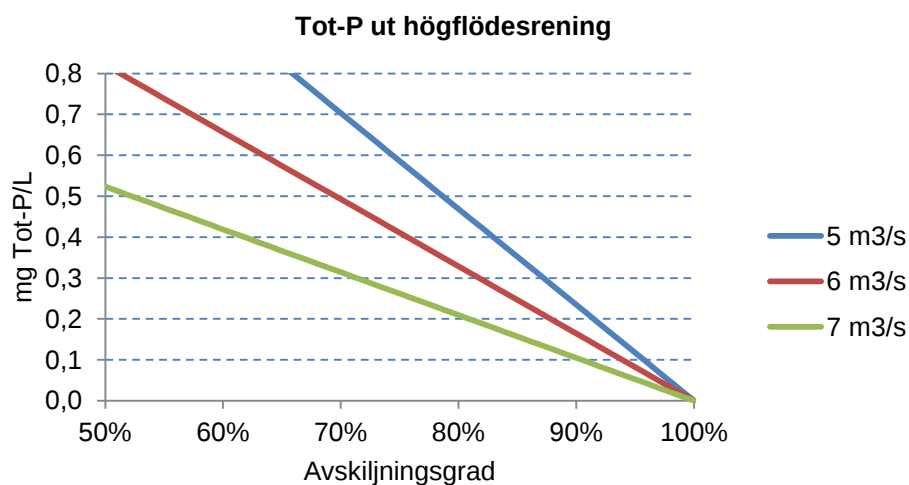
Figur 16 – Utgående totalfosfor från höglödesrening vid olika flöden och avskiljningsgrader med nuvarande belastning.



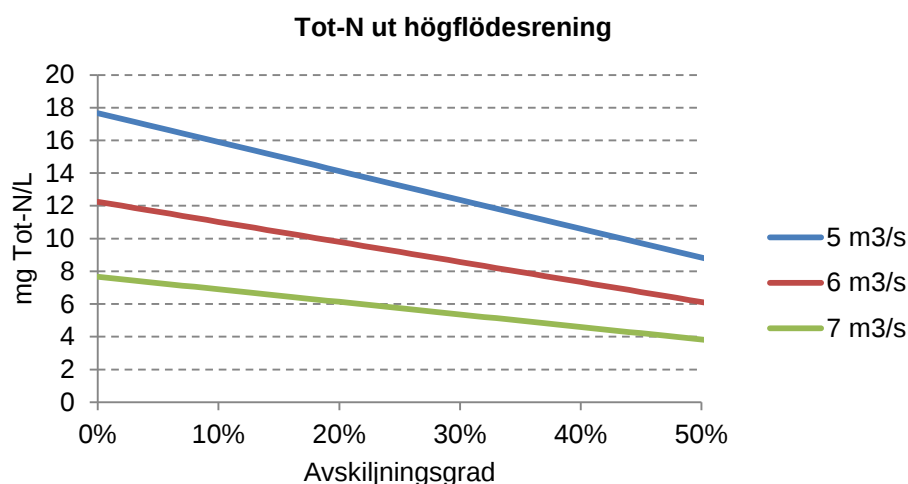
Figur 17 – Utgående totalkväve från högflödesrening vid olika flöden och avskiljningsgrader med nuvarande belastning.



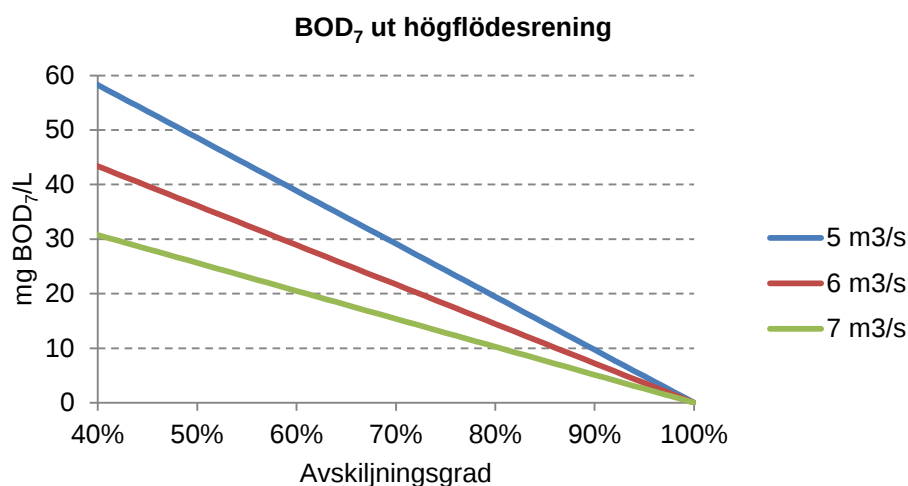
Figur 18 – Utgående BOD₇ från högflödesrening vid olika flöden och avskiljningsgrader med nuvarande belastning.



Figur 19 – Utgående totalfosfor från högflödesrening vid olika flöden och avskiljningsgrader vid 900 000 p e.



Figur 20 – Utgående totalkväve från högflödesrening vid olika flöden och avskiljningsgrader vid 900 000 p e.



Figur 21 – Utgående BOD₇ från högflödesrening vid olika flöden och avskiljningsgrader vid 900 0000 p e.

2.4.3. Slamhalter

Käppalaverket är dimensionerat på ett antagande att 4 kg MLSS/m³ ska kunna hållas i biobassängerna samtidigt som ett maximalt flöde genom biosteget på 5 m³/s. Denna slamhalt är baserad på maximal yt- och slamytbelastning till eftersedimenteringarna vid ideala förhållanden men tar inte hänsyn till den naturliga variation som finns i slamegenskaperna.

För att ta hänsyn till denna variation i dimensioneringen har slamvolymindex inkluderats i beräkningen av maximalt tillåtna slamhalter. I ekvation 1 visas maximal ytbelastning (q_A) givet en viss slamvolymindex (SVI) och en högsta tillåtna slamvolymbelastning (q_{SV}) för en horisontell eftersedimentering (ATV, 2000). Från detta kan ett maximalt flöde (ekvation 2) och slamhalt (ekvation 3) beräknas med hänsyn till slamegenskaperna och eftersedimenteringens yta (A).

$$q_A = \frac{q_{SV}}{SS_{EAT} \times SVI} ; q_{SV} < 500 \text{ l}/(\text{m}^2 \times \text{h}) \quad (1)$$

$$Q_{SVB} = A \times q_A < A \times \frac{500}{SS_{EAT} \times SVI} \quad (2)$$

$$SS_{EAT} < A \times \frac{500}{Q_{SVB} \times SVI} \quad (3)$$

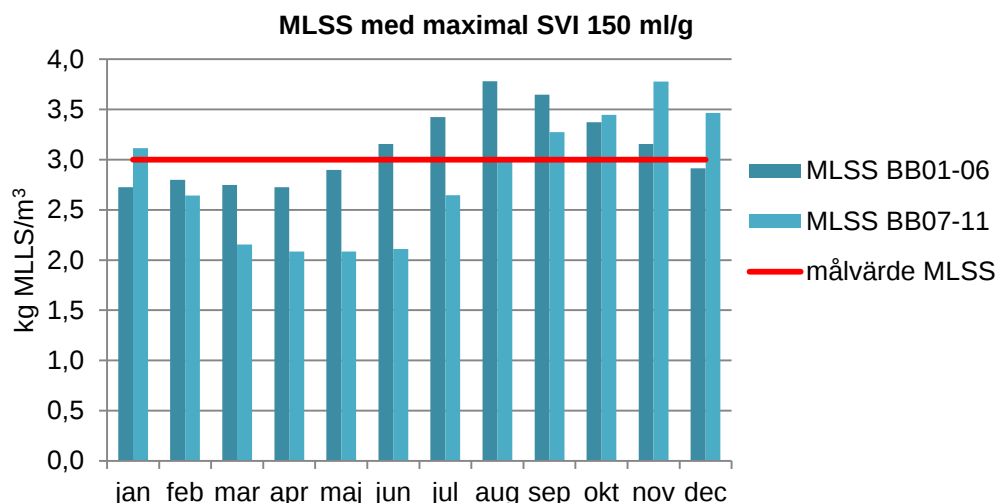
Eftersom maximalt flöde genom biosteget ska vara 5 m³/s måste slamhalten anpassas till rådande situation eller slamegenskaperna förbättras. I Figur 22 visas maximal slamhalt i biosteget enligt ekvation 3 med genomsnittlig SVI för åren 2007-2012. Dock har en maximal SVI ansatts till 150 ml/g eftersom Käppala stundtals har haft orimligt höga värden. Det framgår att endast ca 2,0 kg MLSS/m³ är tillåtet under den period då vattentemperaturen är som lägst. Allteftersom belastningen ökar kommer värdena uppemot 3,0 kg MLSS/m³ vara nödvändiga.

I en fördenitrifikationsprocess utan kolkälla är detta mönster vanligt med dåliga slamegenskaper under årets kallare period och bra under den varma. Enligt beräkningarna tillåts slamhalter över 3,5 kg MLSS/m³ under årets varma period. Dessa kommer dock vara onödiga med avseende på reningskapacitet och onödigt höga slamhalter leder till låg F/M-kvot vilket i sig ger sämre slamegenskaper. Slamhalterna har därför begränsats till 3,0 kg MLSS/m³ även under sommaren.

I processdimensioneringen har slamhalterna först följt strukturen i Figur 22 varefter de tillåts öka till maximalt 3,0 kgMLSS/m³.

Följande åtgärder ska förbättra slamegenskaperna innan beslut tas om vakuumtornen ska införas.

- Extern kolkälla med möjlighet att dosera även till fördenitrifikationen för att förbättra BOD/N-kvoten. Försök från Bromma ARV visar på en kraftig förbättring av slamegenskaperna med denna lösning.
- Rejektvattenrening som avskiljer kväve och ger bättre BOD/N-kvot.
- Hydrocykloner i överskottslamuttag (Tottie, 2014).
- Förfällning vilket möjliggör en sänkt MLSS med bibehållen MLVSS.

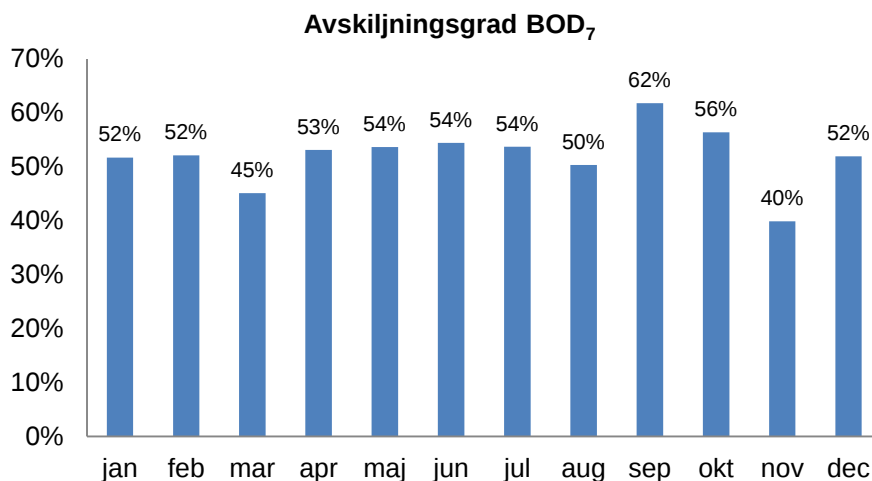


Figur 22- Tillåtna slamhalter med nuvarande slamegenskaper i BB01-06 och BB07-11 givet $Q_{\max}$ på 5 m³/s. Baserat på data år 2007-2012.

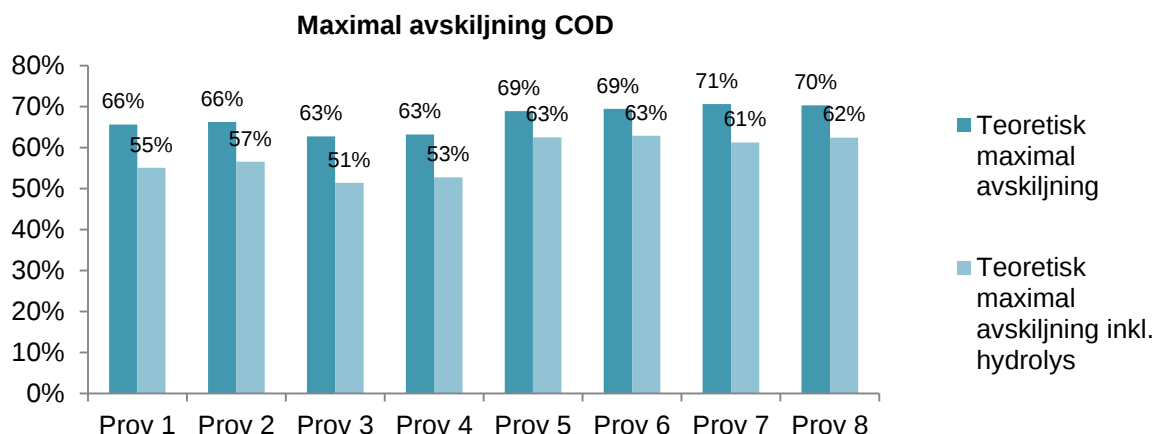
2.4.4. Avskiljningsgrad för BOD över försedimentering

Nuvarande BOD-avskiljning över försedimenteringarna är högre än vad som anges i Käppalaverkets driftinstruktion (VA-projekt, 2001). I denna har man antagit 30 % avskiljning utan förfällning och 60 % med järnklorid. I Figur 23 redovisas avskiljningsgraden för 2012, utan förfällning. Årsmedelvärdet är 52 % vilket således är högre än nominell data. En fråga att besvara är då om förfällning med järnklorid innebär högre avskiljningsgrader än 60 % eftersom detta värde nästan är uppfyllt redan utan förfällning. Med en förfällning kommer i princip all partikulär BOD avskiljas. Kvoten BODs/BODt eller CODs/CODt är därför ett mått på avskiljningsgraden med förfällning (Hansen, 2013). I Figur 24 visas maximal avskiljning baserat på kvoten CODs/CODt taget som stickprover vid normalflöden. Medelvärdet för de 8 stickproverna ger en maximal avskiljningsgrad på 67 %. En viss hydrolys sker i försedimenteringarna vilket sänker avskiljningsgraden till 58 % om den tas i beaktande.

Den angivna siffran i Käppalaverkets driftinstruktion på 60 % BOD-avskiljning med förfällning med järnklorid anses vara rimlig och har använts i dimensioneringen.



Figur 23- BOD-avskiljning över försedimenteringarna 2012.

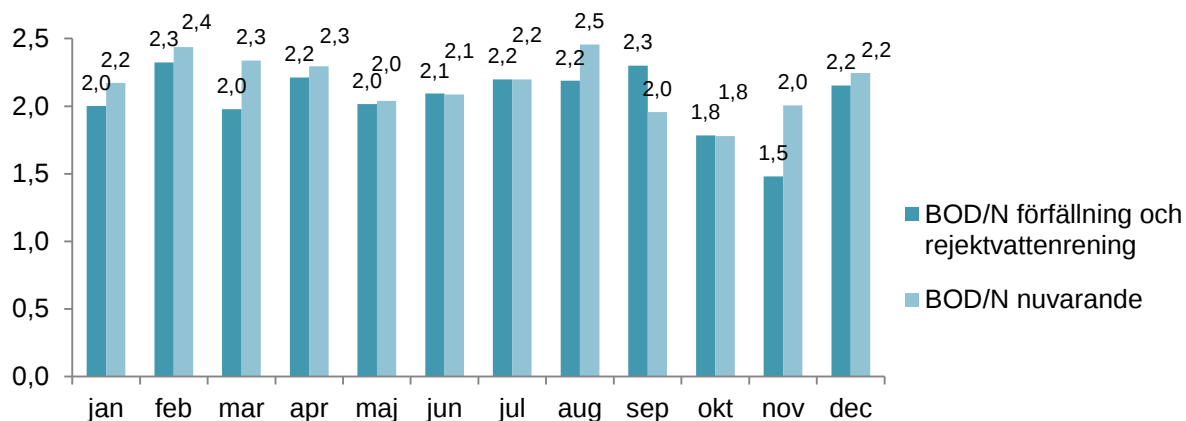


Figur 24- Maximal COD-avskiljning över försedimenteringarna med och utan hydrolys.

2.4.5. BOD/N- kvot

Med nuvarande avskiljningsgrad över försedimenteringarna fås en relativt låg kvot BOD/N. Ofta ansätts en gräns på BOD/N till 4 för en väl fungerande fördenitrifikation. Käppala har fullständig fördenitrifikation med betydligt lägre kvot vilket framgår av Figur 25. Här redovisas också den framtida kvoten med förfällning och rejektivattenrening. Tack vare en minskad internbelastning av kväve kompenseras den ökade avskiljningsgraden och kvoten sjunker endast marginellt från 2,2 till 2,1 kg/kg.

Det är därför antaget att fördenitrifikationen inte begränsas mer med förfällning jämfört med nuvarande situation.



Figur 25 – BOD₇/N kvot med och utan förfällning och rejektivattenrening.

3. Massbalans kväve

Massbalanser har utförts på månadsbasis separat för linje 1-6 och 7-11 för att beräkna utgående halter allteftersom belastningen ökar. Utgångspunkt har varit belastningssituationen för år 2012, stycke 2.3. Fördelningen för respektive parameter (kväve, fosfor osv.) år 2012 har använts för att fördela mängderna över årets månader vid 900 000 p e.

I samtliga beräkningar har efterdentrifikation, förfällning, rejektvattenrening och högflödesrening införts för att kunna hantera skärpta reningskrav.

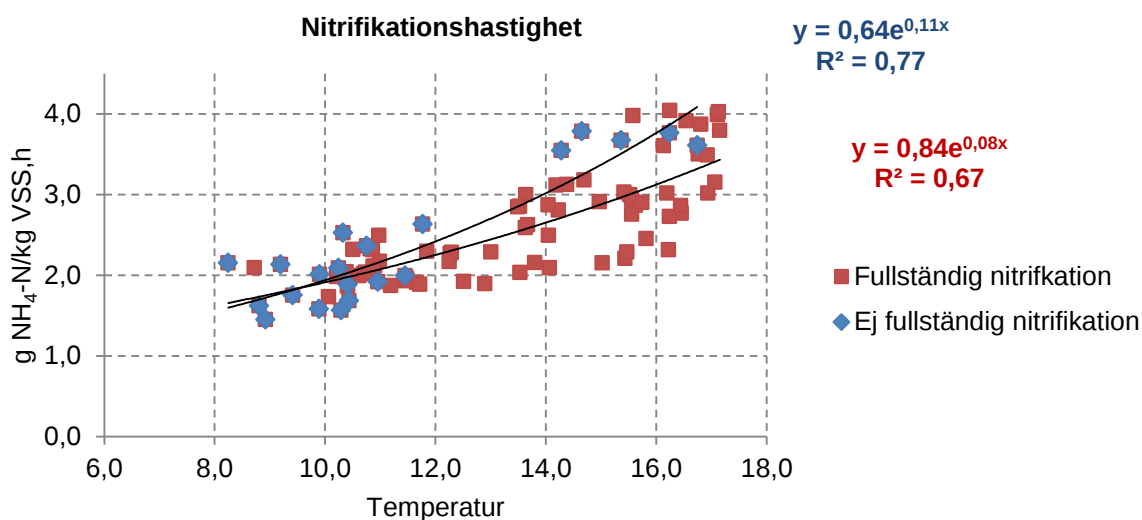
Kvävereningens reaktionskinetik är avgörande för volymsbehov och luftning. I stycke 3.1 redovisas använda data.

3.1. Nitrifikations- och denitrifikationshastighet

Tre reaktionshastigheter har använts vid dimensioneringen. Nitrifikationshastigheten, denitrifikationshastigheten i fördenitrifikationen samt denitrifikationshastigheten i efterdenitrifikationen med metanol som extern kolkälla.

Vid ursprunglig dimensionering användes siffran 1,46 gNH₄/kg VSS×h vid 12 °C för nitrifikationshastigheten. Faktisk nitrifikationshastighet i fullskala samt i ett flertal labförsök har visat på betydligt högre hastighet. I Figur 26 visas faktisk nitrifikationshastighet beräknad från Käppalas samtliga linjer för 2 års drift. Merparten av tiden uppnås fullständig nitrifikation och utgående ammoniumhalter är under detektionsnivå. Faktisk nitrifikationshastighet är således högre än beräkningarna eftersom allt ammonium oxiderats redan innan vattnet nått slutet av den luftade volymen. I figuren visas därför också en kurva för de tillfällen då utgående ammonium legat högre än detektionsnivå. Sådana tillfällen beror dock ofta på en störning i processen vilket också kan vara missvisande och ge för låga hastigheter. Båda kurvorna är därför sannolikt en underskattning vilket styrks av betydligt högre hastigheter i labförsök (Björleinius 2013, Vienola 2014).

I dimensioneringen har 2,5 g NH₄/kg VSS×h vid 12 °C använts.



Figur 26 – Uppmätt nitrifikationshastighet vid Käppala vid fullständig och ofullständig nitrifikation.

Denitrifikationshastigheten i fördenitrifikationen ansattes ursprungligen till 1,42 gNO₃/kg VSS×h vid 12 °C. Även denna siffra har höjts något till 1,8 g NO₃/kg VSS×h. Värdet baseras

som för nitrifikationen på faktisk prestanda i fullskala samt labförsök (Björlenius, 2013; Vienola 2014). Under vinterhalvåret när stora mängder glykol inkommer från Arlanda är denitrifikationshastigheten betydligt högre, hela 2,9 g NO₃/kg VSS×h, vilket dock har bortsetts från i processdimensioneringen eftersom Arlanda kan sluta tillföra glykol.

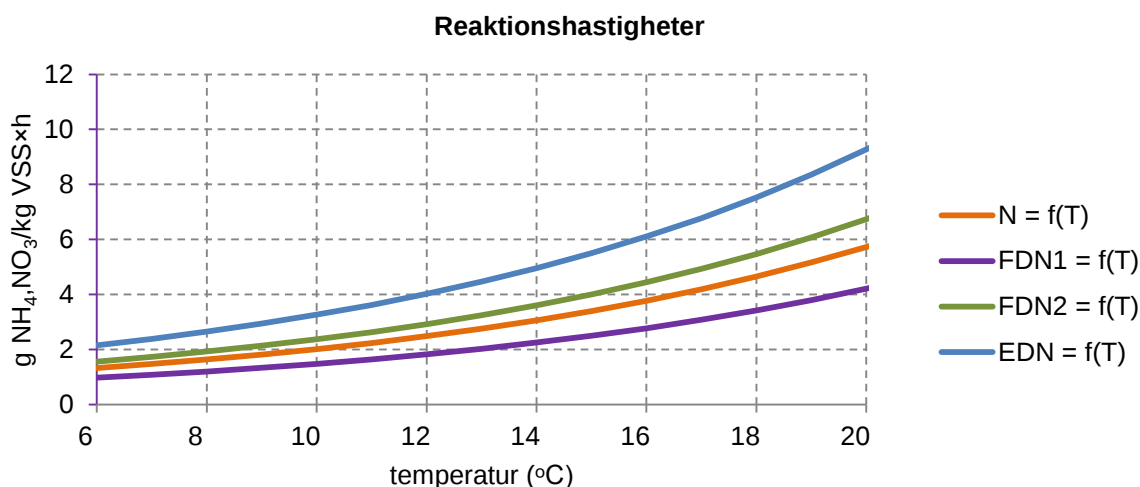
Till efterdenitrifikation med metanol har en reaktionshastighet på 4,0 g NO₃/kg VSS×h antagits. I Figur 27 och Tabell 4 redovisas de aktuella hastigheterna.

Funktionerna N , $FDN1$ och EDN i Figur 27 har använts i processdimensioneringen.

3.2. Temperaturkompenserad luftad slamålder

Den lägsta temperaturkompenserade luftade slamåldern, θ_{aerob} , beräknas enligt ekvation 4 (ATV, 2000). Säkerhetsfaktorn, SF , är satt till 1,8 vilket är högt för ett reningsverk av Käppalas storlek. Ofta används en lägre säkerhetsfaktor på 1,45 för reningsverk större än 100 000 p e. I Tabell 4 redovisas minsta luftad slamålder vid olika inkommande temperaturer.

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



Figur 27 – Temperaturkompenserade reaktionshastigheter för kväverening.
N = nitrifikationshastighet; FDN1 = Fördenitrifikation utan glykol; FDN2 = Fördenitrifikation med glykol; EDN = Efterdenitrifikation med metanol.

Tabell 4-Reaktionshastigheter och nödvändig luftad slamålder för kvävereningen.

Temperatur (°C)	Θ_{aerob} (d)	$N=f(T)$ (gNH ₄ /kg VSS×h)	$FDN1=f(T)$ (gNO ₃ /kg VSS×h)	$FDN2=f(T)$ (gNO ₃ /kg VSS×h)	$EDN=f(T)$ (gNO ₃ /kg VSS×h)
6	14,8	1,3	1,0	1,6	2,2
7	13,4	1,5	1,1	1,7	2,4
8	12,2	1,6	1,2	1,9	2,6
9	11,0	1,8	1,3	2,1	2,9
10	10,0	2,0	1,5	2,4	3,3
11	9,1	2,2	1,6	2,6	3,6
12	8,2	2,5	1,8	2,9	4,0
13	7,4	2,8	2,0	3,2	4,5
14	6,8	3,1	2,3	3,6	5,0
15	6,1	3,4	2,5	4,0	5,5
16	5,5	3,8	2,8	4,4	6,1
17	5,0	4,2	3,1	4,9	6,8
18	4,6	4,6	3,4	5,5	7,5
19	4,1	5,2	3,8	6,1	8,3
20	3,7	5,7	4,2	6,7	9,3

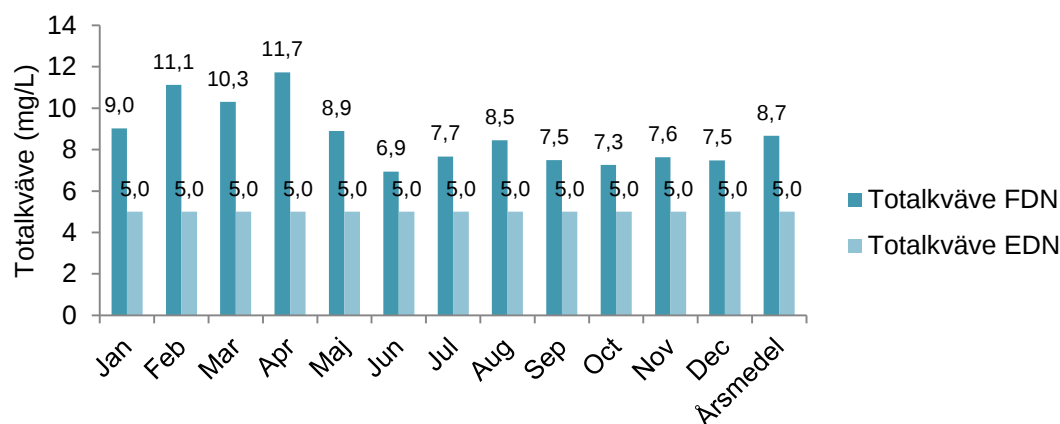
3.3. Kvävebalans nuvarande belastning

I detta stycke redovisas kvävereningen med skärpta reningskrav och nuvarande slamegenskaper. Maximala slamhalter i biosteget har därför ansatts enligt Figur 22. Om bättre slamegenskaper kan uppnås, och högre slamhalter därmed blir möjliga, kan metanoldosen sänkas. Målvärdet för utgående kvävehalt har satts till 5 mg/L för att hålla en viss marginal till de nya kraven. BOD₅ används i beräkningarna med en omräkningsfaktor på 1,15 till BOD₇. 85 % av kvävet i rejektvattnet från slamavvattningen avskiljs med en rejektvattenrening. Efterdenitrifikation utförs i näst sista zonen i samtliga linjer. Ingen ombyggnation av zoner krävs då omrörare och väggar redan existerar.

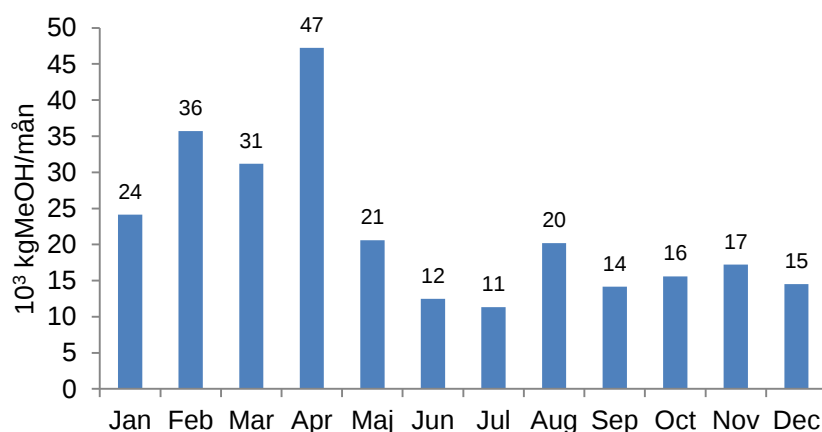
3.3.1. Linje 1-6

I Appendix A1 visas kvävebalansen för linje 1-6 med nuvarande belastning. 36 % av inkommande flöde går till linje 1-6. Efterdenitrifikation med metanol har införts i den näst sista luftade zonen i samtliga linjer. I Figur 28 redovisas totalkvävehalter ut från fördenitrifikationen och efterdenitrifikationen samt kolbehov med metanol som kolkälla (kontinuerlig dos).

Med relativt låga slamhalter under årets första del och utan tillförsel av glykol från Arlanda fås förhöjda totalkvävehalter från fördenitrifikationen. Fullständig nitrifikation uppnås med god marginal och resterande nitrat reduceras i efterdenitrifikationen till 5 mg/L. Metanolförbrukningen redovisas i Figur 29. Årsförbrukningen uppgår till 264 ton.



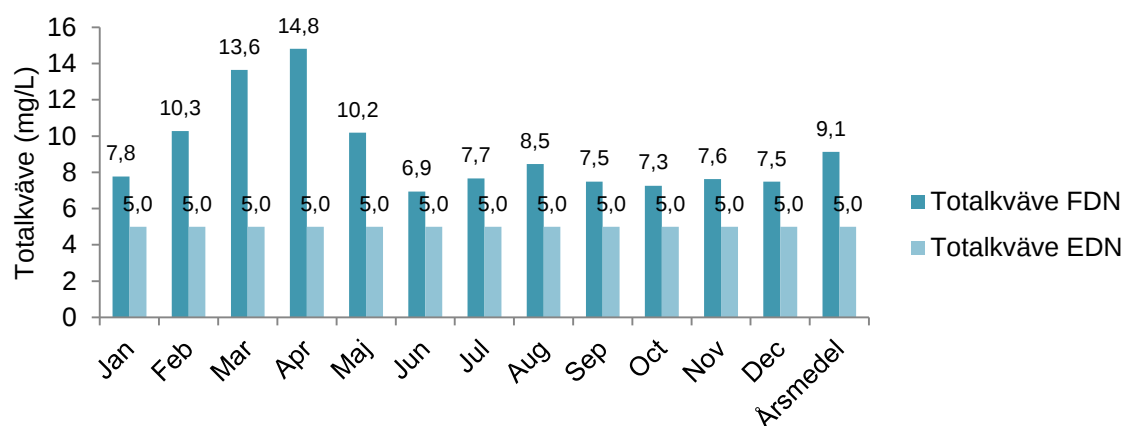
Figur 28 – Kvävehalter från fördenitrifikation (Totalkväve FDN) samt ut ur biosteg (Totalkväve EDN), linje 1-6 med belastning motsvarande 2012.



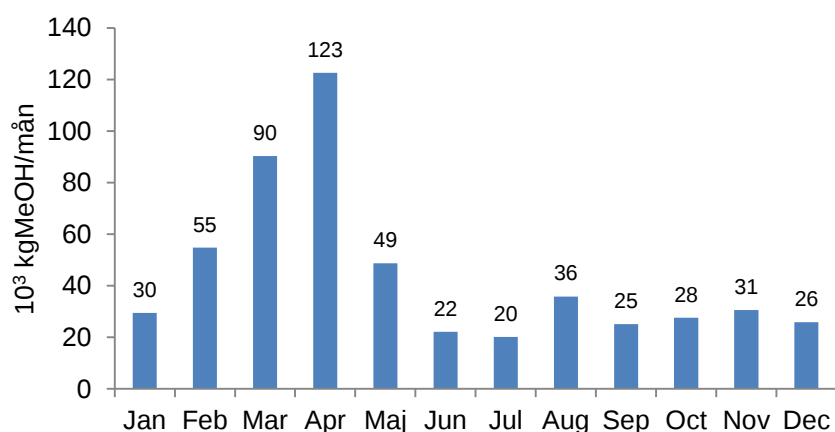
Figur 29 – Metanoldos månadsvis för att uppnå 5 mg/L i utgående vatten linje 1-6 med belastning motsvarande 2012.

3.3.2. Linje 7-11

I Appendix A2 visas kvävebalansen för linje 7-11 med nuvarande belastning. 64 % av inkommande flöde går till linje 7-11. I Figur 30 redovisas totalkvävehalterna efter fördenitrifikationen och efterdenitrifikationen med metanol som kolkälla. Precis som i linje 1-6 fås förhöjda totalkvävehalter från fördenitrifikationen på grund av låga slamhalter och utebliven kolkälla från Arlanda under årets kallare period. I april uppnås inte heller fullständig nitrifikation. God marginal finns dock i efterdenitrifikationen och tack vare metanoldoseringen uppnås 5 mg/L med enkelhet. Med bättre slamegenskaper och högre slamhalter skulle metanoldosen kunna sänkas avsevärt. Metanolförbrukningen redovisas i Figur 31. Årsförbrukningen uppgår till 533 ton.



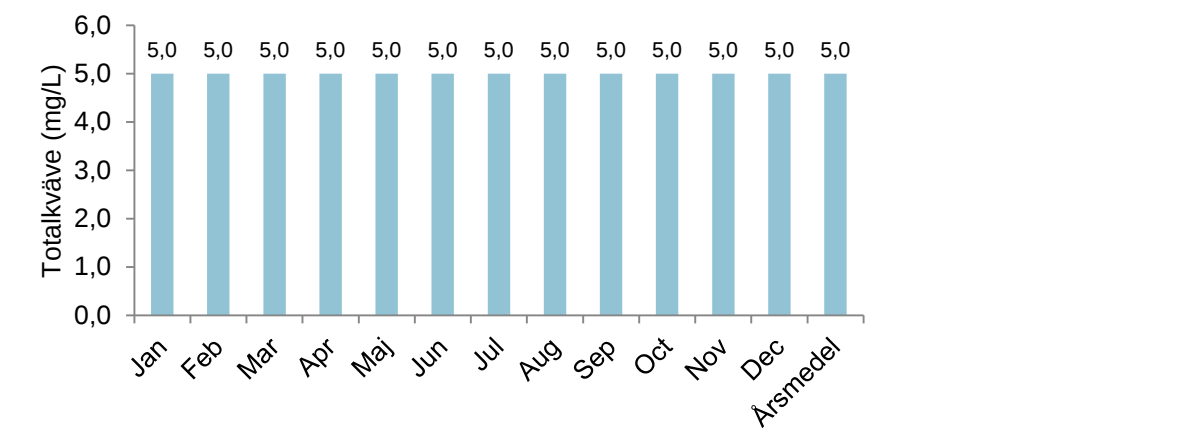
Figur 30 – Kvävehalter från fördenitrifikation (Totalkväve FDN) samt ut ur biosteg (Totalkväve EDN), linje 7-11 med belastning motsvarande 2012.



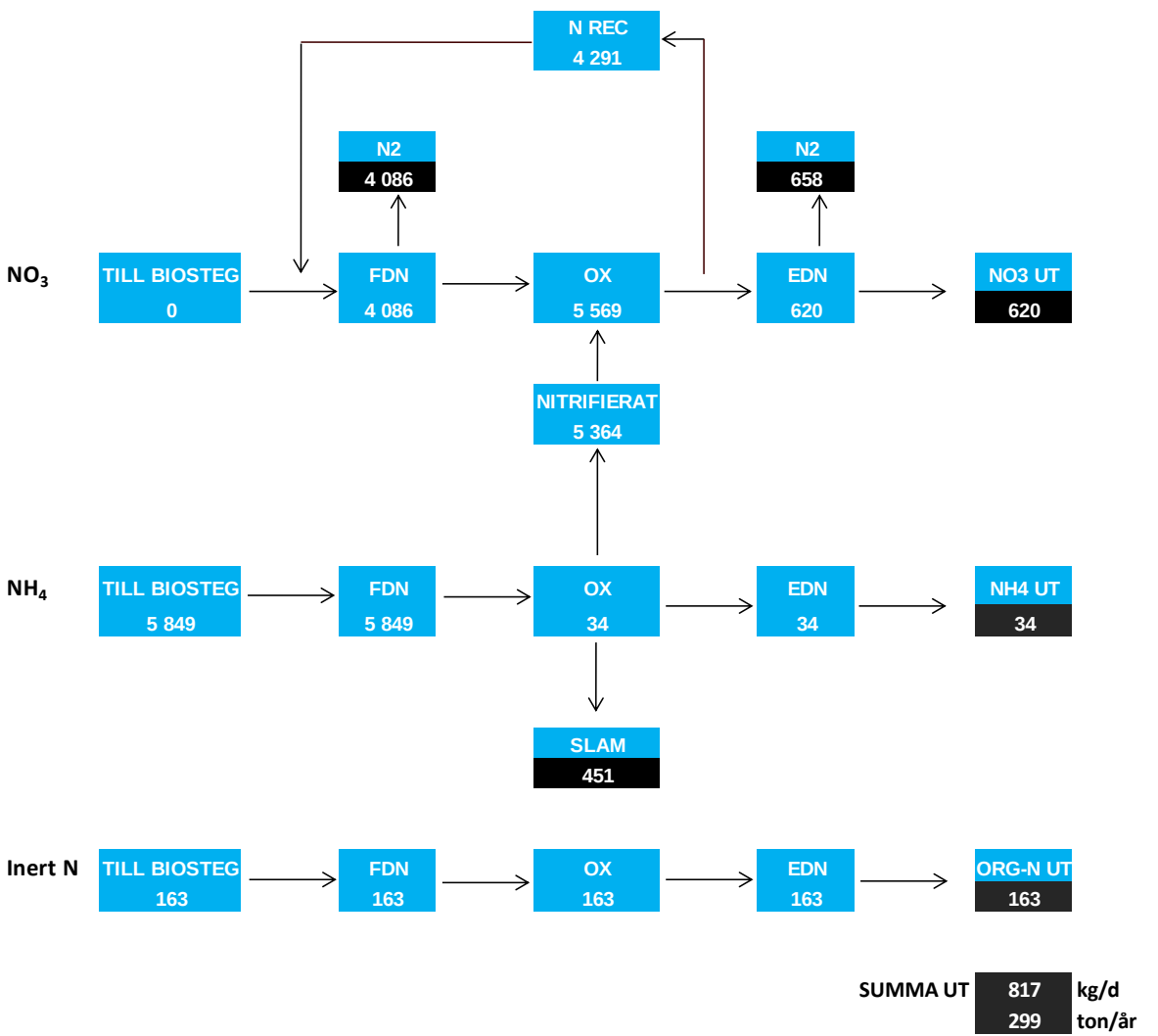
Figur 31 – Metanoldos månadsvis för att uppnå 5 mg/L i utgående vatten, linje 7-11 med belastning motsvarande 2012.

3.3.3. Samlade utsläpp

De samlade kväveutsläppen från linje 1-11 med nuvarande belastning och skärpta reningskrav redovisas i Figur 32. I Figur 33 redovisas massbalanserna som ett blockschema där de olika kvävefraktionernas reaktionsvägar framgår.



Figur 32 – Kvävehalter från biosteg linje 1-11 med belastning motsvarande 2012.



Figur 33 – Massbalans med kvävefraktioner linje 1-11 och belastning motsvarande 2012. Siffrorna anger genomsnittliga dygnsmängder, kg/d.

3.4. Kvävebalans 900 000 p e

Vid en belastning på 900 000 p e krävs både högre slamhalter och mer metanol.

I beräkningarna har 3,0 kg MLSS/m³ ansatts i samtliga linjer för årets alla månader. För att kunna hantera 5 m³/s utan slamflykt krävs att slamegenskaperna har förbättrats väsentligt (stycke 2.4.3.).

3.4.1. Linje 1-6

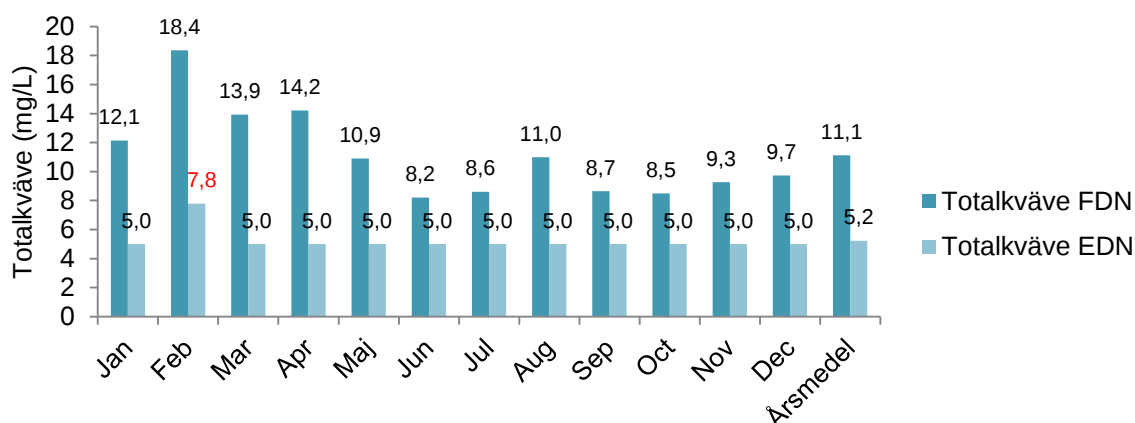
Vid 900 000 p e krävs, förutom 3,0 kg MLSS/m³, också att flödesfördelningen ändras så att endast 30 % leds till linje 1-6 och 70 % till linje 7-11. I Figur 34 redovisas totalkvävehalter från fördenitrifikationen och efterdenitrifikationen. Det framgår att fördenitrifikationen begränsas kraftigt under årets kallare delar och under februari månad räcker inte efterdenitrifikationen till och kvävehalten i utgående vatten överstiger 6,0 mg/L.

Årsmedelvärdet är dryga 5 mg/L men betydligt lägre halt kan uppnås med högre metanoldos.

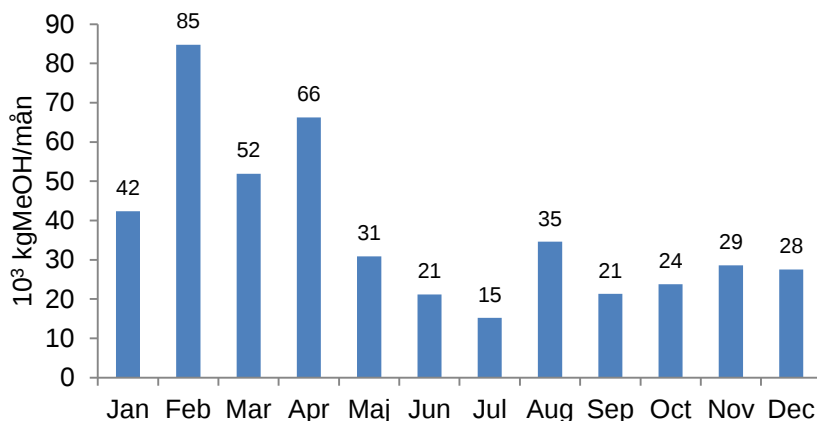
Marginal finns således om vintermånaderna av någon anledning skulle ge högre kvävehalter.

I Appendix A3 visas kvävebalansen. Metanolförbrukningen redovisas i Figur 35.

Årsförbrukningen uppgår till 448 ton.



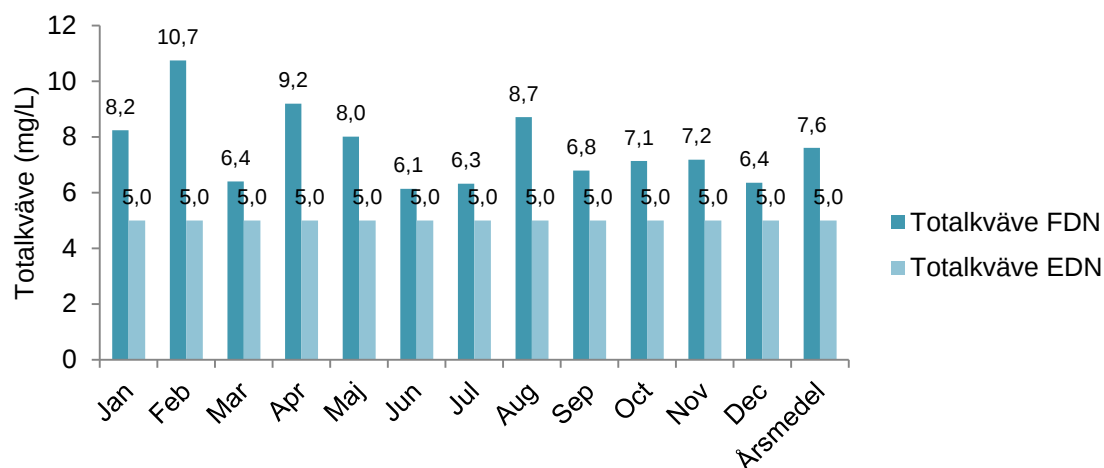
Figur 34 – Kvävehalter från fördenitrifikation (Totalkväve FDN) samt ut ur biosteg (Totalkväve EDN), linje 1-6 vid 900 000 p e och 30 % av inkommande flöde.



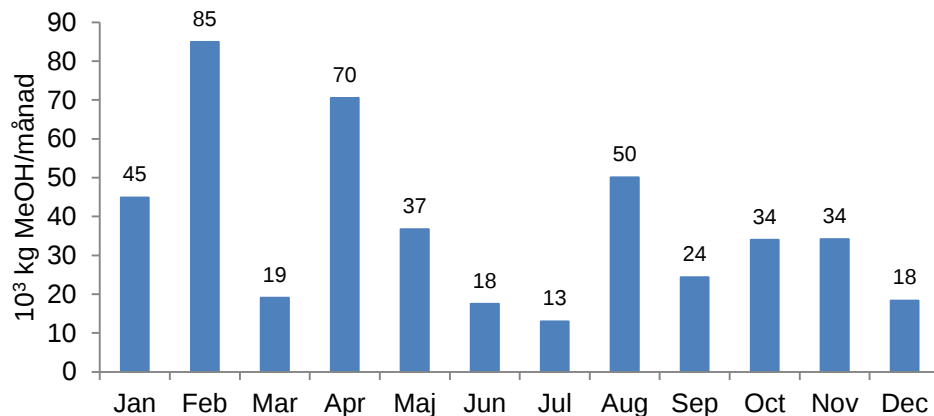
Figur 35 – Metanoldos månadsvis för att uppnå <6 mg/L i utgående vatten linje 1-6 vid 900 000 p e och 30 % av flödet.

3.4.2. Linje 7-11

Linje 7-11 har betydligt större kapacitet än linje 1-6 när slamhalterna har höjts till 3,0 kg MLSS/m³. Utgående kvävehalter kan med god marginal hållas vid 5 mg/L för årets samtliga månader trots att hela 70 % av flödet går hit. I Figur 36 och Appendix A4 visas resultaten. Metanoldosen redovisas i Figur 37. Årsförbrukningen uppgår till 448 ton.



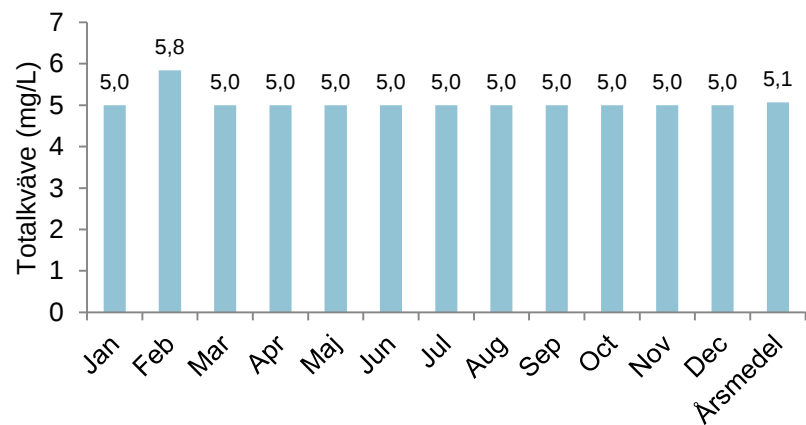
Figur 36 – Kvävehalter från fördenitrifikation (Totalkväve FDN) samt ut ur biosteg (Totalkväve EDN), linje 7-11 vid 900 000 p e och 70 % av flödet.



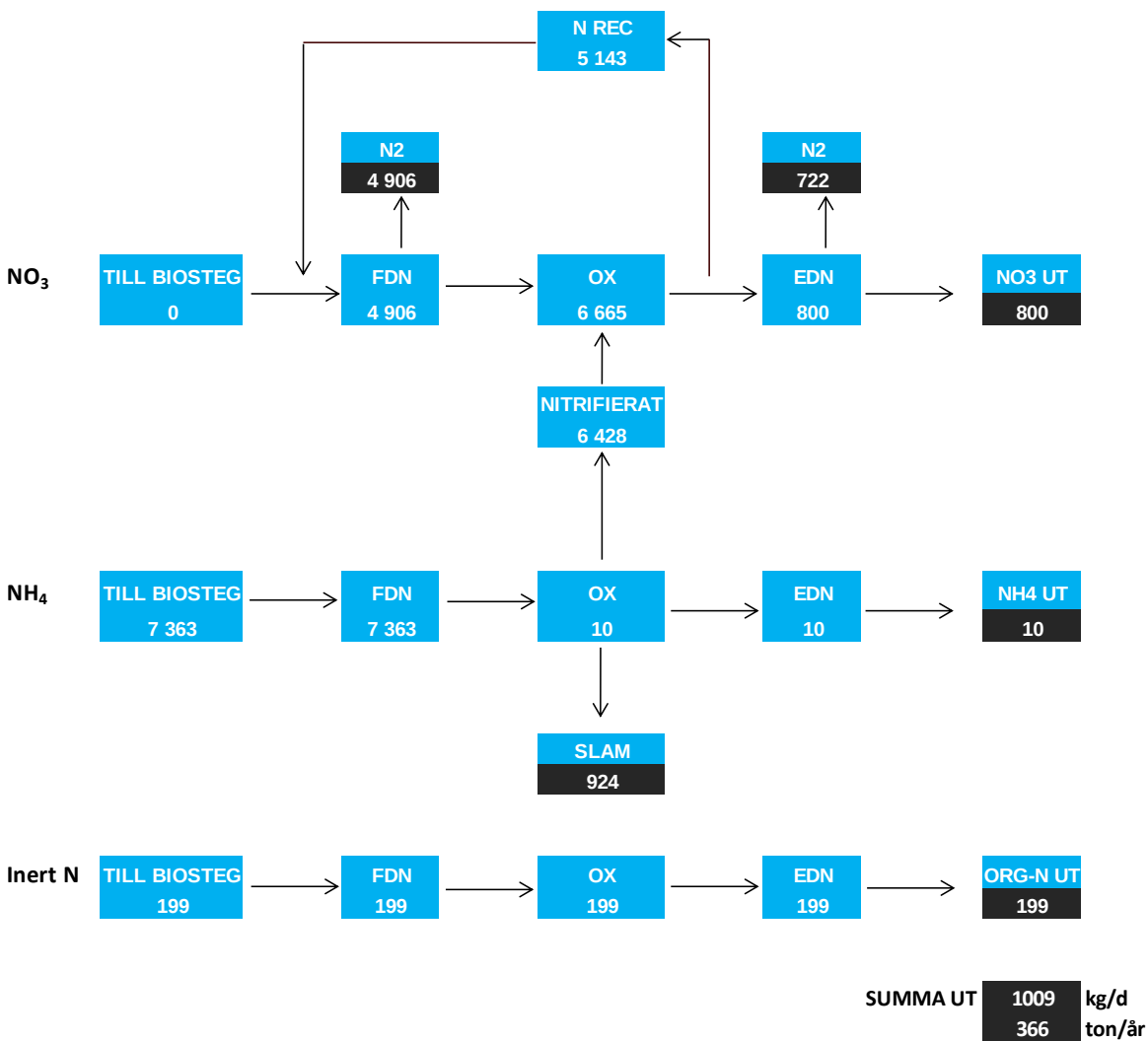
Figur 37 — Metanoldos månadsvis för att uppnå <6 mg/L i utgående vatten linje 7-11 vid 900 000 p e och 70 % av flödet.

3.4.3. Samlade utsläpp

De samlade kväveutsläppen från linje 1-11 redovisas i Figur 38. Betydligt lägre halter kan uppnås med ökad metanoldos. I Figur 39 redovisas massbalanserna som ett blockschema där de olika kvävefraktionernas reaktionsvägar framgår.



Figur 38 – Kvävehalter från biosteg, linje 1-11 vid 900 000 p e.



Figur 39 – Massbalans med kvävefraktioner linje 1-11 och belastning motsvarande 900 000 p e. Siffrorna anger genomsnittliga dygnsmängder, kg/d.

4. Luftförbrukning

Med de belastningsökningar som anges i stycke 3 förutsätts tillräcklig kapacitet i de luftade zonerna. I följande kapitel utreds detta. I beräkningarna har foulingfaktorn F anpassats för att få överensstämmelse med faktiskt luftbehov år 2012.

Belastningen av BOD_5 på de luftade zonerna har beräknats från antagandet att 7 kg BOD_5 åtgår per kg NO_3 vid fördenitrifikationen (1/0,14, ATV 2000). I nästan samtliga fall innebär detta att all inkommande BOD konsumeras i de anoxiska zonerna och kommer inte belasta de luftade zonerna.

Det faktiska syrebehovet vid en viss belastning beskrivs med OTR , *Oxygen Transfer Rate*. Denna syremängd översätts till $SOTR$, *Standard Oxygen Transfer Rate* för att jämföra med dimensionerande data från leverantörer. OTR och $SOTR$ beräknas enligt ekvation 5- 9.

$$OTR = a'BOD_5 + b'VSS + c'NH_4 - d'NO_3 \quad (5)$$

OTR :	Syrebehov (kg O_2 /d)
a'	Syreförbrukning per kg oxiderad mängd BOD_5 (kg O_2 /d)
BOD_5	Oxiderad mängd BOD_5 (kg O_2 /d)
b'	Syreförbrukning vid endogen andning (kg O_2 /kg VSS,d), en funktion av vattentemperatur
VSS	Mängd aktivt slam i bassäng (kg)
c'	Syreförbrukning per oxiderad mängd ammonium (kg O_2 /d)
NH_4	Oxiderad mängd ammonium (kg O_2 /d)
d'	Syreåtervinning vid denitrifikation (kg O_2 /kg NO_3 ,d)
NO_3	Reducerad mängd nitrat (kg/d)

$$SOTR = \frac{C_{20}}{\alpha F (\beta C_{S,T} - C_L) \theta^{(20-T)}} OTR \quad (6)$$

$$C_{20} = C_{ST20}(1 + 0,035h) \quad (7)$$

$$C_{S,T} = C_{ST}(1 + 0,035(h - 0,025)) \quad (8)$$

$$\alpha = \frac{K_L a_{smutsigt vatten}}{K_L a_{rent vatten}} \quad (9)$$

$SOTR$	Syreförbrukning i renvatten (kg O_2 /d)
C_{20}	Syremättnad i vatten vid 20 °C (g O_2 /m ³)
C_{ST20}	Syremättnad i vatten vid 20 °C och havsnivå (g O_2 /m ³)
β	Förhållande mellan syremättnad i rent och smutsigt vatten
$C_{S,T}$	Syremättnad i vatten vid T °C (g O_2 /m ³)
C_{ST}	Syremättnad i vatten vid T °C och havsnivå (g O_2 /m ³)
α	Kvot mellan $K_L a$ i renvatten och smutsigt vatten
F	Faktor för fouling

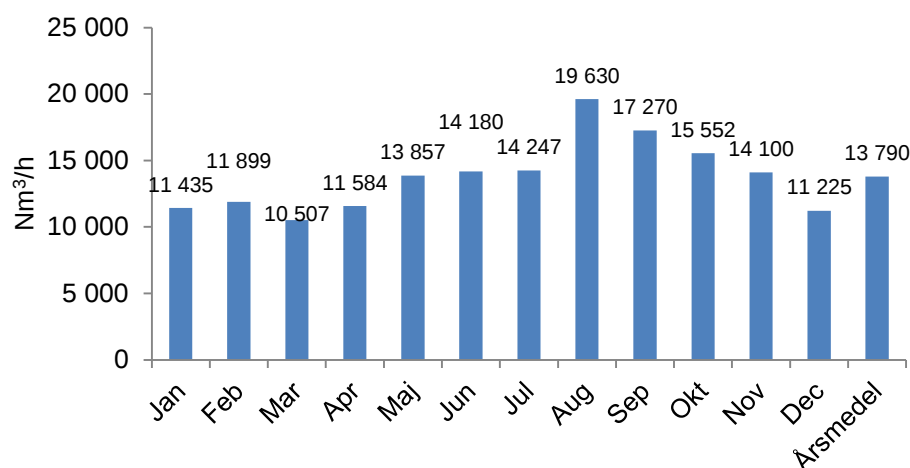
T	Temperatur °C
K_{La}	Syreöverföringshastighet (1/h)
h	Vattendjup (m)

4.1. Luftförbrukning vid 900 000 p e

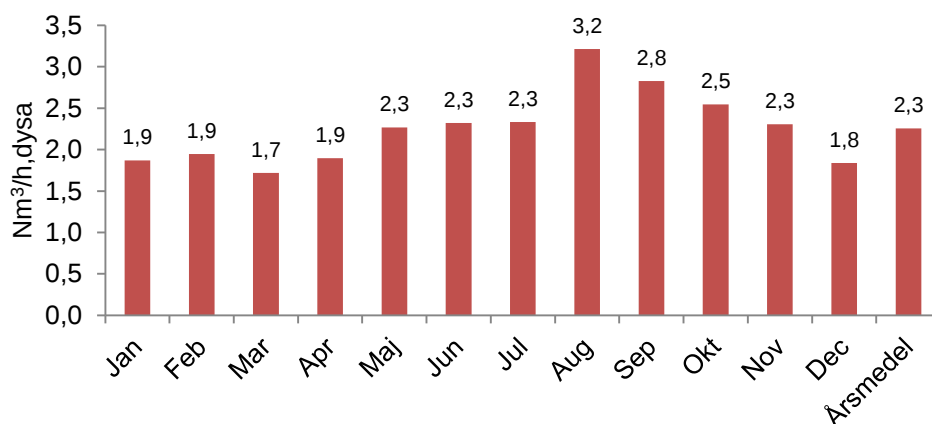
I följande stycke redovisas luftningsbehovet med skärpta krav vid 900 000 p e. Ingen beräkning har utförts för nuvarande belastning och skärpta krav eftersom ökningen av luft då är marginell jämfört med nuvarande krav.

4.1.1. Linje 1-6

I Figur 40 visas luftflödena för linje 1-6 vid 900 000 p e. Slamhalterna är 3,0 kg MLSS/m³. Ett syreöverskott på 2,5 mg/L antas i samtliga luftade zoner. Fullständig nitrifikation uppnås inte under februari månad. Tack vare förfällningen, en ändrad flödesfördelning och rejektvattenbehandlingen stiger det totala luftbehovet med endast ca 5 % från 13 100 Nm³/h till 13 800 Nm³/h. Blåsmaskinerna har en total kapacitet på 36 000 Nm³/h i linje 1-6. De specifika flödena, Figur 41, uppgår som högst till 3,2 Nm³/h, dysa vilket är långt under maximal begränsning vid 6,8 Nm³/h, dysa. Inga åtgärder bedöms därför som nödvändiga för att uppnå denna belastning på linje 1-6. I Appendix B1 redovisas beräkningarna för luftbehovet. De höga luftflödena under augusti och september månad beror på en hög endogen andning. Genom att sänka slamhalterna, vilket är möjligt och ändå uppnå 5 mg/L i totalkväve, skulle denna förbrukning minska.



Figur 40 – Luftflöden linje 1-6 vid 900 000 p e med skärpta krav.

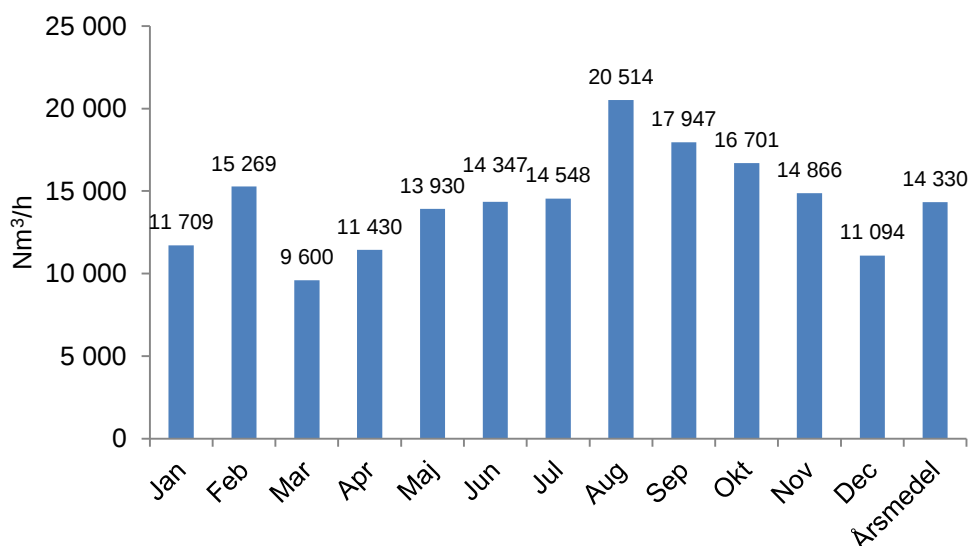


Figur 41 – Specifikt luftflöde linje 1-6 vid 900 000 och skärpta krav.

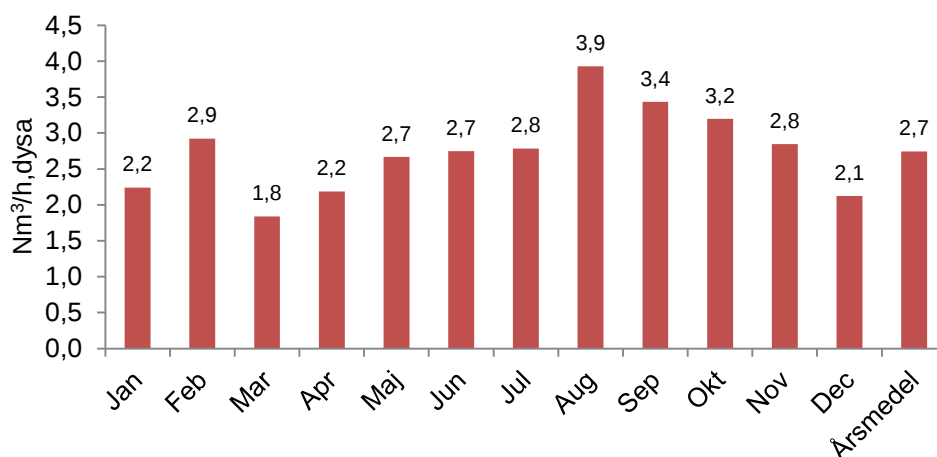
4.1.2. Linje 7-11

I Figur 42 visas luftflödena för linje 7-11 vid 900 000 p e. Slamhalterna är 3,0 kg MLSS/m³. Ett syreöverskott på 2,5 mg/L har antagits i samtliga luftade zoner. Som årsmedelvärde stiger det totala luftbehovet med 23 % från 11 600 Nm³/h till 14 300 Nm³/h. Blåsmaskinerna har en total kapacitet på 46 000 Nm³/h i linje 7-11. De specifika flödena, Figur 43, uppgår som högst till 3,9 Nm³/h, dysa vilket är under maximal begränsning vid 6,8 Nm³/h, dysa.

De höga luftflödena under augusti kan sänkas genom att sänka slamhalterna. Dessa har satts till 3,0 kg MLSS/m³ även under sommarmånaderna för att hålla metanolkonsumtionen låg. Med lägre slamhalter sjunker den endogena respirationen och luftflödena likaså. Inga åtgärder bedöms som nödvändiga för att uppnå denna belastning. I Appendix B2 redovisas beräkningarna.



Figur 42 – Luftflöden linje 7-11 vid 900 000 p e med skärpta krav.



Figur 43 — Specifikt luftflöde linje 7-11 vid 900 000 p e med skärpta krav. Dysorna är dimensionerade för maximalt 6,8 Nm³/h,dysa.

5. Förfällning och efterpolering

För fosforavskiljningen används förfällning och efterpolering på sandfilter med järnklorid. I följande stycke redovisas antagna doser och mängder av fällningskemikalien för samtliga linjer. Ingen uppdelning har gjorts mellan blocken i linje 1-6 och 7-11. Utgående fosfathalt från försedimenteringarna kommer ligga kring 0,5-1 mg/L för att inte riskera fosforbrist i biosteget. I beräkningarna används siffran 0,5 mg/L för att inte underskatta behovet av fällningskemikalie. Fördelningen fosfat/totalfosfor antas vara samma vid 900 000 p e som år 2012 med ett medelvärde på 47 %. En dos på 10 g Fe/m³ används i förfällningen vilket ger ett tillräckligt metallöverskott under årets samtliga månader (rad 31, Appendix C1 och C2).

Till sandfiltren antas en dos på 3 g Fe/m³ som medel för att uppnå 0,05 mg PO₄-P/L vilket kommer ge en utgående totalfosforhalt på ca 0,10- 0,15 mg/L. Halten av fosfatfosfor från biosteget antas ligga vid 0,2- 0,6 mg/L med ett medelvärde på 0,4 mg/L.

Den totala järnmängden som används som fällningskemikalie redovisas i Tabell 5 för de olika belastningsfallen.

Både försedimenteringar och sandfilter kommer ha en oförändrad maximal hydraulisk belastning. Slambelastningen på försedimenteringarna är inte en faktor som måste hanteras då inkommande slamhalter vid högflöden är relativt låga. Sandfiltren har en maximal slamlagringskapacitet på 6 kg TSS/m². Beroende på belastningen kommer drifttiden mellan spolningar påverkas. Vid 900 000 p e kommer drifttiden ligga mellan 80-120 h. Detta ger god marginal till maximal spolfrekvens på 2 ggr/dag,filter.

Tabell 5- Förbrukning av järnklorid (i detta exempel PIX 111, Kemira) för de olika belastningsfallen.

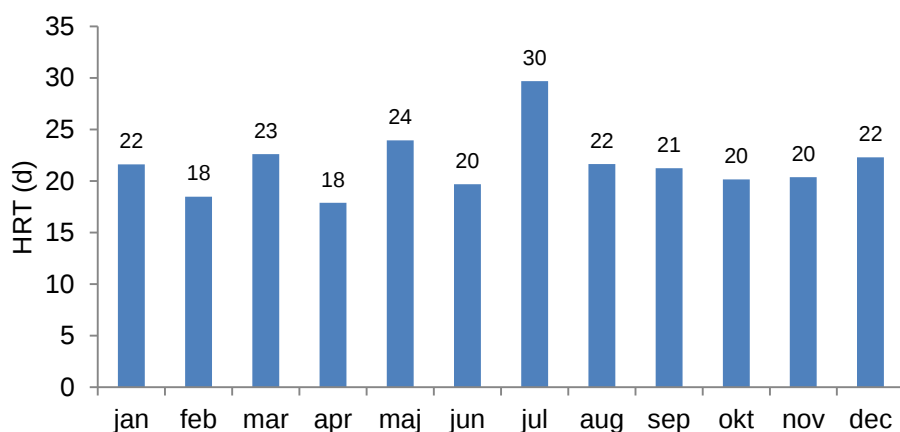
Belastning	Förbrukning järn (ton/år)	Förbrukning PIX 111 (ton/år)
År 2012	775	5 612
900 000 p e	939	6 803

6. Slamproduktion

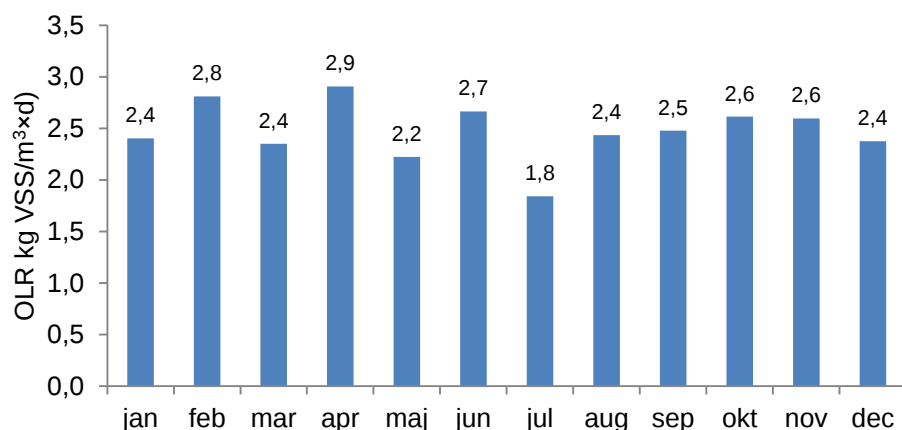
Med förfällning och en ökad belastning kommer mängden slam öka. Planer finns också på att ta emot externt organiskt material (EOM). I och med detta måste kapaciteten i rötning och slamhantering ses över.

I Figur 44-46 redovisas hydraulisk uppehållstid (HRT) organisk belastning (OLR) och mängden avvattnat slam vid 900 000 p e och 30 000 ton EOM. Tre rötkammare med en total volym på 27 000 m³ antas vara i drift. Det framgår att både HRT och OLR ligger inom rimliga gränser för en stabil drift (> 15 d och < 4 kg VSS/m³×d). Mängden avvattnat slam beräknas öka till ca 50 000 ton per år från dagens ca 30 000 ton/år. I Appendix D1 redovisas beräkningarna.

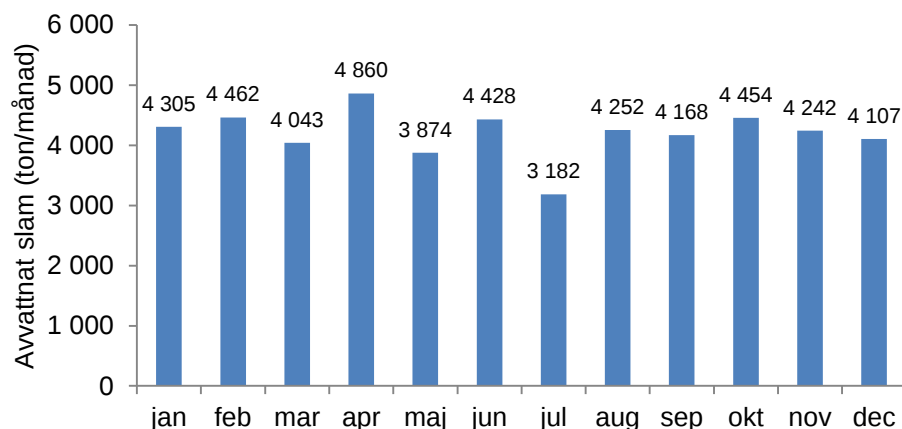
Allteftersom belastningen ökar kommer förtjockarkapaciten för överskottslammet behöva ökas. I princip innebär detta enbart byte till större eller fler förtjockarcentrifuger och matarpumpar. Slutavvattningen har tillräcklig kapacitet för att hantera 50 000 ton avvattnat slam.



Figur 44 – Hydraulisk uppehållstid med tre rötkammare på totalt 27 000 m³ vid 900 000 p e och 30 000 ton externt organiskt material.



Figur 45 – Organisk belastning med tre rötktammare på totalt 27 000 m³ vid 900 000 p e och 30 000 ton externt organiskt material.



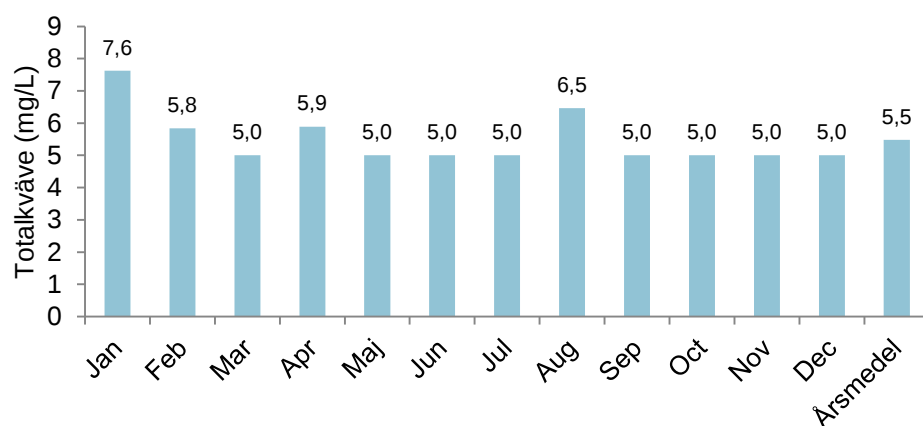
Figur 46 – Avvattnat slam för bortförsel vid 900 000 p e och 30 000 ton externt organiskt material.

7. Maximal belastning och högflödesrening

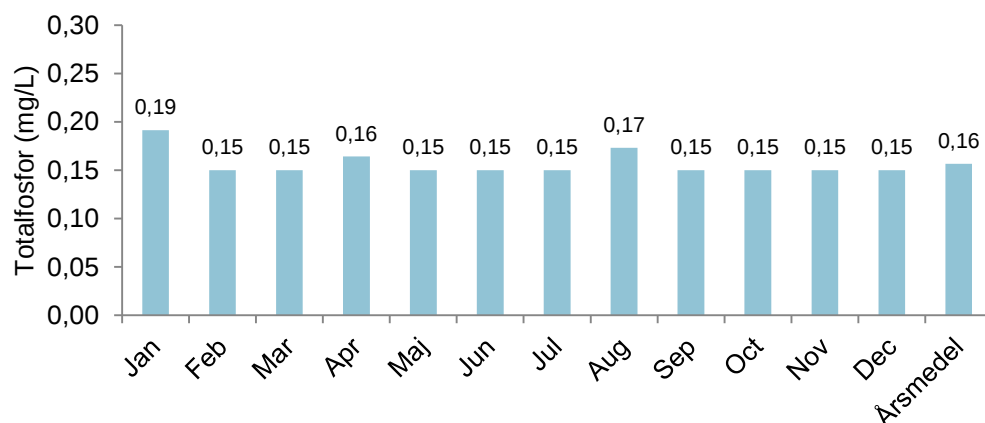
Massbalanserna för kväve i stycke 3 redovisar situationen med månad som lägsta upplösning. Beräkningarna inkluderar inte de kortvariga högflödesperioder som kan inträffa med flöden över $Q_{\max}$ och höga utgående halter. Tidpunkten för sådana situationer är helt avgörande för det samlade reningsresultatet. Under sommar och höst finns generellt en betydligt bättre marginal till utsläppsvillkoren än under vinter och vår. För att säkerställa att reningsverket har tillräcklig kapacitet att hantera även en sämsta tänkbara situation har en beräkning utförts för 900 000 p e, samt med högflöden under årets kallare period enligt flödesfördelningen år 2012. I varaktighetsdiagrammet i Figur 9 framgår att med en relativ vattenförbrukning på 220 L/p e,d kommer maximala flöden på 8 m³/s kommer inträffa en timme per år. Högflödesreningens kapacitet på 3 m³/s anses därför vara tillräcklig även i framtiden.

Inkommande halter till högflödesreningen har justerats mot den framtida belastningen enligt figur 13-15. På grund av en mindre mängd tillskottsvatten kommer vattnet hålla högre föroreningshalter vilket medför högre utgående halter vid de antagna avskiljningsgraderna.

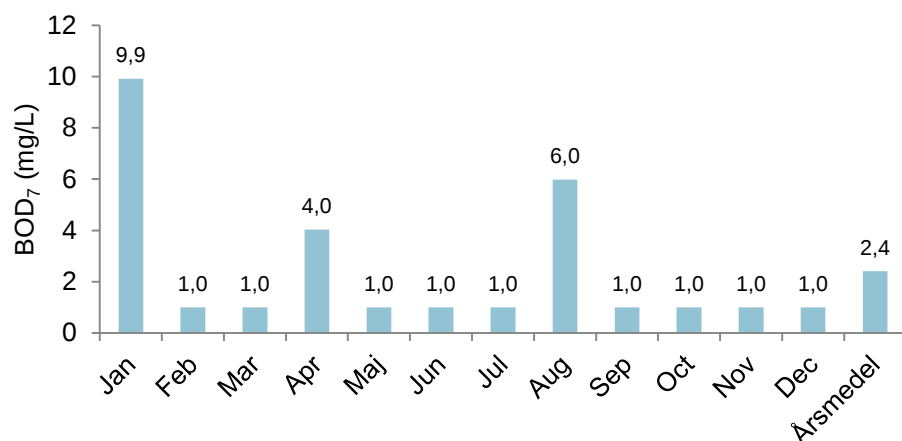
I Figur 47-49 och Appendix E1 redovisas utgående halter från samtliga linjer vid 900 000 p e och med maximalt utnyttjande av högflödesreningen. Flödessituationen det blötaste året i Käppalas historia, 2012, har använts som utgångspunkt och avskiljningsgraden av kväve, fosfor och BOD₇ har antagits till 15, 90 respektive 50 %. Beräkningarna visar att samtliga villkor kan uppfyllas. God marginal finns dessutom att nå betydligt lägre kvävehalter än vad som redovisas, men med en ökad metanolförbrukning. För BOD₇ antas <2 mg/L under de månader när högflödesreningen ej används. Till mängdberäkningarna används då 1 mg/L.



Figur 47 – Utgående kvävehalt vid maximalt utnyttjande av högflödesrening vid 900 000 pe.



Figur 48 – Utgående fosforhalt vid maximalt utnyttjande av högflödesrening vid 900 000 p e.



Figur 49 – Utgående BOD-halt vid maximalt utnyttjande av högflödesrening vid 900 000 p e.

8. Utsläppsmängder

I Tabell 6 redovisas utsläppsmängder för fyra scenarios;

- i) nuvarande belastning och nuvarande tillstånd
- ii) nuvarande belastning och skärpta tillstånd
- iii) vid 900 000 p e, skärpta tillstånd och inget utnyttjande av högflödesrening
- iv) vid 900 000 p e, skärpta tillstånd och maximalt utnyttjande av högflödesrening

Det framgår att med skärpta krav kommer utsläppsmängderna till recipienten att minska väsentligt jämfört med nuvarande situation, detta trots en ökad belastning. Endast BOD₇ vid maximalt utnyttjande av högflödesreningen ger högre utsläpp än nuvarande situation. Dock har endast 50% avskiljningsgrad antagits för BOD i högflödesreningen vilket sannolikt är en underskattning.

Tabell 6 – Utgående mängder vid olika belastning och krav.

Belastning (p e)	Tillståndsvillkor	Högflödesrening nyttjas	Flöde (m ³ /år)	Utsläpp Tot-N (ton/år)	Utsläpp Tot-P (ton/år)	Utsläpp BOD ₇ (ton/år)
429 000	Nuvarande	Nej	59 700 000	521	12	137
429 000	Skärpta	Nej	59 700 000	299	9	60
900 000	Skärpta	Nej	72 270 000	366	11	72
900 000	Skärpta	Ja	72 270 000	397	11	176

9. Referenser

Björlenius, B. (2013). Excelrapport från försök med KTH studenter år 2012 och 2013.

Driftinstruktion Käppalaverket. (2000). VA-PROJEKT.

Grundestam, C. (2014). Förstudie Rejektivattenbehandling – inventering av befintliga tekniker.

Hansen, B. (2013). Muntlig referens.

STANDARD ATV-DVWK-A 131E. (2000). Dimensioning of Single-Stage Activated Sludge Plants.

Thunberg, A. (2010). Förstudie Käppala 2020.

Tottie, O. (2014). Implementering av Cykloner i returslamflöde. Förstudie utförd av Grontmij AB.

Vienola, S. (2014). Labförsök för nitrifikations- och denitrifikationsförsök. Redovisat i Excelfil.

APPENDIX A1 – Linje 1-6, belastning år 2012

1			Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2	Indata	Enhet												
3	Belastningsökning kväve (totalt Käppala)	%	0%											
4	Personekvivalenter (totalt Käppala)	70 g BOD ₇ /p,d	429 367											
5	Temp.	°C	11,2	10,2	10,3	10,4	13,2	13,9	15,5	16,6	16,1	14,6	13,1	11,8
6	MLSS	kg MLSS/m ³	2,7	2,8	2,7	2,7	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9
7	VSS-halt	%	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
8	Flöde	m ³ /d	58 042	61 966	56 866	70 332	51 150	64 491	41 132	56 516	56 874	66 574	65 432	56 794
9	BOD ₅	kg/d	9 489	11 450	9 024	11 375	9 785	9 744	7 339	11 180	10 386	8 915	7 596	9 630
10	BOD ₅ från försedimentering	kg/d	3 795	4 580	3 610	4 550	3 914	3 898	2 936	4 472	4 154	3 566	3 038	3 852
11	Ntot till biosteg inkl. rejektvatten	kg/d	2 426	2 587	2 438	2 673	2 558	2 451	1 777	2 600	2 332	2 517	2 617	2 371
12	Ntot i rejektvatten	kg/d	287	376	399	361	380	363	284	293	301	254	300	369
13	Slamproduktion	kg MLSS/kg BOD ₅	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
14	Ntot i VSS	%	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
15	Anoxisk volym	m ³	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546
16	Oxisk volym	m ³	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236
17	Total volym	m ³	45 820	45 820	45 821	45 822	45 823	45 824	45 825	45 826	45 827	45 828	45 829	45 830
18	Volym EDN	m ³	4 038	4 038	4 039	4 040	4 041	4 042	4 043	4 044	4 045	4 046	4 047	4 048
19	Avskiljningsgrad rejektvattenrening	%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
20														
21	Beräkningar													
22	Luftad slamålder - beräknad	d	23,8	20,3	25,3	19,9	24,6	25,6	33,9	22,3	24,0	27,9	32,8	25,1
23	Luftad slamålder - temperaturkrav	d	9,1	10,0	10,0	10,0	7,4	7,4	6,1	5,5	5,5	6,8	7,4	9,1
24	Nitrifikationshastighet - behov	g NH ₄ -N/kg MLVSS,h	1,7	1,7	1,6	1,8	1,7	1,5	1,1	1,7	1,5	1,7	1,7	1,5
25	Nitrifikationshastighet - temperaturkorrigerad	g NH ₄ -N/kg MLVSS,h	2,2	2,0	2,0	2,0	2,8	2,8	3,4	3,8	3,8	3,1	2,8	2,2
26	Denitrifikationshastighet - temperaturkorrigerad	g NO ₃ -N/kg MLVSS,h	1,6	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,8	2,8	2,3	2,0	1,6
27	MLSS	kg MLSS/m ³	2,7	2,8	2,7	2,7	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9
28	MLVSS	kg MLVSS/m ³	2,0	2,1	2,1	2,0	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2
29	Slamproduktion	kg MLSS/d	2 657	3 206	2 527	3 185	2 740	2 728	2 055	3 131	2 908	2 496	2 127	2 696
30		kg MLVSS/d	1 993	2 405	1 895	2 389	2 055	2 046	1 541	2 348	2 181	1 872	1 595	2 022
31	Kemslamproduktion	kg MLSS/d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	Ntot till biosteg efter rejektvattenrening	kg/d	2 182	2 267	2 099	2 365	2 235	2 142	1 535	2 351	2 076	2 301	2 362	2 058
33	Ntot assimilerad	kg/d	159	192	152	191	164	164	123	188	174	150	128	162
34	Inert kväve	kg/d	58	62	57	70	51	64	41	57	57	67	65	57
35	Behov nitrifikation	kg/d	1 965	2 013	1 890	2 104	2 019	1 914	1 371	2 107	1 845	2 084	2 169	1 839
36	Nitrifikationspotential mht temperatur och hastighet	kg/d	2 554	2 361	2 319	2 301	3 344	3 462	4 266	4 735	4 735	3 843	3 462	2 729
37	Nitrifierad mängd	kg/d	1 965	2 013	1 890	2 104	2 019	1 914	1 371	2 107	1 845	2 084	2 169	1 839
38	Kjeldahl-N kvarstående	kg/d	58	62	57	70	51	64	41	57	57	67	65	57
39	NO ₃ -N i reaktor	kg/d	1 965	2 013	1 890	2 104	2 019	1 914	1 371	2 107	1 845	2 084	2 169	1 839
40	Återfört via nitratretur	kg/d	1 572	1 610	1 512	1 683	1 615	1 531	1 097	1 685	1 476	1 668	1 735	1 471
41	Nitratrecirkulation	%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%
42	NO ₃ -N som ej recirkuleras	kg/d	393	403	378	421	404	383	274	421	369	417	434	368

43	NO ₃ -N denitrifikations pot	kg/d	1 499	1 386	1 361	1 350	1 963	2 032	2 504	2 779	2 779	2 256	2 032	1 602
44	NO ₃ -N denitrifierat	kg/d	1 499	1 386	1 361	1 350	1 615	1 531	1 097	1 685	1 476	1 668	1 735	1 471
45	NO ₃ -N kvarstående från FDN	kg/d	73	225	151	333	0	0	0	0	0	0	0	0
46	Ntot ut FDN & nitrifikation	kg/d	524	689	586	824	455	447	315	478	426	483	499	425
47	Ntot målvärde utgående	kg/d	290	310	284	352	256	322	206	283	284	333	327	284
48	Ntot målvärde utgående	mg/l	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
49														
50	Ntot ut FDN & nitrifikation	kg/d	524	689	586	824	455	447	315	478	426	483	499	425
51	Ntot ut FDN & nitrifikation	mg/l	9,0	11,1	10,3	11,7	8,9	6,9	7,7	8,5	7,5	7,3	7,6	7,5
52	NH ₄ -N ut FDN & nitrifikation	kg/d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	NO ₃ -N ut FDN & nitrifikation	kg/d	466	627	529	754	404	383	274	421	369	417	434	368
54														
55	Ntot - nödvändig EDN	kg/d	234	379	302	472	199	125	110	195	141	151	172	141
56	EDN-hastighet	g NO ₃ -N/kgVSS,h	3,6	3,3	3,3	3,3	4,5	4,5	5,5	6,1	6,1	5,0	4,5	3,6
57	EDN-volym önskad	m ³	1 314	2 309	1 868	2 949	856	518	369	592	429	563	714	740
58	EDN-volym tillgänglig	m ³	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038
59	EDN potential	kg NO ₃ -N/d	718	664	652	647	940	973	1 199	1 331	1 331	1 080	973	767
60	EDN denitrifierat	kg/d	234	379	302	472	199	125	110	195	141	151	172	141
61														
62	Ntot utlopp	kg/d	290	310	284	352	256	322	206	283	284	333	327	284
63	Ntot utlopp	mg/l	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
64	Rullande medel	mg/l	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
65														
66	Total oxisk volym	m ³	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546
67	Total volym FDN	m ³	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236
68	Total volym EDN	m ³	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038
69	Total volym biosteg	m ³	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820
70														
71	Behov COD i EDN	g COD/gNO ₃	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
72	Behov COD i EDN	kg COD/d	1 169	1 897	1 508	2 362	996	624	548	976	707	753	861	703
73	COD innehåll i kolkälla	g COD/g produkt	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
74	Behov extern kolkälla	kg/d	779	1 265	1 005	1 575	664	416	366	651	472	502	574	469
75	Behov extern kolkälla	ton/mån	24,1	35,7	31,2	47,2	20,6	12,5	11,3	20,2	14,1	15,6	17,2	14,5
76	Kostnad extern kolkälla	kr/mån	74 864	110 766	96 619	146 442	63 810	38 686	35 128	62 546	43 861	48 242	53 364	45 064

APPENDIX A2 – Linje 7-11, belastning år 2012

1			Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2	Indata	Enhet												
3	Belastningsökning kväve (totalt Käppala)	%	0%											
4	Personekvivalenter (totalt Käppala)	70 g BOD ₇ /p,d	429 367											
5	Temp.	°C	11,2	10,2	10,3	10,4	13,2	13,9	15,5	16,6	16,1	14,6	13,1	11,8
6	MLSS	kg MLSS/m ³	3,0	2,6	2,2	2,1	2,1	2,1	2,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
7	VSS-halt	%	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
8	Flöde	m ³ /d	103 186	110 162	101 094	125 034	90 933	114 651	73 123	100 473	101 109	118 354	116 324	100 967
9	BOD ₅	kg/d	16 869	20 356	16 043	20 223	17 396	17 322	13 048	19 876	18 463	15 849	13 504	17 121
10	BOD ₅ från försedimentering	kg/d	6 747	8 142	6 417	8 089	6 958	6 929	5 219	7 951	7 385	6 340	5 401	6 848
11	Ntot till biosteg inkl. rejektvatten	kg/d	4 313	4 599	4 334	4 751	4 547	4 357	3 159	4 622	4 145	4 474	4 653	4 215
12	Ntot i rejektvatten	kg/d	510	669	710	642	675	646	505	520	535	451	533	655
13	Slamproduktion	kg MLSS/kg BOD ₅	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
14	Ntot i VSS	%	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
15	Anoxisk volym	m ³	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200
16	Oxisk volym	m ³	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000
17	Total volym	m ³	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200
18	Volym EDN	m ³	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000
19	Avskilningsgrad rejektvattenrening	%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
20														
21	Beräkningar													
22	Luftad slamålder - beräknad	d	27,9	20,4	21,1	16,2	18,8	19,1	31,9	23,8	25,5	29,7	34,9	27,5
23	Luftad slamålder - temperaturkrav	d	9,1	10,0	10,0	10,0	7,4	7,4	6,1	5,5	5,5	6,8	7,4	9,1
24	Nitrifikationshastighet - behov	g NH ₄ -N/kg MLVSS,h	1,5	1,7	2,0	2,3	2,2	2,0	1,2	1,6	1,4	1,6	1,6	1,4
25	Nitrifikationshastighet - temperaturkorregerad	g NH ₄ -N/kg MLVSS,h	2,2	2,0	2,0	2,0	2,8	2,8	3,4	3,8	3,8	3,1	2,8	2,2
26	Denitrifikationshastighet - temperaturkorregerad	g NO ₃ -N/kg MLVSS,h	1,6	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,8	2,8	2,3	2,0	1,6
27	MLSS	kg MLSS/m ³	3,0	2,6	2,2	2,1	2,1	2,1	2,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
28	MLVSS	kg MLVSS/m ³	2,3	2,0	1,6	1,6	1,6	1,6	2,0	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
29	Slamproduktion	kg MLSS/d	4 723	5 700	4 492	5 662	4 871	4 850	3 653	5 565	5 170	4 438	3 781	4 794
30		kg MLVSS/d	3 542	4 275	3 369	4 247	3 653	3 638	2 740	4 174	3 877	3 328	2 836	3 595
31	Kemslamproduktion	kg MLSS/d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	Ntot till biosteg efter rejektvattenrening	kg/d	3 879	4 031	3 731	4 205	3 973	3 808	2 730	4 179	3 691	4 090	4 200	3 658
33	Ntot assimilerad	kg/d	283	342	270	340	292	291	219	334	310	266	227	288
34	Inert kväve	kg/d	103	110	101	125	91	115	73	100	101	118	116	101
35	Behov nitrifikation	kg/d	3 493	3 578	3 361	3 740	3 589	3 402	2 437	3 745	3 280	3 706	3 857	3 270
36	Nitrifikationspotential mht temperatur och hastighet	kg/d	5 321	4 225	3 442	3 329	4 553	4 609	7 124	9 002	8 967	7 278	6 557	5 321
37	Nitrifierad mängd	kg/d	3 493	3 578	3 361	3 329	3 589	3 402	2 437	3 745	3 280	3 706	3 857	3 270
38	Kjeldahl-N kvarstående	kg/d	103	110	101	536	91	115	73	100	101	118	116	101
39	NO ₃ -N i reaktor	kg/d	3 493	3 578	3 361	3 329	3 589	3 402	2 437	3 745	3 280	3 706	3 857	3 270
40	Återfört via nitratretur	kg/d	2 794	2 863	2 688	2 663	2 871	2 722	1 950	2 996	2 624	2 965	3 085	2 616
41	Nitratrecirkulation	%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%
42	NO ₃ -N som ej recirkuleras	kg/d	699	716	672	666	718	680	487	749	656	741	771	654

43	NO ₃ -N denitrifikations pot	kg/d	3 219	2 556	2 082	2 014	2 754	2 788	4 309	5 446	5 425	4 403	3 966	3 219
44	NO ₃ -N denitrifierat	kg/d	2 794	2 556	2 082	2 014	2 754	2 722	1 950	2 996	2 624	2 965	3 085	2 616
45	NO ₃ -N kvarstående från FDN	kg/d	0	307	606	649	117	0	0	0	0	0	0	0
46	Ntot ut FDN & nitrifikation	kg/d	802	1 133	1 380	1 851	926	795	561	849	757	860	888	755
47	Ntot målvärde utgående	kg/d	516	551	505	625	455	573	366	502	506	592	582	505
48	Ntot målvärde utgående	mg/l	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
49														
50	Ntot ut FDN & nitrifikation	kg/d	802	1 133	1 380	1 851	926	795	561	849	757	860	888	755
51	Ntot ut FDN & nitrifikation	mg/l	7,8	10,3	13,6	14,8	10,2	6,9	7,7	8,5	7,5	7,3	7,6	7,5
52	NH ₄ -N ut FDN & nitrifikation	kg/d	0	0	0	411	0	0	0	0	0	0	0	0
53	NO ₃ -N ut FDN & nitrifikation	kg/d	699	1 022	1 279	1 315	835	680	487	749	656	741	771	654
54														
55	Ntot - nödvändig EDN	kg/d	286	582	874	1 226	471	222	195	347	252	268	306	250
56	EDN-hastighet	g NO ₃ -N/kgVSS,h	3,6	3,3	3,3	3,3	4,5	4,5	5,5	6,1	6,1	5,0	4,5	3,6
57	EDN-volym önskad	m ³	1 461	3 745	6 908	10 019	2 815	1 309	744	1 049	763	1 001	1 270	1 278
58	EDN-volym tillgänglig	m ³	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000
59	EDN potential	kg NO ₃ -N/d	2 152	1 709	1 392	1 346	1 841	1 864	2 881	3 641	3 626	2 943	2 652	2 152
60	EDN denitrifierat	kg/d	286	582	874	1 226	471	222	195	347	252	268	306	250
61														
62	Ntot utlopp	kg/d	516	551	505	625	455	573	366	502	506	592	582	505
63	Ntot utlopp	mg/l	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
64	Rullande medel	mg/l	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
65														
66	Total oxisk volym	m ³	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200
67	Total volym FDN	m ³	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000
68	Total volym EDN	m ³	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000
69	Total volym biosteg	m ³	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200
70														
71	Behov COD i EDN	g COD/gNO ₃	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
72	Behov COD i EDN	kg COD/d	1 429	2 909	4 371	6 132	2 356	1 109	975	1 736	1 258	1 339	1 530	1 250
73	COD innehåll i kolkälla	g COD/g produkt	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
74	Behov extern kolkälla	kg/d	953	1 939	2 914	4 088	1 571	740	650	1 157	838	892	1 020	834
75	Behov extern kolkälla	ton/mån	29,5	54,8	90,3	122,6	48,7	22,2	20,1	35,9	25,2	27,7	30,6	25,8
76	Kostnad extern kolkälla	kr/mån	91 556	169 830	280 013	380 155	150 928	68 775	62 449	111 192	77 975	85 763	94 869	80 115

APPENDIX A3 – Linje 1-6 vid 900 000 p e

1			Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2	Indata	Enhet												
3	Belastningsökning kväve (totalt Käppala)	%	48%											
4	Personekvivalenter (totalt Käppala)	70 g BOD ₇ /p,d	900 000	p e										
5	Temp.	°C	11,2	10,2	10,3	10,4	13,2	13,9	15,5	16,6	16,1	14,6	13,1	11,8
6	MLSS	kg MLSS/m ³	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
7	VSS-halt	%	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
8	Flöde	m ³ /d	57 485	67 345	56 319	71 978	50 659	66 001	40 736	55 974	58 205	65 935	66 964	56 249
9	BOD ₅	kg/d	15 840	20 976	15 065	19 623	16 335	16 808	12 252	18 664	17 916	14 883	13 103	16 077
10	BOD ₅ från försedimentering	kg/d	6 336	8 390	6 026	7 849	6 534	6 723	4 901	7 466	7 166	5 953	5 241	6 431
11	Ntot till biosteg inkl. rejektvatten	kg/d	2 905	3 509	2 931	3 207	3 242	3 120	2 079	3 497	2 907	3 047	3 183	2 843
12	Ntot i rejektvatten	kg/d	344	511	480	434	482	462	332	394	375	307	365	442
13	Slamproduktion	kg MLSS/kg BOD ₅	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
14	Ntot i VSS	%	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
15	Anoxisk volym	m ³	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546
16	Oxisk volym	m ³	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236
17	Total volym	m ³	45 820	45 820	45 821	45 822	45 823	45 824	45 825	45 826	45 827	45 828	45 829	45 830
18	Volym EDN	m ³	4 038	4 038	4 039	4 040	4 041	4 042	4 043	4 044	4 045	4 046	4 047	4 048
19	Avskilningsgrad rejektvattenrening	%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
20														
21	Beräkningar													
22	Luftad slamålder - beräknad	d	15,7	11,9	16,5	12,7	15,2	14,8	20,3	13,3	13,9	16,7	19,0	15,5
23	Luftad slamålder - temperaturkrav	d	9,1	10,0	10,0	10,0	7,4	7,4	6,1	5,5	5,5	6,8	7,4	9,1
24	Nitrifikationshastighet - behov	g NH ₄ -N/kg MLVSS,h	1,8	2,1	1,8	1,9	2,0	1,9	1,2	2,2	1,8	2,0	2,1	1,7
25	Nitrifikationshastighet - temperaturkorrigerad	g NH ₄ -N/kg MLVSS,h	2,2	2,0	2,0	2,0	2,8	2,8	3,4	3,8	3,8	3,1	2,8	2,2
26	Denitrifikationshastighet - temperaturkorrigerad	g NO ₃ -N/kg MLVSS,h	1,6	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,8	2,8	2,3	2,0	1,6
27	MLSS	kg MLSS/m ³	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
28	MLVSS	kg MLVSS/m ³	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
29	Slamproduktion	kg MLSS/d	4 435	5 873	4 218	5 494	4 574	4 706	3 431	5 226	5 016	4 167	3 669	4 501
30		kg MLVSS/d	3 326	4 405	3 164	4 121	3 430	3 530	2 573	3 920	3 762	3 125	2 752	3 376
31	Kemslamproduktion	kg MLSS/d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	Ntot till biosteg efter rejektvattenrening	kg/d	2 613	3 075	2 523	2 838	2 833	2 727	1 796	3 162	2 588	2 786	2 873	2 467
33	Ntot assimilerad	kg/d	266	352	253	330	274	282	206	314	301	250	220	270
34	Inert kväve	kg/d	57	67	56	72	51	66	41	56	58	66	67	56
35	Behov nitrifikation	kg/d	2 289	2 655	2 214	2 436	2 508	2 379	1 550	2 793	2 229	2 470	2 586	2 141
36	Nitrifikationspotential mht temperatur och hastighet	kg/d	2 810	2 532	2 532	2 532	3 462	3 462	4 266	4 735	4 735	3 843	3 462	2 810
37	Nitrifierad mängd	kg/d	2 289	2 532	2 214	2 436	2 508	2 379	1 550	2 793	2 229	2 470	2 586	2 141
38	Kjeldahl-N kvarstående	kg/d	57	191	56	72	51	66	41	56	58	66	67	56
39	NO ₃ -N i reaktor	kg/d	2 289	2 532	2 214	2 436	2 508	2 379	1 550	2 793	2 229	2 470	2 586	2 141
40	Återfört via nitratretur	kg/d	1 831	2 025	1 771	1 949	2 006	1 903	1 240	2 234	1 783	1 976	2 069	1 713
41	Nitratrecirkulation	%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%
42	NO ₃ -N som ej recirkuleras	kg/d	458	506	443	487	502	476	310	559	446	494	517	428

43	NO ₃ -N denitrifikations pot	kg/d	1 649	1 486	1 486	1 486	2 032	2 032	2 504	2 779	2 779	2 256	2 032	1 649
44	NO ₃ -N denitrifierat	kg/d	1 649	1 486	1 486	1 486	2 006	1 903	1 240	2 234	1 783	1 976	2 032	1 649
45	NO ₃ -N kvarstående från FDN	kg/d	182	540	285	463	0	0	0	0	0	0	37	63
46	Ntot ut FDN & nitrifikation	kg/d	697	1 237	784	1 023	552	542	351	615	504	560	621	548
47	Ntot målvärde utgående	kg/d	287	337	282	360	253	330	204	280	291	330	335	281
48	Ntot målvärde utgående	mg/l	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
49														
50	Ntot ut FDN & nitrifikation	kg/d	697	1 237	784	1 023	552	542	351	615	504	560	621	548
51	Ntot ut FDN & nitrifikation	mg/l	12,1	18,4	13,9	14,2	10,9	8,2	8,6	11,0	8,7	8,5	9,3	9,7
52	NH ₄ -N ut FDN & nitrifikation	kg/d	0	124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	NO ₃ -N ut FDN & nitrifikation	kg/d	640	1 046	728	951	502	476	310	559	446	494	554	491
54														
55	Ntot - nödvändig EDN	kg/d	410	900	503	663	299	212	147	335	213	230	286	266
56	EDN-hastighet	g NO ₃ -N/kgVSS,h	3,6	3,3	3,3	3,3	4,5	4,5	5,5	6,1	6,1	5,0	4,5	3,6
57	EDN-volym önskad	m ³	2 096	5 107	2 851	3 760	1 240	879	495	1 015	646	861	1 187	1 362
58	EDN-volym tillgänglig	m ³	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038
59	EDN potential	kg NO ₃ -N/d	790	712	712	712	973	973	1 199	1 331	1 331	1 080	973	790
60	EDN denitrifierat	kg/d	410	712	503	663	299	212	147	335	213	230	286	266
61														
62	Ntot utlopp	kg/d	287	525	282	360	253	330	204	280	291	330	335	281
63	Ntot utlopp	mg/l	5,0	7,8	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
64	Rullande medel	mg/l	5,0	6,4	5,9	5,7	5,6	5,5	5,4	5,3	5,3	5,3	5,3	5,2
65														
66	Total oxisk volym	m ³	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546	18 546
67	Total volym FDN	m ³	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236
68	Total volym EDN	m ³	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038	4 038
69	Total volym biosteg	m ³	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820	45 820
70														
71	Behov COD i EDN	g COD/gNO ₃	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
72	Behov COD i EDN	kg COD/d	2 050	4 501	2 513	3 313	1 494	1 059	735	1 673	1 065	1 151	1 430	1 332
73	COD innehåll i kolkälla	g COD/g produkt	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
74	Behov extern kolkälla	kg/d	1 367	3 001	1 675	2 209	996	706	490	1 116	710	768	953	888
75	Behov extern kolkälla	ton/mån	42,4	84,8	51,9	66,3	30,9	21,2	15,2	34,6	21,3	23,8	28,6	27,5
76	Kostnad extern kolkälla	kr/mån	131 346	262 776	160 989	205 423	95 746	65 649	47 091	107 208	66 024	73 761	88 671	85 338

APPENDIX A4 – Linje 7-11 vid 900 000 p e

1			Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2	Indata	Enhet												
3	Belastningsökning kväve (totalt Käppala)	%	48%											
4	Personekvivalenter (totalt Käppala)	70 g BOD ₇ /p,d	900 000	p e										
5	Temp.	°C	11,2	10,2	10,3	10,4	13,2	13,9	15,5	16,6	16,1	14,6	13,1	11,8
6	MLSS	kg MLSS/m ³	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
7	VSS-halt	%	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
8	Flöde	m ³ /d	134 131	157 139	131 412	167 949	118 204	154 002	95 052	130 605	135 812	153 848	156 249	131 247
9	BOD ₅	kg/d	36 961	48 943	35 152	45 787	38 116	39 220	28 588	43 550	41 803	34 727	30 574	37 512
10	BOD ₅ från försedimentering	kg/d	14 784	19 577	14 061	18 315	15 246	15 688	11 435	17 420	16 721	13 891	12 230	15 005
11	Ntot till biosteg inkl. rejektvatten	kg/d	5 627	6 423	5 225	6 074	5 857	5 687	3 763	6 678	5 518	6 069	6 226	5 151
12	Ntot i rejektvatten	kg/d	802	1 191	1 120	1 012	1 124	1 079	776	919	875	717	851	1 031
13	Slamproduktion	kg MLSS/kg BOD ₅	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
14	Ntot i VSS	%	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
15	Anoxisk volym	m ³	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200
16	Oxisk volym	m ³	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000
17	Total volym	m ³	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200
18	Volym EDN	m ³	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000
19	Avskilningsgrad rejektvattenrening	%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	85%
20														
21	Beräkningar													
22	Luftad slamålder - beräknad	d	12,8	9,6	13,4	10,3	12,4	12,0	16,5	10,8	11,3	13,6	15,4	12,6
23	Luftad slamålder - temperaturkrav	d	9,1	10,0	10,0	10,0	7,4	7,4	6,1	5,5	5,5	6,8	7,4	9,1
24	Nitrifikationshastighet - behov	g NH ₄ -N/kg MLVSS,h	1,8	1,9	1,5	1,8	1,7	1,7	1,1	2,1	1,7	2,0	2,0	1,5
25	Nitrifikationshastighet - temperaturkorrigerad	g NH ₄ -N/kg MLVSS,h	2,2	2,0	2,0	2,0	2,8	2,8	3,4	3,8	3,8	3,1	2,8	2,2
26	Denitrifikationshastighet - temperaturkorrigerad	g NO ₃ -N/kg MLVSS,h	1,6	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,8	2,8	2,3	2,0	1,6
27	MLSS	kg MLSS/m ³	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
28	MLVSS	kg MLVSS/m ³	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
29	Slamproduktion	kg MLSS/d	10 349	13 704	9 843	12 820	10 672	10 981	8 005	12 194	11 705	9 724	8 561	10 503
30		kg MLVSS/d	7 762	10 278	7 382	9 615	8 004	8 236	6 004	9 146	8 779	7 293	6 421	7 878
31	Kemslamproduktion	kg MLSS/d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	Ntot till biosteg efter rejektvattenrening	kg/d	4 945	5 410	4 273	5 214	4 902	4 770	3 103	5 897	4 774	5 460	5 503	4 275
33	Ntot assimilerad	kg/d	621	822	591	769	640	659	480	732	702	583	514	630
34	Inert kväve	kg/d	134	157	131	168	118	154	95	131	136	154	156	131
35	Behov nitrifikation	kg/d	4 190	4 431	3 552	4 277	4 143	3 957	2 528	5 035	3 936	4 723	4 833	3 513
36	Nitrifikationspotential mht temperatur och hastighet	kg/d	5 321	4 794	4 794	4 794	6 557	6 557	8 078	8 967	8 967	7 278	6 557	5 321
37	Nitrifierad mängd	kg/d	4 190	4 431	3 552	4 277	4 143	3 957	2 528	5 035	3 936	4 723	4 833	3 513
38	Kjeldahl-N kvarstående	kg/d	134	157	131	168	118	154	95	131	136	154	156	131
39	NO ₃ -N i reaktor	kg/d	4 190	4 431	3 552	4 277	4 143	3 957	2 528	5 035	3 936	4 723	4 833	3 513
40	Återfört via nitratretur	kg/d	3 352	3 545	2 841	3 421	3 314	3 166	2 022	4 028	3 149	3 778	3 867	2 811
41	Nitratrecirkulation	%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%	400%
42	NO ₃ -N som ej recirkuleras	kg/d	838	886	710	855	829	791	506	1 007	787	945	967	703

43	NO ₃ -N denitrifikations pot	kg/d	3 219	2 900	2 900	2 900	3 966	3 966	4 887	5 425	5 425	4 403	3 966	3 219
44	NO ₃ -N denitrifierat	kg/d	3 219	2 900	2 841	2 900	3 314	3 166	2 022	4 028	3 149	3 778	3 867	2 811
45	NO ₃ -N kvarstående från FDN	kg/d	133	644	0	521	0	0	0	0	0	0	0	0
46	Ntot ut FDN & nitrifikation	kg/d	1 105	1 688	842	1 545	947	945	601	1 138	923	1 098	1 123	834
47	Ntot målvärde utgående	kg/d	671	786	657	840	591	770	475	653	679	769	781	656
48	Ntot målvärde utgående	mg/l	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
49														
50	Ntot ut FDN & nitrifikation	kg/d	1 105	1 688	842	1 545	947	945	601	1 138	923	1 098	1 123	834
51	Ntot ut FDN & nitrifikation	mg/l	8,2	10,7	6,4	9,2	8,0	6,1	6,3	8,7	6,8	7,1	7,2	6,4
52	NH ₄ -N ut FDN & nitrifikation	kg/d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	NO ₃ -N ut FDN & nitrifikation	kg/d	971	1 531	710	1 377	829	791	506	1 007	787	945	967	703
54														
55	Ntot - nödvändig EDN	kg/d	435	902	185	705	356	175	125	485	244	329	342	178
56	EDN-hastighet	g NO ₃ -N/kgVSS,h	3,6	3,3	3,3	3,3	4,5	4,5	5,5	6,1	6,1	5,0	4,5	3,6
57	EDN-volym önskad	m ³	2 221	5 118	1 048	3 999	1 476	728	422	1 470	740	1 230	1 417	908
58	EDN-volym tillgänglig	m ³	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000
59	EDN potential	kg NO ₃ -N/d	2 152	1 939	1 939	1 939	2 652	2 652	3 267	3 626	3 626	2 943	2 652	2 152
60	EDN denitrifierat	kg/d	435	902	185	705	356	175	125	485	244	329	342	178
61														
62	Ntot utlopp	kg/d	671	786	657	840	591	770	475	653	679	769	781	656
63	Ntot utlopp	mg/l	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
64	Rullande medel	mg/l	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
65														
66	Total oxisk volym	m ³	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200	36 200
67	Total volym FDN	m ³	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000
68	Total volym EDN	m ³	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000	11 000
69	Total volym biosteg	m ³	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200	91 200
70														
71	Behov COD i EDN	g COD/gNO ₃	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
72	Behov COD i EDN	kg COD/d	2 173	4 510	923	3 524	1 779	877	627	2 423	1 220	1 646	1 708	888
73	COD innehåll i kolkälla	g COD/g produkt	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
74	Behov extern kolkälla	kg/d	1 448	3 007	616	2 349	1 186	585	418	1 615	813	1 097	1 139	592
75	Behov extern kolkälla	ton/mån	44,9	84,9	19,1	70,5	36,8	17,5	13,0	50,1	24,4	34,0	34,2	18,4
76	Kostnad extern kolkälla	kr/mån	139 193	263 312	59 151	218 498	113 978	54 368	40 175	155 227	75 644	105 435	105 913	56 906

1			Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
2	Parameter	Enhet												
3	Belastningsökning kväve (totalt Käppala)	%	48%											
4	Personekvivalenter (totalt Käppala)	(70 g BOD ₇ /p,d)	900 000											
5														
6	BOD ₅	kg/d	6 336	8 390	6 026	7 849	6 534	6 723	4 901	7 466	7 166	5 953	5 241	6 431
7	N-tot tillgänglig för nitrifikation	kg/d	2 289	2 532	2 214	2 436	2 508	2 379	1 550	2 793	2 229	2 470	2 586	2 141
8	Flöde	m ³ /d	57 485	67 345	56 319	71 978	50 659	66 001	40 736	55 974	58 205	65 935	66 964	56 249
9														
10	Djup luftning	m	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
11	Arealuftning	m ²	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873	3873
12	Volym luftning	m ³	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236	23 236
13														
14	Designparametrar OTR													
15	BOD ₅	kg/d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Nitrifikation NH ₄	kg/d	2 289	2 532	2 214	2 436	2 508	2 379	1 550	2 793	2 229	2 470	2 586	2 141
17	Denitrifikation NO ₃	kg/d	1 649	1 486	1 486	1 486	2 006	1 903	1 240	2 234	1 783	1 976	2 032	1 649
18	Slamhalt VSS	kg MLVSS/m ³	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
19	a' - Oxidation BOD ₅	kgO ₂ /kg BOD,d	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
20	b' - Endogen respiration	kg O ₂ /kg VSS,d	0,102	0,092	0,093	0,094	0,122	0,129	0,145	0,156	0,151	0,136	0,121	0,108
21	c' - Ammoniumoxidation	kg O ₂ /kg NH ₄	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59
22	d' - Återvinning denitrifikation	kg O ₂ /kg NO ₃	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86
23														
24	Designparametrar SOTR													
25	α	-	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
26	Fouling F	-	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
27	β	-	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
28	Syreöverskott C _L	mg/L	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
29	Syremättnad													
30	C ₂₀	mg O ₂ /L	10,91	10,91	10,91	10,91	10,91	10,91	10,91	10,91	10,91	10,91	10,91	10,91
31	C _{S,T}	mg O ₂ /L	13,13	13,44	13,44	13,44	12,55	12,55	12,01	11,75	11,75	12,27	12,55	13,13
32	C _{ST,20}	mg O ₂ /L	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08
33	C _{ST}	mg O ₂ /L	11,01	11,27	11,27	11,27	10,52	10,52	10,07	9,85	9,85	10,29	10,52	11,01
34	Vattentemperatur	°C	11,2	10,2	10,3	10,4	13,2	13,9	15,5	16,6	16,1	14,6	13,1	

43	a'BOD ₅ (COR)	kg O ₂ /d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	b'VSS (EOR)	kg O ₂ /d	5 335	4 827	4 849	4 902	6 374	6 746	7 604	8 160	7 873	7 125	6 328	5 656
45	c'NH ₄ (NOR)	kg O ₂ /d	10 508	11 621	10 161	11 183	11 510	10 919	7 113	12 819	10 231	11 337	11 870	9 826
46	d'NO ₃ (DOR)	kg O ₂ /d	-4 717	-4 249	-4 249	-4 249	-5 737	-5 443	-3 546	-6 390	-5 100	-5 651	-5 812	-4 717
47	OTR	kg O ₂ /d	11 126	12 198	10 761	11 835	12 146	12 222	11 171	14 589	13 004	12 811	12 385	10 765
48														
49	SOTR													
50	SOTR	kg O ₂ /d	23 859	24 828	21 924	24 172	28 913	29 587	29 726	40 960	36 035	32 450	29 420	23 423
51	SOTR	kg O ₂ /h	994	1 034	914	1 007	1 205	1 233	1 239	1 707	1 501	1 352	1 226	976
52														
53	Total luftflöde	Nm ³ /h	11 435	11 899	10 507	11 584	13 857	14 180	14 247	19 630	17 270	15 552	14 100	11 225
54	Antal luftarmembran		6113	6113	6113	6113	6113	6113	6113	6113	6113	6113	6113	6113
55	Specifikt luftflöde	Nm ³ /m ²	3,0	3,1	2,7	3,0	3,6	3,7	3,7	5,1	4,5	4,0	3,6	2,9
56	Specifikt luftflöde	Nm ³ /d,dysa	1,87	1,95	1,72	1,90	2,27	2,32	2,33	3,21	2,83	2,54	2,31	1,84
57	Luftflöde 2012	Nm ³ /h	10 165	11 216	13 338	13 330	16 123	14 810	12 270	12 828	13 841	13 388	13 531	12 557

1			Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
2	Parameter	Enhet												
3	Belastningsökning kväve (totalt Käppala)	%	48%											
4	Personekvivalenter (totalt Käppala)	(70 g BOD ₇ /p,d)	900 000											
5														
6	BOD ₅	kg/d	14 784	19 577	14 061	18 315	15 246	15 688	11 435	17 420	16 721	13 891	12 230	15 005
7	N-tot tillgänglig för nitrifikation	kg/d	4 190	4 431	3 552	4 277	4 143	3 957	2 528	5 035	3 936	4 723	4 833	3 513
8	Flöde	m ³ /d	134 131	157 139	131 412	167 949	118 204	154 002	95 052	130 605	135 812	153 848	156 249	131 247
9														
10	Djup luftning	m	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	Area luftning	m ²	4 400	4 400	4 400	4 400	4 400	4 400	4 400	4 400	4 400	4 400	4 400	4 400
12	Volym luftning	m ³	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000	44 000
13														
14	Designparametrar OTR													
15	Oxidation BOD ₅	kg/d	0	243	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Nitrifikation NH ₄	kg/d	4 190	4 431	3 552	4 277	4 143	3 957	2 528	5 035	3 936	4 723	4 833	3 513
17	Denitrifikation NO ₃	kg/d	3 219	2 900	2 841	2 900	3 314	3 166	2 022	4 028	3 149	3 778	3 867	2 811
18	Slamhalt VSS	kg MLVSS/m ³	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
19	a' - Oxidation BOD ₅	kgO ₂ /kg BOD,d	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
20	b' - Endogen respiration	kg O ₂ /kg VSS,d	0,102	0,092	0,093	0,094	0,122	0,129	0,145	0,156	0,151	0,136	0,121	0,108
21	c' - Ammoniumoxidation	kg O ₂ /kg NH ₄	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59	4,59
22	d' - Återvinning denitrifikation	kg O ₂ /kg NO ₃	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86	2,86
23														
24	Designparametrar SOTR													
25	α	-	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
26	Fouling F	-	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
27	β	-	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
28	Syreöverskott C _L	mg/L	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
29	Syremättnad													
30	C ₂₀	mg O ₂ /L	12,18	12,18	12,18	12,18	12,18	12,18	12,18	12,18	12,18	12,18	12,18	12,18
31	C _{S,T}	mg O ₂ /L	14,67	15,02	15,02	15,02	14,02	14,02	13,42	13,13	13,13	13,71	14,02	14,67
32	C _{ST,20}	mg O ₂ /L	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08	9,08
33	C _{ST}	mg O ₂ /L	11,01	11,27	11,27	11,27	10,52	10,52	10,07	9,85	9,85	10,29	10,52	11,01
34	Vattentemperatur	°C	11,2	10,2	10,3	10,4	13,2	13,9						

43	a'BOD ₅ (COR)	kg O ₂ /d	0	6 453	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	b'VSS (EOR)	kg O ₂ /d	10 103	9 140	9 183	9 282	12 070	12 774	14 398	15 452	14 908	13 492	11 982	10 710
45	c'NH ₄ (NOR)	kg O ₂ /d	19 233	20 337	16 301	19 631	19 017	18 162	11 604	23 111	18 068	21 677	22 185	16 125
46	d'NO ₃ (DOR)	kg O ₂ /d	-9 207	-8 295	-8 126	-8 295	-9 479	-9 053	-5 784	-11 520	-9 006	-10 805	-11 058	-8 038
47	OTR	kg O ₂ /d	20 130	27 636	17 358	20 618	21 607	21 883	20 218	27 043	23 969	24 364	23 108	18 798
48														
49	SOTR													
50	SOTR	kg O ₂ /d	41 426	54 021	33 966	40 441	49 284	50 762	51 473	72 579	63 497	59 089	52 598	39 252
51	SOTR	kg O ₂ /h	1 726	2 251	1 415	1 685	2 054	2 115	2 145	3 024	2 646	2 462	2 192	1 636
52														
53	Total luftflöde	Nm ³ /h	11 709	15 269	9 600	11 430	13 930	14 347	14 548	20 514	17 947	16 701	14 866	11 094
54	Antal luftarmembran		5225	5225	5225	5225	5225	5225	5225	5225	5225	5225	5225	5225
55	Specifikt luftflöde	Nm ³ /m ²	2,7	3,5	2,2	2,6	3,2	3,3	3,3	4,7	4,1	3,8	3,4	2,5
56	Specifikt luftflöde	Nm ³ /d,dysa	2,24	2,92	1,84	2,19	2,67	2,75	2,78	3,93	3,43	3,20	2,85	2,12
57	Luftflöde 2012	Nm ³ /h	12 715	12 762	14 082	12 203	14 168	11 617	9 279	9 750	10 421	10 455	11 013	10 778

APPENDIX C1 – Förfällning och polering linje 1-11, belastning år 2012

1	Parameter	Enhet	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
2	Procentuell ökning av belastning	%	0%											
3	Personekvivalenter (totalt Käppalaverket)	(70 g BOD ₇ /p,d)	429 367											
4														
5	Försedimentering													
6	PO ₄ -P in till försedimentering	mg/L	2,2	3,0	2,1	2,1	2,6	2,4	2,1	3,0	2,4	1,9	1,9	2,0
7	PO ₄ -P ut försedimentering	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
8	Inkommande flöde	m ³ /d	161 228	172 129	157 960	195 366	142 084	179 142	114 254	156 990	157 983	184 929	181 756	157 762
9	Järndos	g Fe/m ³	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	Järndos	kmol/d	29	31	28	35	25	32	20	28	28	33	32	28
11	PO ₄ -P avskiljd	kg/d	267	427	260	306	300	343	178	396	297	265	261	236
12	PO ₄ -P avskiljd	kmol/d	9	24	14	17	17	19	10	22	17	15	15	13
13	Metallöverskott	kmol/d	20	7	14	18	9	13	11	6	12	18	18	15
14	Hydroxidproduktion	kmol/d	61	21	41	54	26	39	32	18	35	55	54	45
15	Hydroxidproduktion	kg/d	1 029	63	124	161	78	116	95	54	105	165	161	136
16	Tillsatt järn	kg/d	1 612	1 721	1 580	1 954	1 421	1 791	1 143	1 570	1 580	1 849	1 818	1 578
17	Kemslamproduktion	kg/d	2 641	1 784	1 703	2 115	1 499	1 908	1 237	1 624	1 685	2 014	1 979	1 713
18	Slamhalt till försedimentering	mg TSS/L	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
19	Slamhalt ut försedimentering	mg TSS/L	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
20	Primärsламproduktion	kg/d	40 630	43 376	39 806	49 232	35 805	45 144	28 792	39 561	39 812	46 602	45 803	39 756
21	Total slamproduktion förfällning	kg/d	43 271	45 161	41 509	51 347	37 304	47 052	30 029	41 185	41 497	48 616	47 782	41 469
22														
23	Sandfilter													
24	PO ₄ -P till sandfilter	mg/L	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
25	PO ₄ -P från sandfilter	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
26	Inkommande flöde	m ³ /d	161 228	172 129	157 960	195 366	142 084	179 142	114 254	156 990	157 983	184 929	181 756	157 762
27	Järndos	g Fe/m ³	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
28	Järndos	kmol/d	9	9	8	10	8	10	6	8	8	10	10	8
29	PO ₄ -P avskiljd	kg/d	56	60	55	68	50	63	40	55	55	65	64	55
30	PO ₄ -P avskiljd	kmol/d	2	3	3	4	3	3	2	3	3	4	4	3
31	Metallöverskott	kmol/d	7	6	5	7	5	6	4	5	5	6	6	5
32	Hydroxidproduktion	kmol/d	20	18	16	20	15	18	12	16	16	19	19	16
33	Hydroxidproduktion	kg/d	348	53	49	60	44	55	35	48	49	57	56	48
34	Järnmängd i slam	kg/d	484	516	474	586	426	537	343	471	474	555	545	473
35	Kemslamproduktion	kg/d	831	569	522	646	470	592	378	519	522	612	601	522
36	Slamhalt till sandfilter	mg TSS/L	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
37	Slamhalt ut	mg TSS/L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
38	Slamproduktion sandfilter	kg/d	1 451	1 549	1 422	1 758	1 279	1 612	1 028	1 413	1 422	1 664	1 636	1 420
39	Total slambelastning sandfilter	kg/d	2 282	2 118	1 944	2 404	1 749	2 205	1 406	1 932	1 944	2 276	2 237	1 942
40	Yta sandfilter	m ²	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
41	Slambelastning	kg/m ² ,h	0,05	0,05	0,05	0,06	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04
42	Drifttid mellan spolning	h	114	122	133	108	148	118	184	134	133	114	116	133

43														
44	Järnförbrukning	kg/mån	64 975	62 655	63 658	76 193	57 260	69 866	46 044	63 267	61 613	74 526	70 885	63 578
45	Järninnehåll PIX 111	%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%
46	Förbrukning fällningskemikalie	kg/mån	470 833	454 020	461 289	552 120	414 925	506 272	333 655	458 456	446 474	540 046	513 660	460 709
47	Pris fällningskemikalie	kr/kg	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
48	Kostnad fällningskemikalie	kr/mån	706 250	681 030	691 934	828 180	622 388	759 408	500 483	687 684	669 711	810 069	770 489	691 064

APPENDIX C2 – Förfällning och polering linje 1-11 vid 900 000 p e

1	Parameter	Enhet	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
2	Belastningsökning kväve (totalt Käppala)	%	48%											
3	Personekvivalenter (totalt Käppala)	70 g BOD ₇ /p,d	900 000											
4														
5	Försedimentering													
6	PO ₄ -P in till försedimentering	mg/L	2,0	2,8	2,0	1,9	2,4	2,3	1,9	2,8	2,2	1,8	1,8	1,9
7	PO ₄ -P ut försedimentering	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
8	Inkommande flöde	m ³ /d	191 616	224 484	187 732	239 926	168 863	220 003	135 788	186 578	194 017	219 783	223 213	187 496
9	Järndos	g Fe/m ³	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
10	Järndos	kmol/d	34	40	34	43	30	39	24	33	35	39	40	33
11	PO ₄ -P avskiljd	kg/d	290	512	282	343	327	386	192	433	334	286	292	255
12	PO ₄ -P avskiljd	kmol/d	9	28	16	19	18	21	11	24	19	16	16	14
13	Metallöverskott	kmol/d	25	12	18	24	12	18	14	9	16	23	24	19
14	Hydroxidproduktion	kmol/d	75	35	54	71	36	54	41	28	48	70	71	58
15	Hydroxidproduktion	kg/d	1 268	105	161	214	108	161	122	83	145	210	213	174
16	Tillsatt järn	kg/d	1 916	2 245	1 877	2 399	1 689	2 200	1 358	1 866	1 940	2 198	2 232	1 875
17	Kemslamproduktion	kg/d	3 184	2 349	2 038	2 614	1 796	2 361	1 480	1 949	2 085	2 408	2 445	2 049
18	Slamhalt till försedimentering	mg TSS/L	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
19	Slamhalt ut försedimentering	mg TSS/L	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
20	Primärslamproduktion	kg/d	48 287	56 570	47 308	60 461	42 553	55 441	34 219	47 018	48 892	55 385	56 250	47 249
21	Total slamproduktion förfällning	kg/d	51 472	58 919	49 346	63 075	44 350	57 802	35 699	48 967	50 977	57 793	58 695	49 298
22														
23	Sandfilter													
24	PO ₄ -P till sandfilter	mg/L	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
25	PO ₄ -P från sandfilter	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
26	Inkommande flöde	m ³ /d	191 616	224 484	187 732	239 926	168 863	220 003	135 788	186 578	194 017	219 783	223 213	187 496
27	Järndos	g Fe/m ³	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
28	Järndos	kmol/d	10	12	10	13	9	12	7	10	10	12	12	10
29	PO ₄ -P avskiljd	kg/d	67	79	66	84	59	77	48	65	68	77	78	66
30	PO ₄ -P avskiljd	kmol/d	2	4	4	5	3	4	3	4	4	4	4	4
31	Metallöverskott	kmol/d	8	8	6	8	6	8	5	6	7	8	8	6
32	Hydroxidproduktion	kmol/d	24	23	19	25	17	23	14	19	20	23	23	19
33	Hydroxidproduktion	kg/d	413	69	58	74	52	68	42	57	60	68	69	58
34	Järnmängd i slam	kg/d	575	673	563	720	507	660	407	560	582	659	670	562
35	Kemslamproduktion	kg/d	988	742	621	793	558	728	449	617	642	727	738	620
36	Slamhalt till sandfilter	mg TSS/L	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
37	Slamhalt ut	mg TSS/L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
38	Slamproduktion sandfilter	kg/d	1 725	2 020	1 690	2 159	1 520	1 980	1 222	1 679	1 746	1 978	2 009	1 687
39	Total slambelastning sandfilter	kg/d	2 713	2 763	2 310	2 953	2 078	2 708	1 671	2 296	2 388	2 705	2 747	2 308
40	Yta sandfilter	m ²	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
41	Slambelastning	kg/m ² ,h	0,06	0,06	0,05	0,07	0,05	0,06	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05
42	Drifttid mellan spolning	h	96	94	112	88	125	96	155	113	109	96	94	112

43														
44	Järnförbrukning	kg/mån	77 221	81 712	75 656	93 571	68 052	85 801	54 723	75 191	75 667	88 573	87 053	75 561
45	Järninnehåll PIX 111	%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%	13,8%
46	Förbrukning fällningskemikalie	kg/mån	559 574	592 118	548 231	678 053	493 128	621 748	396 541	544 863	548 310	641 830	630 820	547 541
47	Pris fällningskemikalie	kr/kg	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
48	Kostnad fällningskemikalie	kr/mån	839 360	888 177	822 346	1017 080	739 692	932 622	594 811	817 294	822 465	962 746	946 230	821 312

APPENDIX D1 – Slamproduktion vid 900 000 p e

Parameter	Enhet	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Överskottslamproduktion Linje 1-6	kg MLSS/d	4 435	5 873	4 218	5 494	4 574	4 706	3 431	5 226	5 016	4 167	3 669	4 501
Överskottslamproduktion Linje 7-11	kg MLSS/d	10 349	13 704	9 843	12 820	10 672	10 981	8 005	12 194	11 705	9 724	8 561	10 503
Kemslamproduktion försed	kg TSS/d	3 184	2 349	2 038	2 614	1 796	2 361	1 480	1 949	2 085	2 408	2 445	2 049
Primärslamproduktion försed	kg TSS/d	48 287	56 570	47 308	60 461	42 553	55 441	34 219	47 018	48 892	55 385	56 250	47 249
Kemslamproduktion sandfilter	kg TSS/d	988	742	621	793	558	728	449	617	642	727	738	620
Slamproduktion sandfilter	kg TSS/d	1 725	2 020	1 690	2 159	1 520	1 980	1 222	1 679	1 746	1 978	2 009	1 687
Externt organiskt material, EOM	kg TSS/d	12 329	12 329	12 329	12 329	12 329	12 329	12 329	12 329	12 329	12 329	12 329	12 329
Överskottslamproduktion Linje 1-6	kg MLSS/mån	137 493	165 918	130 765	164 833	141 791	141 191	106 349	162 008	150 492	129 184	110 066	139 546
Överskottslamproduktion Linje 7-11	kg MLSS/mån	320 818	387 143	305 119	384 609	330 846	329 445	248 147	378 018	351 147	301 429	256 821	325 608
Kemslamproduktion försed	kg TSS/mån	98 716	66 370	63 174	78 408	55 689	70 822	45 878	60 418	62 545	74 645	73 347	63 508
Primärslamproduktion försed	kg TSS/mån	1 496 902	1 598 104	1 466 559	1 813 844	1 319 155	1 663 224	1 060 778	1 457 550	1 466 771	1 716 946	1 687 493	1 464 715
Kemslamproduktion sandfilter	kg TSS/mån	30 629	20 973	19 247	23 804	17 312	21 827	13 921	19 128	19 249	22 532	22 146	19 222
Slamproduktion sandfilter	kg TSS/mån	53 461	57 075	52 377	64 780	47 113	59 401	37 885	52 055	52 385	61 319	60 268	52 311
Externt organiskt material, EOM	kg TSS/mån	382 192	348 288	382 192	369 863	382 192	369 863	382 192	382 192	369 863	382 192	369 863	382 192
TS-halt förtjockat överskottslam	%	5,6%	5,6%	5,6%	5,6%	5,6%	5,6%	5,6%	5,6%	5,6%	5,6%	5,6%	5,6%
TS-halt förtjockat primärslam	%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%
TS-halt EOM	%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Rötkammarvolym	m ³	27 000	27 000	27 000	27 000	27 000	27 000	27 000	27 000	27 000	27 000	27 000	27 000
HRT	d	22	18	23	18	24	20	30	22	21	20	20	22
OLR	kg VSS/m ³ ,d	2,4	2,8	2,4	2,9	2,2	2,7	1,8	2,4	2,5	2,6	2,6	2,4
Nedbrytningsgrad primärslam	%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%	70%
Nedbrytningsgrad överskottslam	%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Nedbrytningsgrad EOM	%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%	65%
Reduktion primärslam	kg VSS/mån	911 613	973 245	893 134	1 104 631	803 365	1 012 903	646 014	887 648	893 264	1 045 620	1 027 683	892 011
Reduktion överskottslam	kg VSS/mån	171 867	207 398	163 457	206 041	177 239	176 488	132 936	202 509	188 114	161 480	137 583	174 433
Reduktion slam från sandfilter	kg VSS/mån	20 048	21 403	19 641	24 293	17 667	22 275	14 207	19 521	19 644	22 995	22 600	19 617
Reduktion EOM	kg VSS/mån	211 161	192 429	211 161	204 349	211 161	204 349	211 161	211 161	204 349	211 161	204 349	211 161
TS-halt avvattnat slam	%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%	28%
Slammängder för transporter	ton/mån	4 305	4 462	4 043	4 860	3 874	4 428	3 182	4 252	4 168	4 454	4 242	4 107

APPENDIX E1 –Linje 1-11 Högflödesrening vid 900 000 p e

Parameter	Enhet	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Ntot linje 1-6	mg/L	5,0	7,8	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Ptot linje 1-6	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
BOD ₇ Linje 1-6	mg/L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ntot linje 7-11	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Ptot linje 7-11	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
BOD ₇ linje 7-11	mg/L	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Dagar per månad		31	28,25	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Ntot linje 1-6	kg/d	287	525	282	360	253	330	204	280	291	330	335	281
Ptot linje 1-6	kg/d	9	10	8	11	8	10	6	8	9	10	10	8
BOD ₇ Linje 1-6	kg/d	57	67	56	72	51	66	41	56	58	66	67	56
Ntot linje 7-11	kg/d	671	786	657	840	591	770	475	653	679	769	781	656
Ptot linje 7-11	kg/d	20	24	20	25	18	23	14	20	20	23	23	20
BOD ₇ linje 7-11	kg/d	134	157	131	168	118	154	95	131	136	154	156	131
Flöde totalt	m ³ /mån	5 940 088	6 341 682	5 819 678	7 197 794	5 234 741	6 600 094	4 209 435	5 783 929	5 820 521	6 813 277	6 696 400	5 812 361
Ntot linje 1-6	kg/mån	8 910	14 836	8 730	10 797	7 852	9 900	6 314	8 676	8 731	10 220	10 045	8 719
Ptot linje 1-6	kg/mån	267	285	262	324	236	297	189	260	262	307	301	262
BOD ₇ Linje 1-6	kg/mån	1 782	1 903	1 746	2 159	1 570	1 980	1 263	1 735	1 746	2 044	2 009	1 744
Ntot linje 7-11	kg/mån	20 790	22 196	20 369	25 192	18 322	23 100	14 733	20 244	20 372	23 846	23 437	20 343
Ptot linje 7-11	kg/mån	624	666	611	756	550	693	442	607	611	715	703	610
BOD ₇ linje 7-11	kg/mån	4 158	4 439	4 074	5 038	3 664	4 620	2 947	4 049	4 074	4 769	4 687	4 069
Ntot högflödesrening	kg/mån	15 587	0	0	6 427	0	0	0	8 481	0	0	0	0
Ptot högflödesrening	kg/mån	245	0	0	101	0	0	0	133	0	0	0	0
BOD ₇ högflödesrening	kg/mån	52 956	0	0	21 835	0	0	0	28 814	0	0	0	0
SUMMA Ntot	kg/mån	45 287	37 032	29 098	42 416	26 174	33 000	21 047	37 401	29 103	34 066	33 482	29 062
SUMMA Ptot	kg/mån	1 136	951	873	1 181	785	990	631	1 001	873	1 022	1 004	872
SUMMA BOD ₇	kg/mån	21 827	6 342	5 820	13 748	5 235	6 600	4 209	14 428	5 821	6 813	6 696	5 812
UTGÅENDE Ntot	mg/L	7,6	5,8	5,0	5,9	5,0	5,0	5,0	6,5	5,0	5,0	5,0	5,0
UTGÅENDE Ptot	mg/L	0,19	0,15	0,15	0,16	0,15	0,15	0,15	0,17	0,15	0,15	0,15	0,15
UTGÅENDE BOD ₇	mg/L	9,9	1,0	1,0	4,0	1,0	1,0	1,0	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0