

## PM Resultat från processimulering av Ängens planerade avloppsreningsverk

### 1 Inledning

Ett nytt avloppsreningsverk (ARV) planeras att byggas i Lidköping, kallat Ängens ARV. Reningsverket har dimensionerats genom traditionell statisk design för avskiljning av organiskt material, kväve, fosfor och mikroföroreningar, samt återvinning av fosfor i form av struvit. Som komplement till den statiska designen önskar Lidköpings kommun att utföra en simuleringsstudie för att granska den statiska designen under dynamiska förhållanden. Simuleringsstudier med dynamiska processmodeller är en mycket detaljerad beskrivning av reningsverks prestanda och ett av de mest detaljerade verktygen som kan användas för att testa en vald design och ett reningsverks funktion. Dynamisk simulering fångar tidsberoende aspekter av reningsprocesser (såsom variationer i föroreningshalter samt flöde över dygnet) samt återkopplande strömmar som kan vara svårt att beräkna med konventionella statiska metoder. Detta dokument beskriver utförandet av nämnda simuleringsstudie, utförd av RISE under perioden 2019-09-18 – 2020-09-30.

#### 1.1 Syfte

Syftet med projektet är att:

- Komplettera statisk design av nytt avloppsreningsverk i Lidköping med hjälp av en dynamisk processmodell.
- Skapa en plattform för vidare utbyggnad, vilket möjliggör:
  - ett pedagogiskt verktyg för utbildning av personal;
  - underlättar för andra reningsverk att med ambitioner om att bygga liknande processkonfigurationer genom att ta fram en verifierad modell som kan användas för att utvärdera potential på andra reningsverk.

#### 1.2 Mål

Projektets mål är följande:

- i. Upprätta en simuleringsmodell för den framtida processkonfigurationen, med avseende på:
  - a. Vattenlinjen:
    - i. försedimentering;
    - ii. aktivt slam med bio-P;
    - iii. mellansedimentering;
    - iv. ozonering + MBBR;
    - v. efterfällning;
    - vi. skivfilter.
  - b. Slamlinjen:
    - i. förtjockning;
    - ii. rötning;
    - iii. avvattning;
    - iv. slamluftning;
    - v. slamanox;

- vi. hydrolys.
- c. Näringsåtervinning:
  - i. struvitutfällning.
- ii. Använda modellen för att verifiera statisk design och jämföra mot gällande utsläppsvillkor genom 4 scenarier, preliminärt följande:
  - a. dimensionerande belastning vid torrt år och vått år, 1 års simulering;
  - b. stöbelastning vid industriutsläpp;
  - c. högflödessituationer vid mycket kraftiga regn.
- iii. Identifiera osäkra modellparametrar genom litteraturstudie, framför allt:
  - a. biologiska parametrar;
  - b. vanliga intervall för sammansättning av avloppsvatten.
- iv. Kvantifiera osäkerheter genom att utföra känslighetsanalyser, med avseende på:
  - a. osäkra modellparametrar;
  - b. sammansättning av avloppsvatten.

### 1.3 Avgränsningar

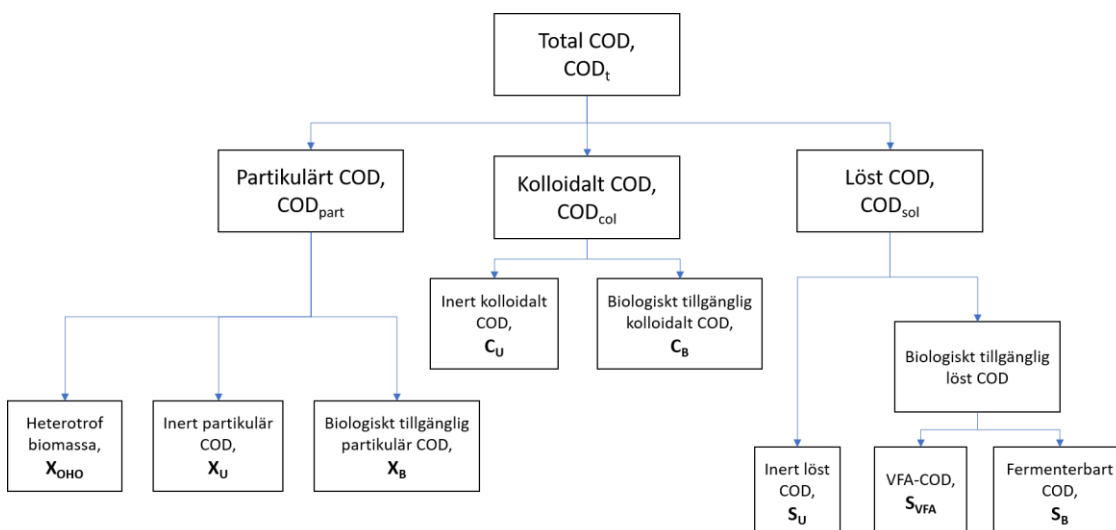
Modellen innehåller de processteg som nämns ovan. Följande avgränsningar görs:

- Modellen kommer att baseras på organiskt material (COD, BOD), kväve och fosfor.
- Mikroföroreningar så som läkemedelsrester kommer inte att inkluderas.
- Ozoneringssteget kommer att inkluderas, men endast med en enkel modell då det är mycket komplext att beskriva vad som händer med COD-fraktionerna vid ozonering och forskningsläget är oklart.

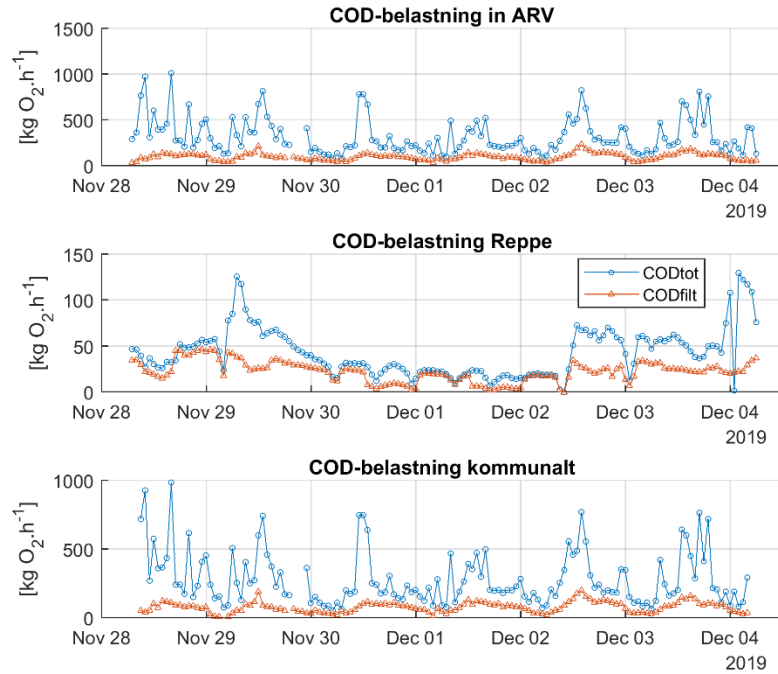
Modelleringsarbetet utförs i programvaran Sumo (Dynamita).

## 2 Provtagning för belastningsvariationer och karaktärisering

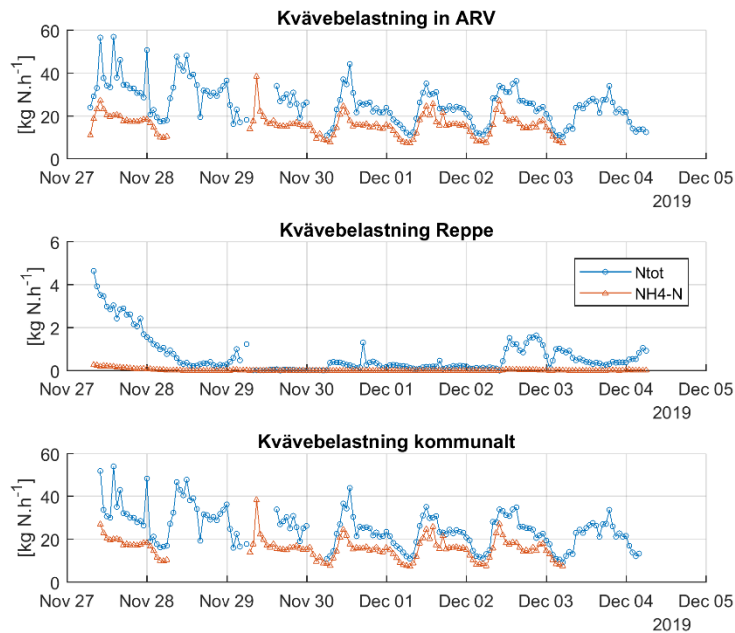
För att kvantifiera belastningsvariationer över dygnet samt avloppsvattnets sammansättning för olika föroreningar utfördes omfattande provtagning och analys av inkommande avloppsvatten till nuvarande reningsverk samt utgående avloppsvatten från Reppe. På så sätt gavs variationer i föroreringsbelastning med hög upplösning (1 h) som kunde användas vid simulering. Karaktäriseringen görs för att dela upp organiskt material, kväve och fosfor i fraktioner med olika biologisk tillgänglighet, och bidrar till säkrare simuleringsresultat gällande avskiljning av föroreningar samt luftningsbehov och slamproduktion för just detta avloppsvatten. Exempel på indelning av COD i fraktioner enligt den modell som används ges i Figur 1. Resultat från belastningsanalys ges i Figur 2-Figur 4, med exempel på genererad tidsserie i Figur 5.



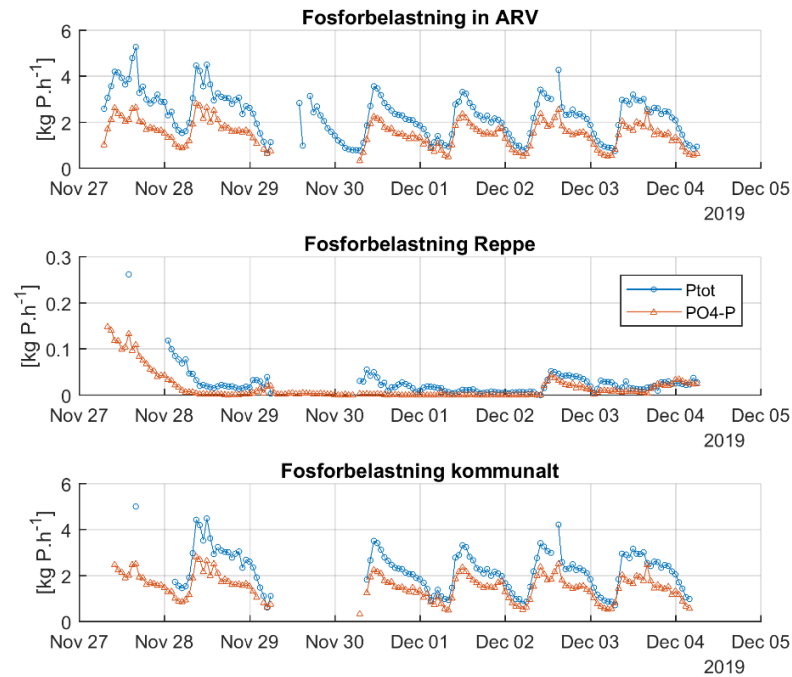
Figur 1. Uppdelning av inkommande total COD i olika fraktioner och modellvariabler i Sumo2.



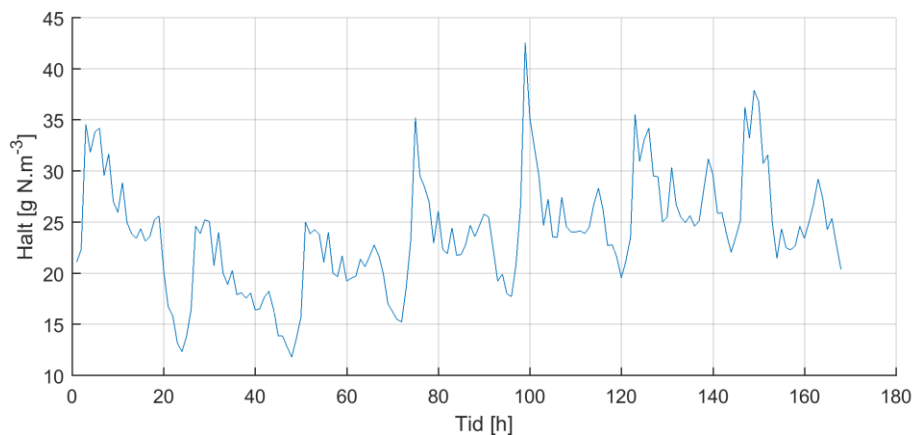
**Figur 2. Uppmätt COD-belastning från inkommande avloppsvatten vid Lidköpings ARV och från Reppe samt beräknad kommunal belastning.**



**Figur 3. Uppmätt kvävebelastning från inkommande avloppsvatten vid Lidköpings ARV och från Reppe samt beräknad kommunal belastning.**



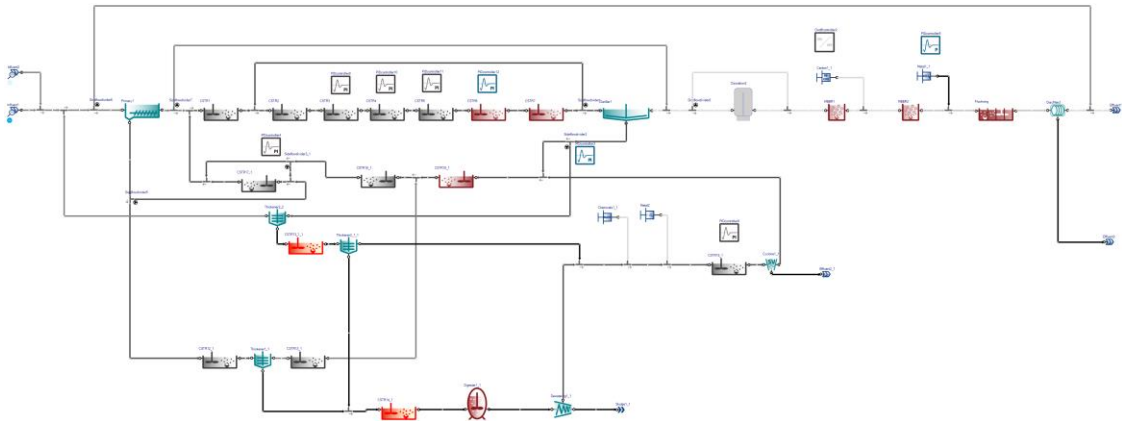
**Figur 4. Uppmätt fosforbelastning från inkommande avloppsvatten vid Lidköpings ARV och från Reppe samt beräknad kommunal belastning.**



**Figur 5. Exempel på genererad tidsserie för ammoniumhalt i kommunalt avloppsvatten.**

### 3 Modelluppställning i Sumo

Simuleringsstudien har utförts i programvaran Sumo (från utvecklaren Dynamita), en kommersiellt tillgänglig simuleringsplattform för avloppsreningsprocesser. Den biokemiska reaktionsmodell som används (Sumo2) är mycket väletablerad och välvaliderad (framför allt för kväveavskiljning då den är en vidareutveckling av industristandardmodellen ASM1 (Henze et al., 2000) som har används sedan mitten av 80-talet). Modellen för Lidköpings nya reningsverk har utformats enligt underlag från Sweco i rapport- (Dahlberg, 2019) och mailform, se Figur 6, med avseende på flödesschema, volymer, areor och styrning.



**Figur 6. Uppställd simuleringsmodell för Ängens ARV i Sumo.**

## 4 Simulerad belastning

Simulerad dygnsbelastning beskrivs i Tabell 1. Den totala dygnsbelastningen har fördelats över dygnet enligt de belastningskurvor som uppmäts. Timflöde från ett torrt år (2018) samt ett vått år (juli 2019-juli 2020) har använts som bas, sedan har ytterligare flöde lagts till för prognostiserat tillkommande avloppsvatten enligt värden angivna i Dahlberg (2019). Tillkommande kommunalt spillvatten har fördelats över varje dygn enligt en normerad normalkurva för torrflödets dygnsvariation, ovidkommande vatten har lagts till som ett konstant flöde.

**Tabell 1. Föroreningsbelastning vid simulerade scenarier.**

| Parameter                   | Enhet                              | Kommunalt | Reppe | Totalt |
|-----------------------------|------------------------------------|-----------|-------|--------|
| <i>Ordinarie belastning</i> |                                    |           |       |        |
| BOD <sub>7</sub>            | kg O <sub>2</sub> .d <sup>-1</sup> | 2 975     | 175   | 3 150* |
| COD                         | kg O <sub>2</sub> .d <sup>-1</sup> | 7 256     | 257   | 7 513  |
| Totalkväve                  | kg N.d <sup>-1</sup>               | 613       | 0     | 613    |
| Totalfosfor                 | kg P.d <sup>-1</sup>               | 72        | 0     | 72     |

\* Motsvarande 45 000 PE vid 70 g BOD<sub>7</sub>/PE.

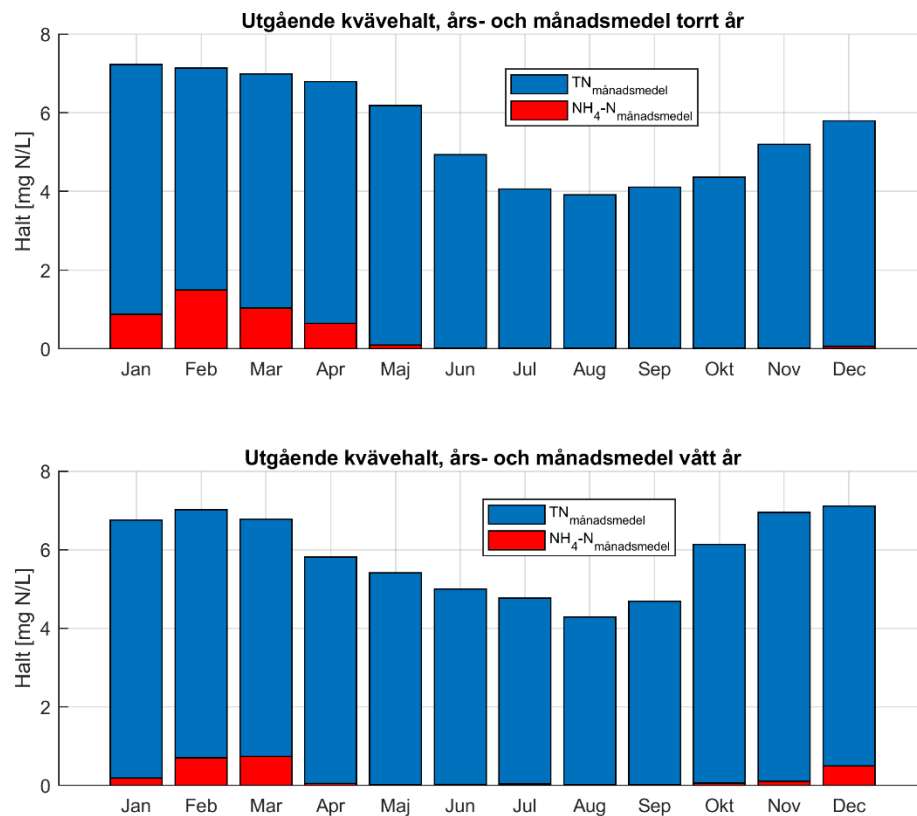
## 5 Resultat

Resultat från helårssimuleringar torrt och vått år visas i Tabell 2. Uppsatta produktionsmål nås, förutom totalkvävehalt vått år vilket dock en ökad etanoldosering skulle lösa då det finns mycket utrymme för ytterligare dosering och avskiljning av nitratkväve. Man ska generellt vara försiktig med att lita på enskilda absoluta värden vid simuleringsstudier men säkrare resultat fås vid längre medelvärden (som månads- och årsmedel). Simuleringsresultaten indikerar dock att fullständig nitrifikation till mycket låga utgående halter av ammoniumkväve är möjlig under stora delar av året (främst sommartid). Sommartid är även en stor del av aktivslamprocessen med dess 3 flexibla luftningszoner oluftade, vilket innebär att det finns stor extra kapacitet för ytterligare nitrifikation som säkerhetsmarginal vid behov (t.ex. belastningstoppar eller driftproblem). Detta gäller under förutsättning att reningsverket dimensioneras och drivs enligt givna förutsättningar utan exempelvis hämning av nitrifierande biomassa (hade detta hänt i större omfattning hade det dock varit tydligt även vid nuvarande reningsverk).

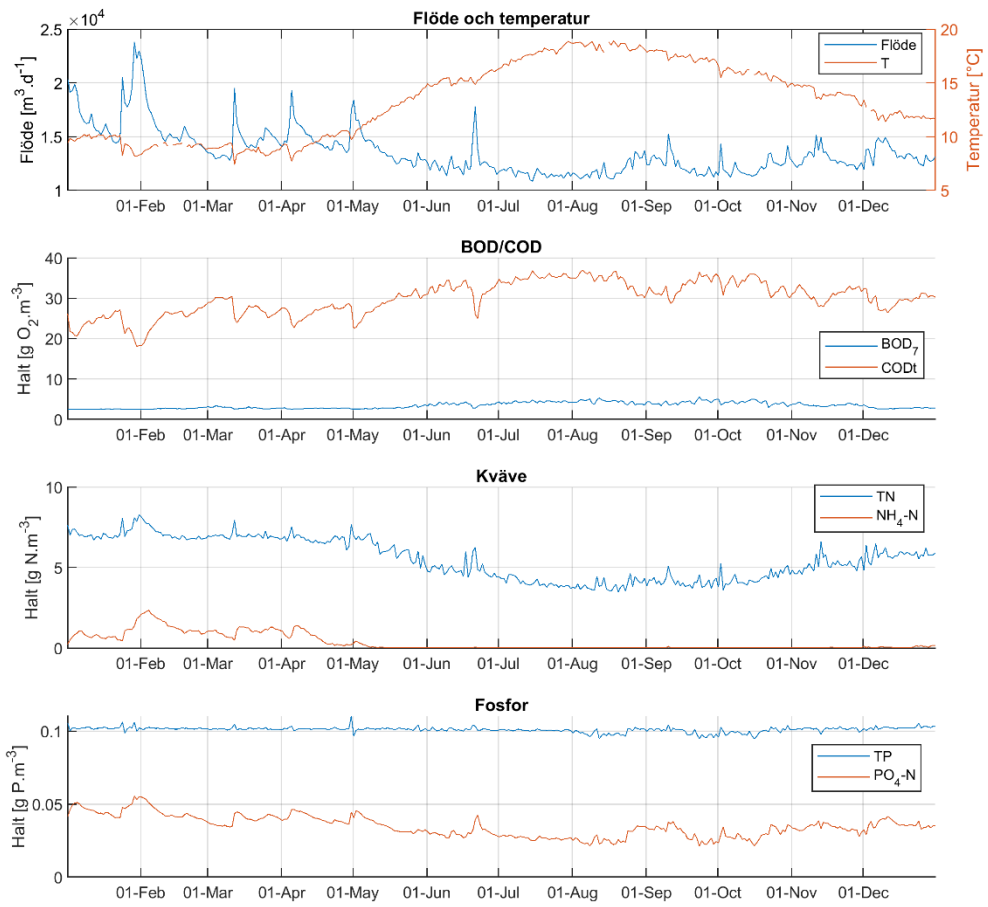
Simulerade månadsmedelvärden för utgående kvävehalter för vått och torrt år visas i Figur 7. Simulerade dygnsmedelvärden visas i Figur 8 för torrt år och Figur 9 för vått år.

**Tabell 2. Resultat från helårssimuleringar, torrt och vått år.**

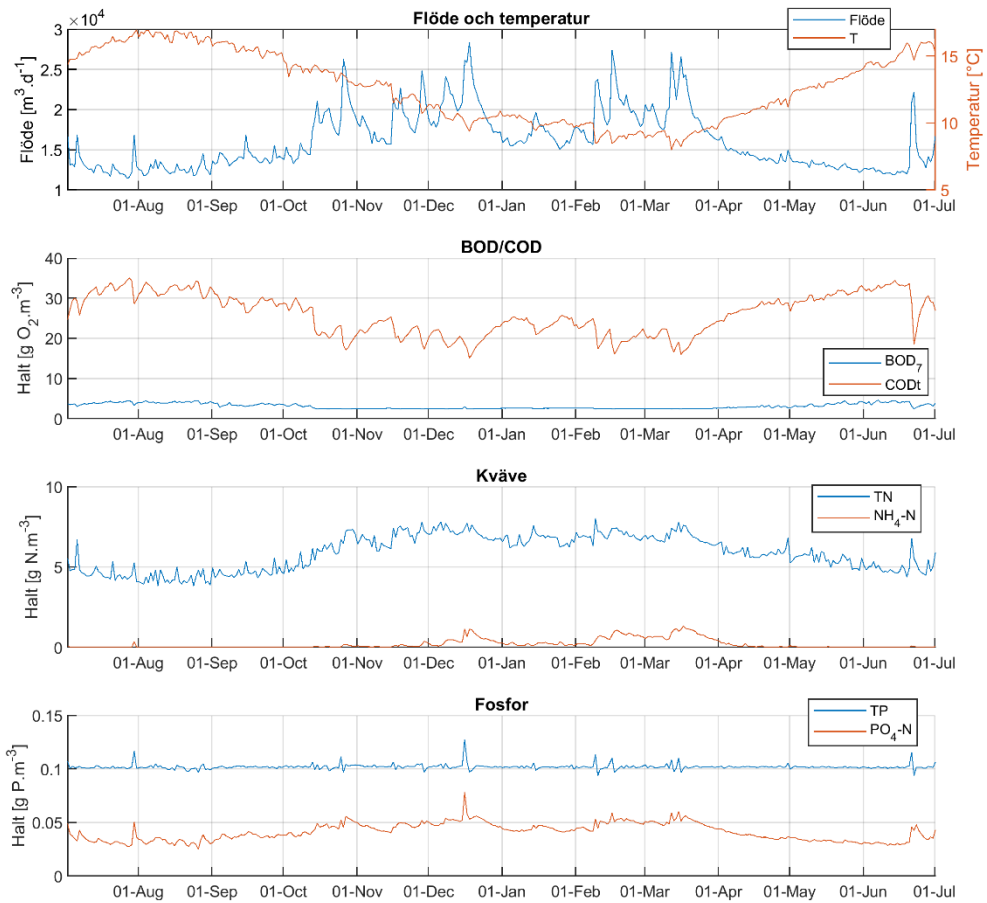
| Parameter                                  | Enhet                             | Torrt år | Vått år | Produktionsmål |
|--|-----------------------------------|----------|---------|----------------|
| <i>Utsläpp till vatten (årsmedelvärde)</i> |                                   |          |         |                |
| BOD <sub>7</sub>                           | g O <sub>2</sub> .m <sup>-3</sup> | 3,3      | 3,0     | << 10          |
| COD  | g O <sub>2</sub> .m <sup>-3</sup> | 29       | 25      | -              |
| TN   | g N.m <sup>-3</sup>               | 5,7      | 6,1     | 6              |
| NH <sub>4</sub> -N                         | g N.m <sup>-3</sup>               | 0,4      | 0,2     | < 2            |
| TP   | g P.m <sup>-3</sup>               | 0,10     | 0,10    | 0,1            |
| PO <sub>4</sub> -P                         | g P.m <sup>-3</sup>               | 0,04     | 0,04    | -              |
| <i>Kemikalieanvändning (årsmedelvärde)</i> |                                   |          |         |                |
| Etanol (konst. dos)                        | m <sup>3</sup> .d <sup>-1</sup>   | 0,35     | 0,35    | -              |



**Figur 7. Månads- och årsmedelvärden för kväve- och fosforfraktioner i utgående vatten vid 1 års simulering, torrt (övre) och vått (nedre) år.**



**Figur 8. Utgående halter (dygnsmedelvärden) för olika föroreningar vid 1 års simulering, torrt år.**



Figur 9. Utgående halter (dygnsmedelvärden) för olika föroreningar vid 1 års simulering, vått år.

## 6 Referenser

- Dahlberg, C. (2019). *Teknisk beskrivning till nytt avloppsreningsverk i Lidköping*. Jönköping, Sverige: Sweco Environment AB.
- Henze, M., Gujer, W., Mino, T., & van Loosdrecht, M. C. M. (2000). *Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3*. IWA Scientific {and} Technical Report No. 9. London, UK: IWA Publishing.