

# **Nordens första anläggningar med aerobt granulärt slam**

## **De första resultaten från Strömstad & Tanum**

**Mark de Blois**


**H2OLAND AB**

**Bio-P-nätverksträff**

**9 oktober 2018**

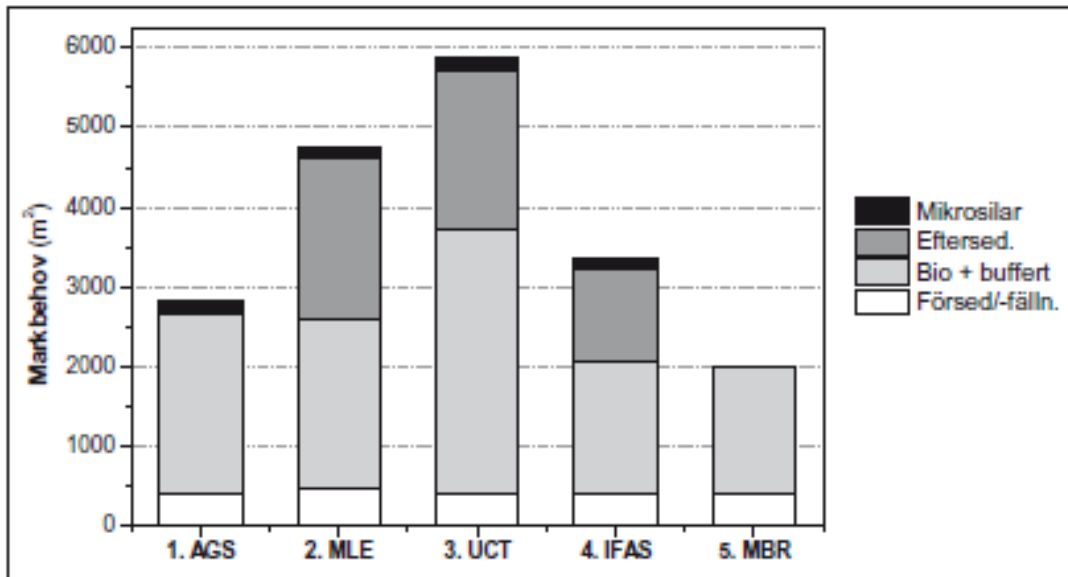


## Program

- Bakgrund till aerobt granulärt slam
  - Nordens första anläggning med aerobt granulärt slam, de första resultaten från Strömstad
  - Aggressiv SBR med bio-P utan kemikalietillsats på Bodalens ARV i Tanum
- 

## Varför aerobt granulärt slam (AGS)?

- Det är kompakt (SVU-rapport, nr 2017-19)



Figur 8.2 Behov av markyta för de olika processalternativen. Förklaring av processalternativen finns i Figur 8.1.

Aeroba granuler,  
en ny reningsteknik  
för kommunala  
avloppsreningsverk

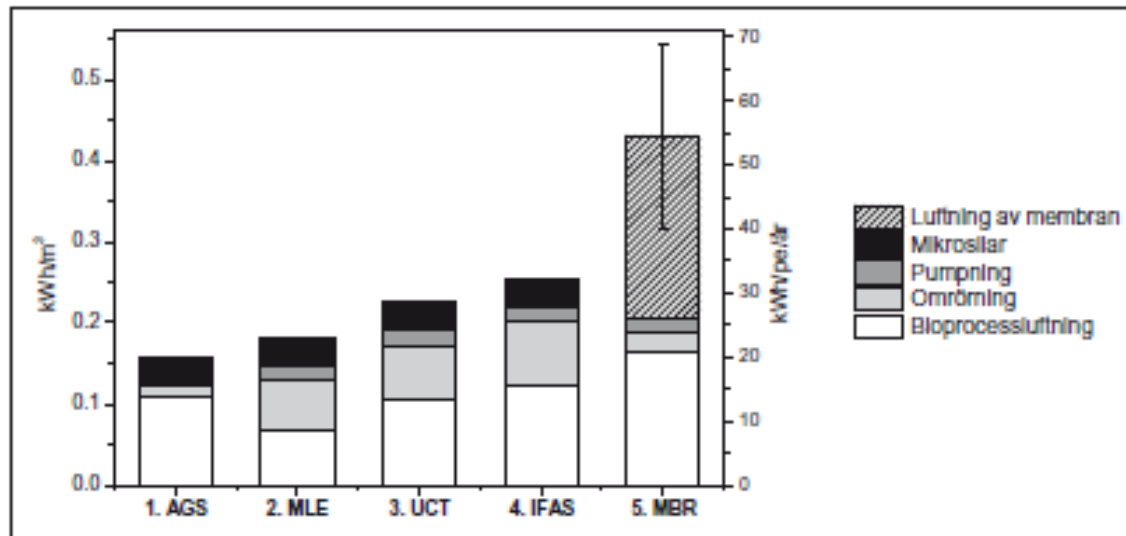
En kunskapsammansättning

*Simon Bengtsson  
Mark de Blois  
Jonatan Flodin  
Jesper Olsson  
Maria Jonstrup*

*Karin Myring  
Jerry Johansson  
Britt-Marie Wilén  
David Gustavsson*

## Varför aerobt granulärt slam (AGS)?

- Det är energisnålt (SVU-Rapport, nr 2017-19)



**Figur 8.3** Beräknad användning av elenergi i de olika processalternativen. Energi för luftning av bioprocess, omrörning, pumpning och mikrosilar har beräknats enligt förutsättningarna angivna under Avsnitt 8.1.3. För luftning av membran i MBR-alternativet indikerar felstapeln ett intervall baserat på vad som observerats i befintliga anläggningar efter omfattande energioptimeringar (Itokawa et al., 2014; Tao et al., 2010). Förklaring av processalternativen finns i Figur 8.1.

Aeroba granuler,  
en ny reningsteknik  
för kommunala  
avloppsreningsverk

En kunskapssammanställning

Simon Bengtsson  
Mark de Blois  
Jonatan Flodin  
Jesper Olsson  
Maria Jonstrup

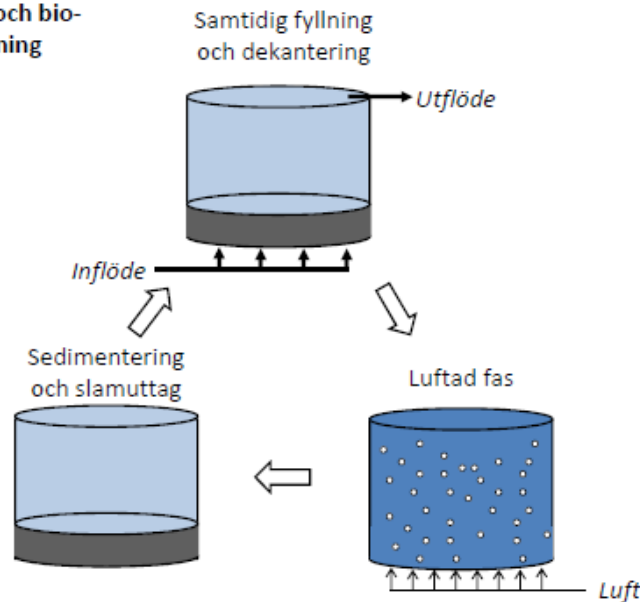
Karin Myring  
Jerry Johansson  
Britt-Marie Wilén  
David Gustavsson

## Vad är aerobt granulärt slam (AGS)?

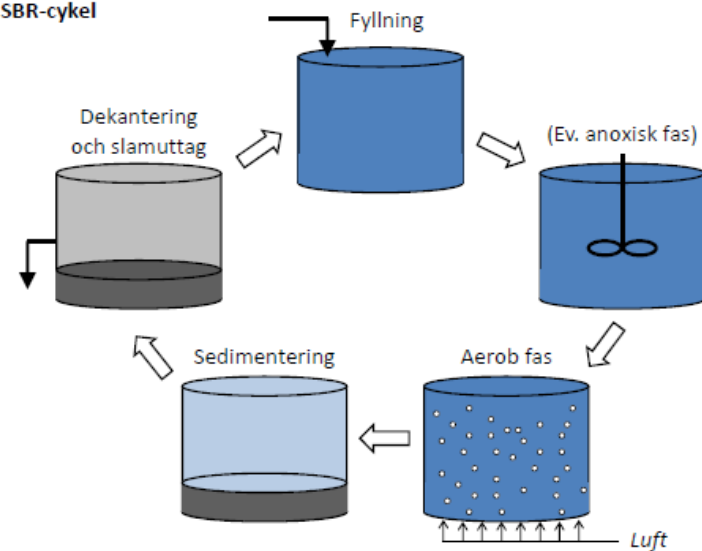
Den rådande definitionen av AGS skapades under den första "Aerobic granular sludge workshop" 2004 och lyder (de Kreuk et al., 2007a):

***"Granuler som utgör aerobt granulärt aktivt slam innebär aggregat av mikrobiellt ursprung, som inte koagulerar vid minskad hydrodynamisk skjuvning, och som sedimenterar betydligt snabbare än aktivslamflockar."***

SBR-cykel för AGS och biologisk fosforavskiljning



Typisk SBR-cykel



# Omvandlingsprocesser

- Reduktion av organiskt material, nitrifikation, denitrifikation och bio-P i ett processteg.
- I stället för att olika processer sker i volymer med olika miljöförhållanden så uppstår olika miljöförhållanden i olika delar av granulen.

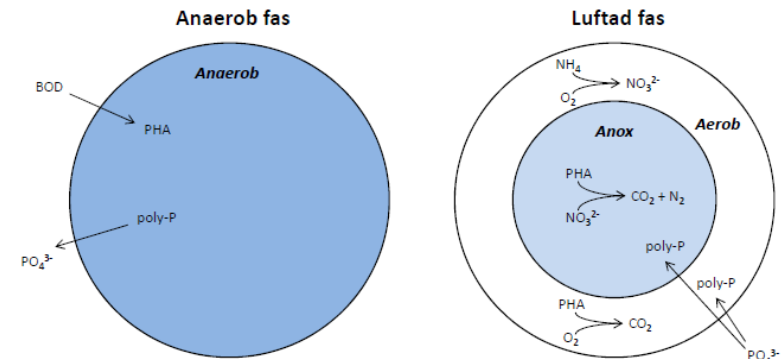
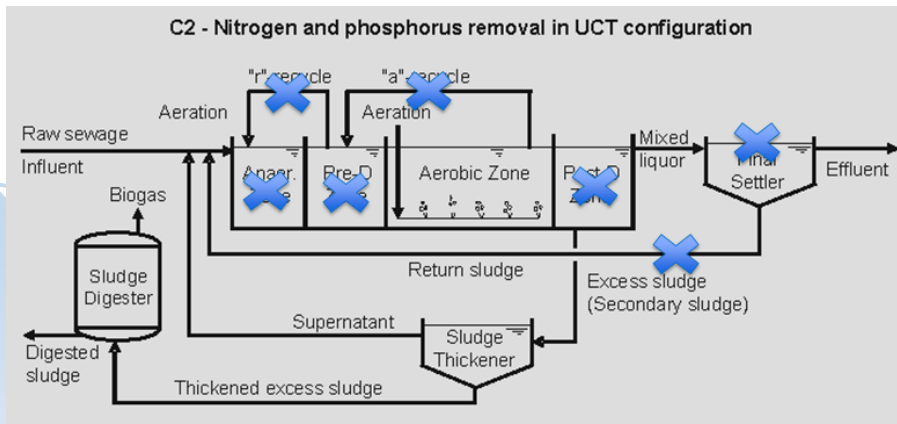


Bild från RHDHV presentationsmaterial

Figur: SVU-rapport, 2017-19

## Typiskt drift

- Samtidig fyllning och dekantering, fyllning med pluggflöde
- Granuler ger goda sedimenteringsegenskaper.  $SVI_{10}=SVI_{30}$
- Typiska driftparametrar (belastningar inklusive tid för sedimentering) (Bengtsson m.fl., 2017):
  - Höga slamhalter (6-10 g SS/l)
  - Specifik belastning omkring 0,1-0,14 g COD/(g SS\*d)
  - Slamålder 20-50 dygn. Segregering av slamåldern i reaktorn.



## Fördelar med AGS

### Fördelar:

- Lägre driftkostnader:
  - Lägre energiförbrukning
  - Normalt inget behov av tillsatt kolkälla
  - Inga omrörare krävs
- Bio-P minskar fällningskemikalieförbrukningen
- God förmåga att hantera chocker, t.ex pH-förändringar
- Kompakt process





## Utmaningar med AGS

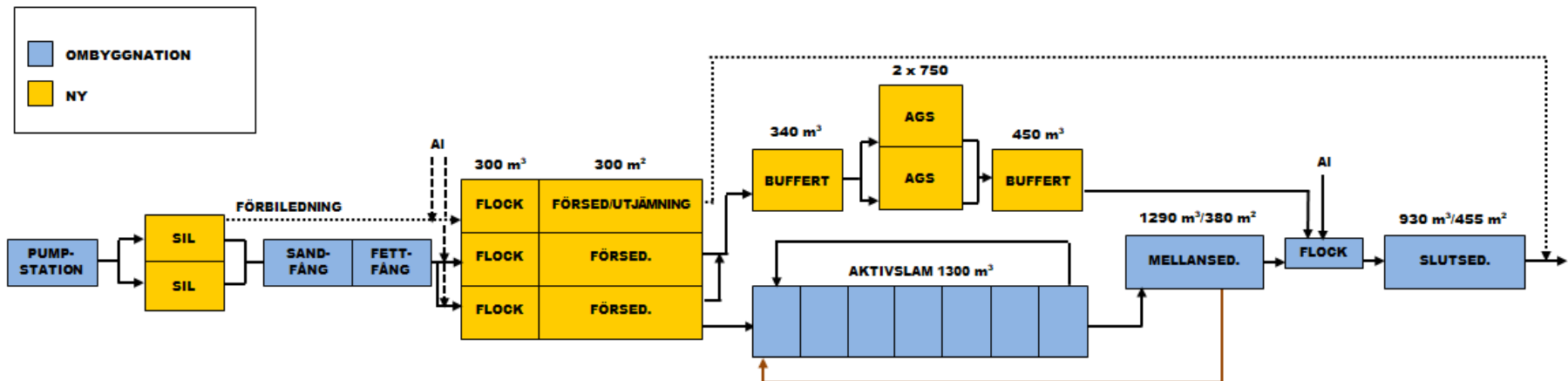
### Utmaningar:

- Processen är patenterad – Nereda<sup>®</sup>, sekretess, Nereda<sup>®</sup>-marknadsförs av det holländska företaget RHDHV, licens i Sverige har Envidan
- Krångligare vid upphandlingar
- Före Strömstad – inga referensanläggningar i Norden
- Ej testad i fullskala vid låga temperaturer
- Längre uppstartstid?
- Instrument och styrning



# Om- och tillbyggnad av Österröds ARV

- Turistkommun med höga sommarbelastningar
- Dimensionerat för 30 000 pe, dimensionerande flöde 300 m<sup>3</sup>/h
- Anledningar till ombyggnad:
  - Kapacitetsproblem i den befintliga aktivslamprocessen – främst för kväverening och slamavskiljning
  - Dagens verk är gammalt och omodernt
  - Stora nyanslutningar planeras – mycket enskilda avlopp



## Tillbyggnad av Österröds ARV - jämförda alternativ

- Tre alternativa processlösningar jämfördes (samtliga skulle kompletteras med en aktivslamlinje):
  1. Aktivslam (2 200 m<sup>3</sup>) med befintlig sedimentering & mikrosilar
  2. MBBR (1 100 m<sup>3</sup>) med befintlig sedimentering & mikrosilar
  3. AGS (Nereda<sup>®</sup>, 2 x 750 m<sup>3</sup> + 600 m<sup>3</sup> buffert) & befintlig slutsedimentering
- Vald processlösning pga lägre energiförbrukning: AGS som komplement till ett renoverat aktivslamsystem.
- Den första anläggningen i Norden med AGS (Nereda<sup>®</sup>)
- Hela om- och tillbyggnaden klar sommaren 2019
- AGS-linjen startades upp i juni 2018

# Österröds ARV 2018-05-13



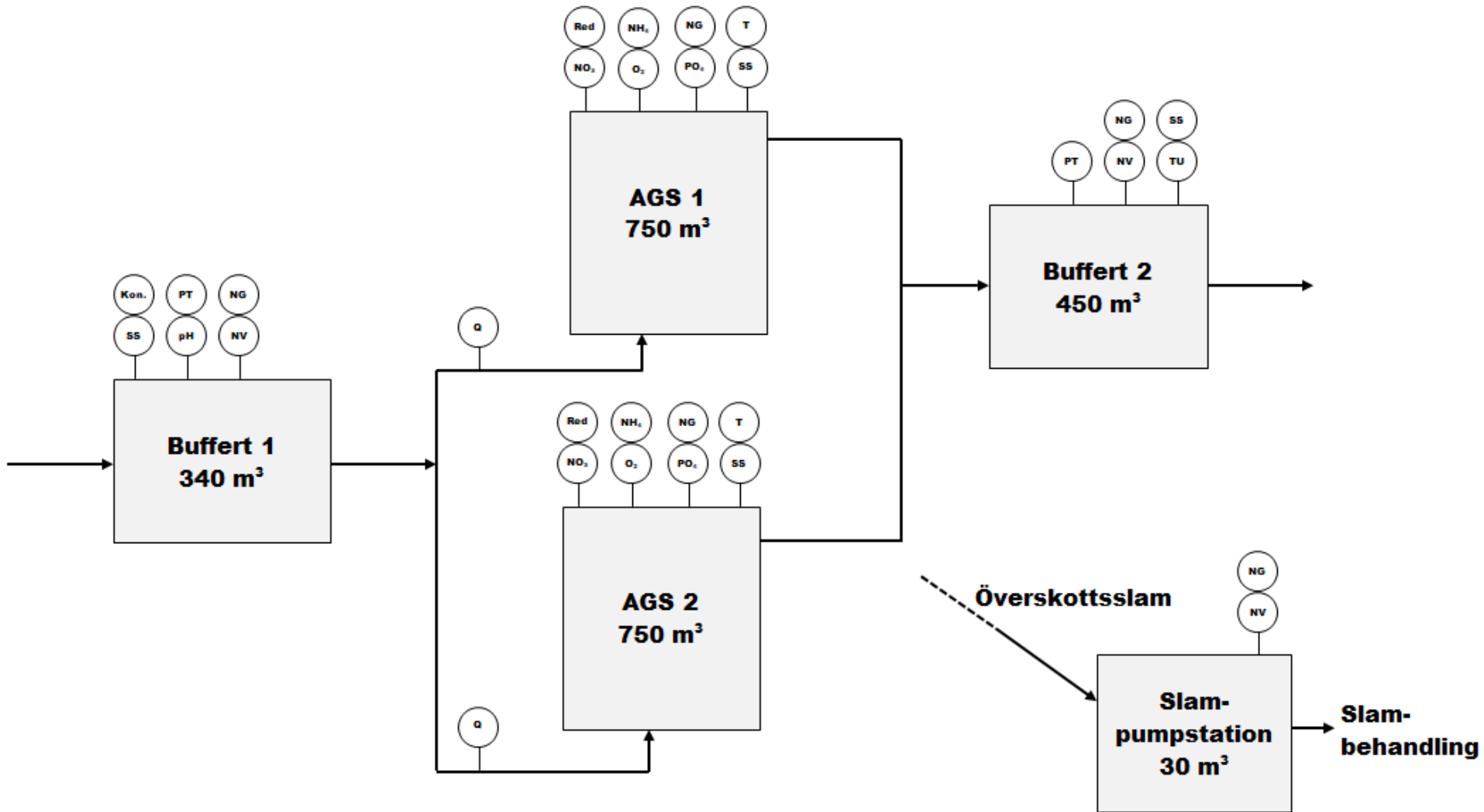
*Foto: Jan Simonsson, Strömstads Höjdfoto*

# Österröds ARV 2019



Foto: Jan Simonsson, Strömstads Höjdfoto

# AGS-processen på Österröds ARV



## Uppstart Österröds ARV

- Juni 2018 – AGS 1 ympad med SBR-slam från Bodalens ARV i Tanum. AGS 2 ympad med granuler från ett holländskt Nereda<sup>®</sup>-verk.
- En rad praktiska problem fick rättas till: Inmatningen (flödesmätare), onlineinstrument, etc.
- Nitrifikation, denitrifikation och bio-P i båda reaktorerna kom igång i princip direkt.
- Bio-P tappades delvis efter högsäsong
- Inmatningsflödet höjs allteftersom samtidigt som cykeltiden minskas. Idag körs verket enbart med AGS för den biologiska behandlingen (tillfälligt under ett år).
- COD-belastningen har legat uppemot omkring 0,17 kg/kg SS.d (på hela cykeln) under sommaren.

# Typiska AGS-cykler under uppstarten

Bilder borttagna





## Reningsresultat AGS -Nereda<sup>®</sup>, sommar 2018

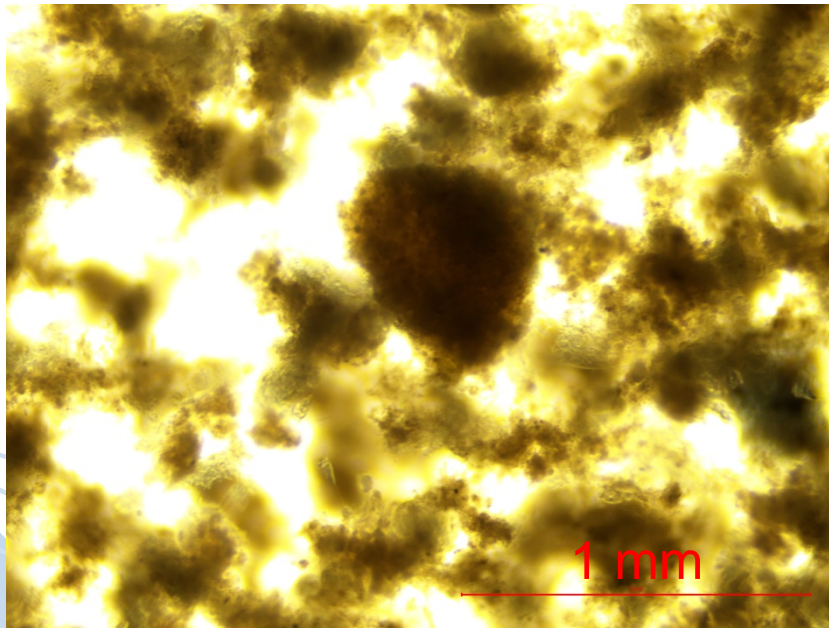
Typiska värden under högsommaren:

Parameter	In (mg/)	Ut (mg/l)
COD	400	50
BOD	200	< 8
N-Kj	60	< 3
NO3-N	0	< 15
P-tot	7	2 *
Susp.	80	10-15

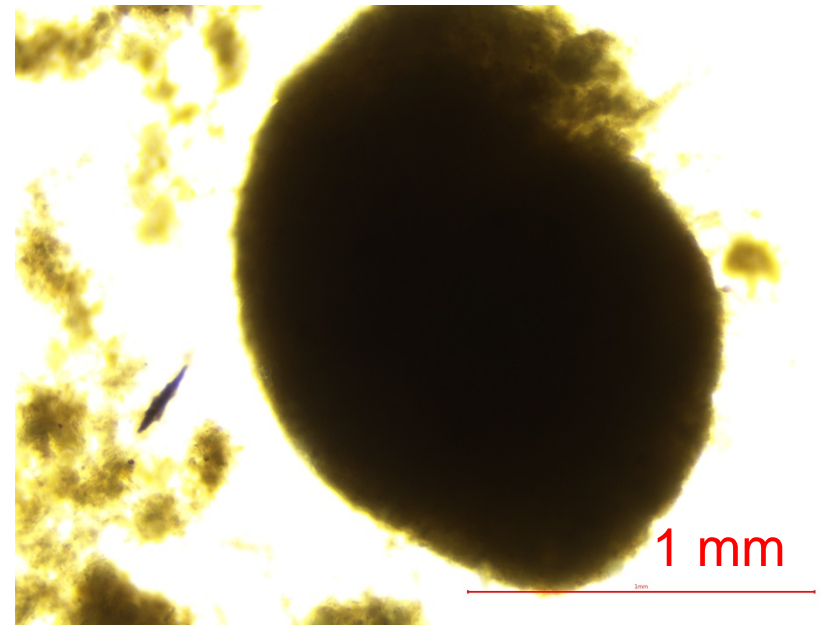
\* Starkt varierande beroende på intrimningen

## Bilder på granuler

AGS1 med SBR-slam från Tanum:



AGS2 med holländskt granulslam:



**AGS2 på Österröd 2018-07-23**

**Foto: Jennifer Ekholm, Chalmers**

Bild borttagen



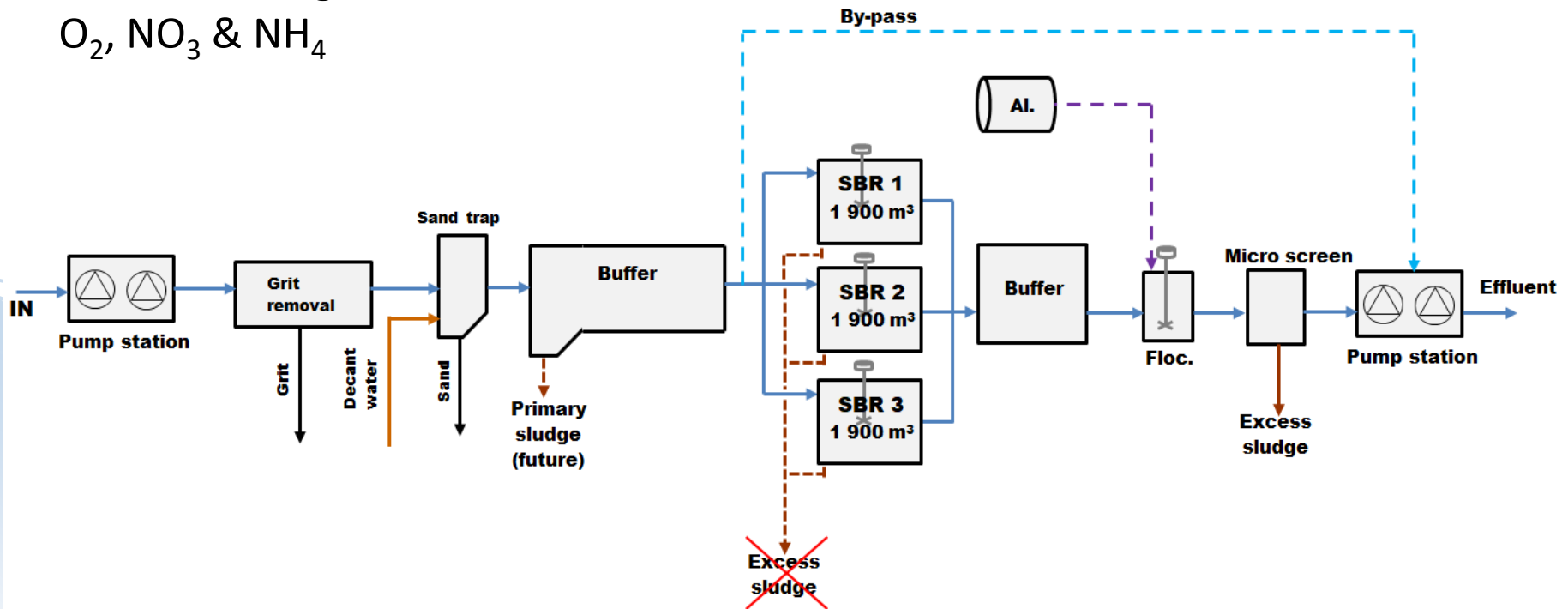
## Bodalens ARV – Aggressiv SBR

- Byggdes 2012.
- Tar emot avloppsvatten från Grebbestad och flera småorter i Tanums kommun.
- Dimensionerat för 20 000 pe
- 3 SBR-reaktorer med en volym om 1900 m<sup>3</sup>/reaktor följt av mikrosil
- Vattendjup i SBR 6,5 meter



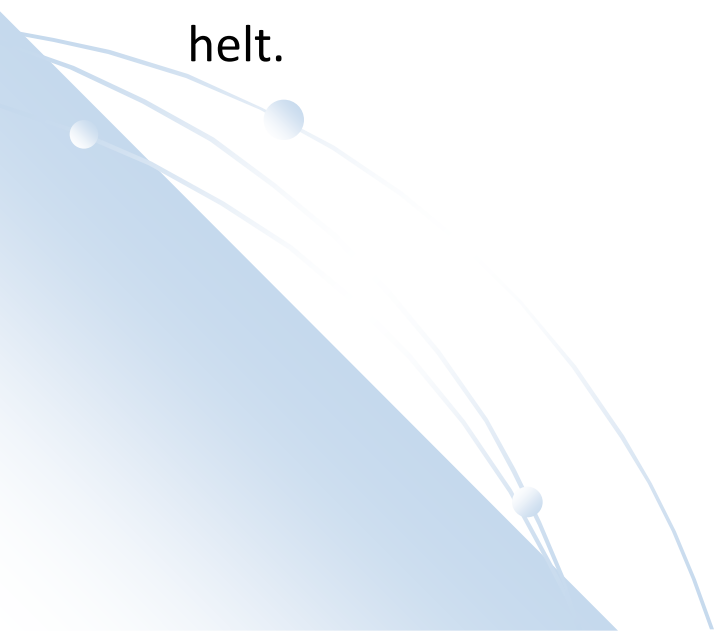
## Bodalens ARV 2018

Onlinemätning av nivå, SS,  
 $O_2$ ,  $NO_3$  &  $NH_4$



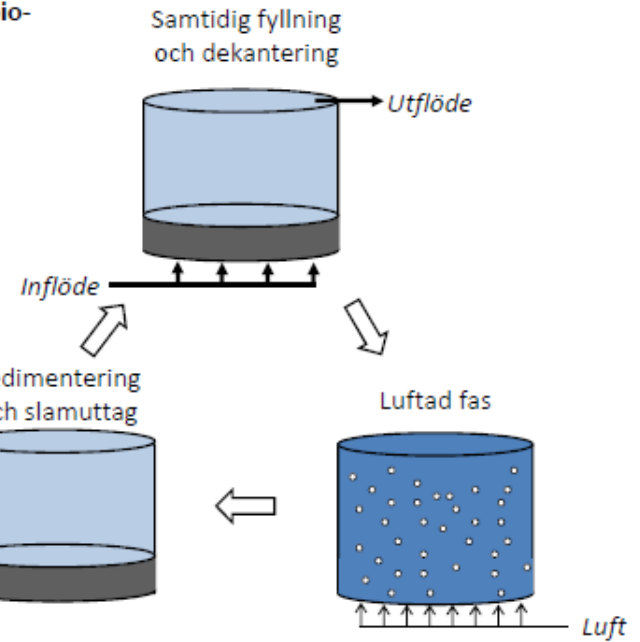
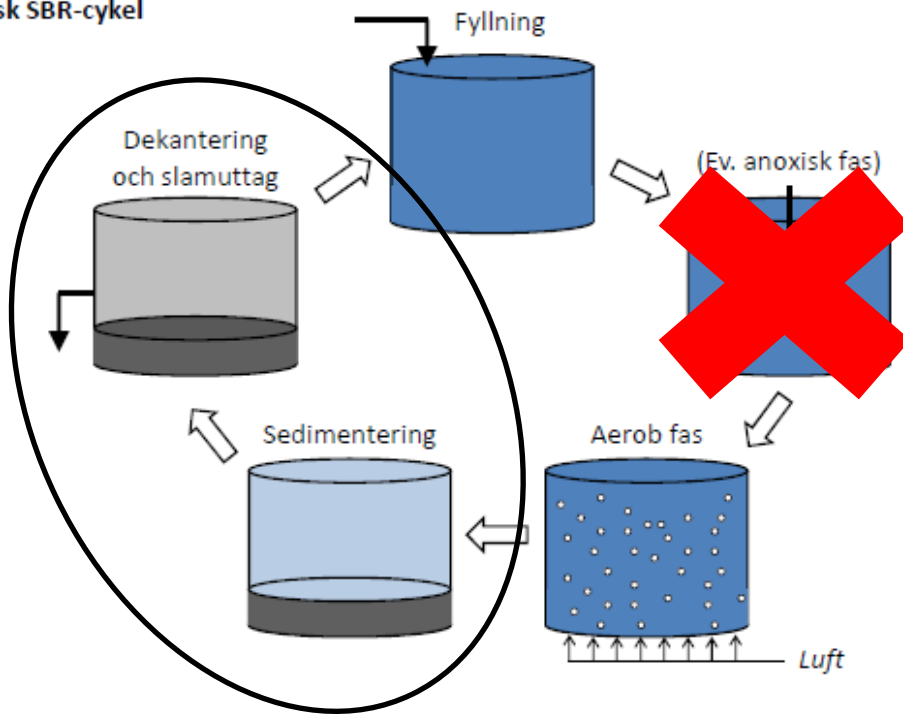
## Utmaningen

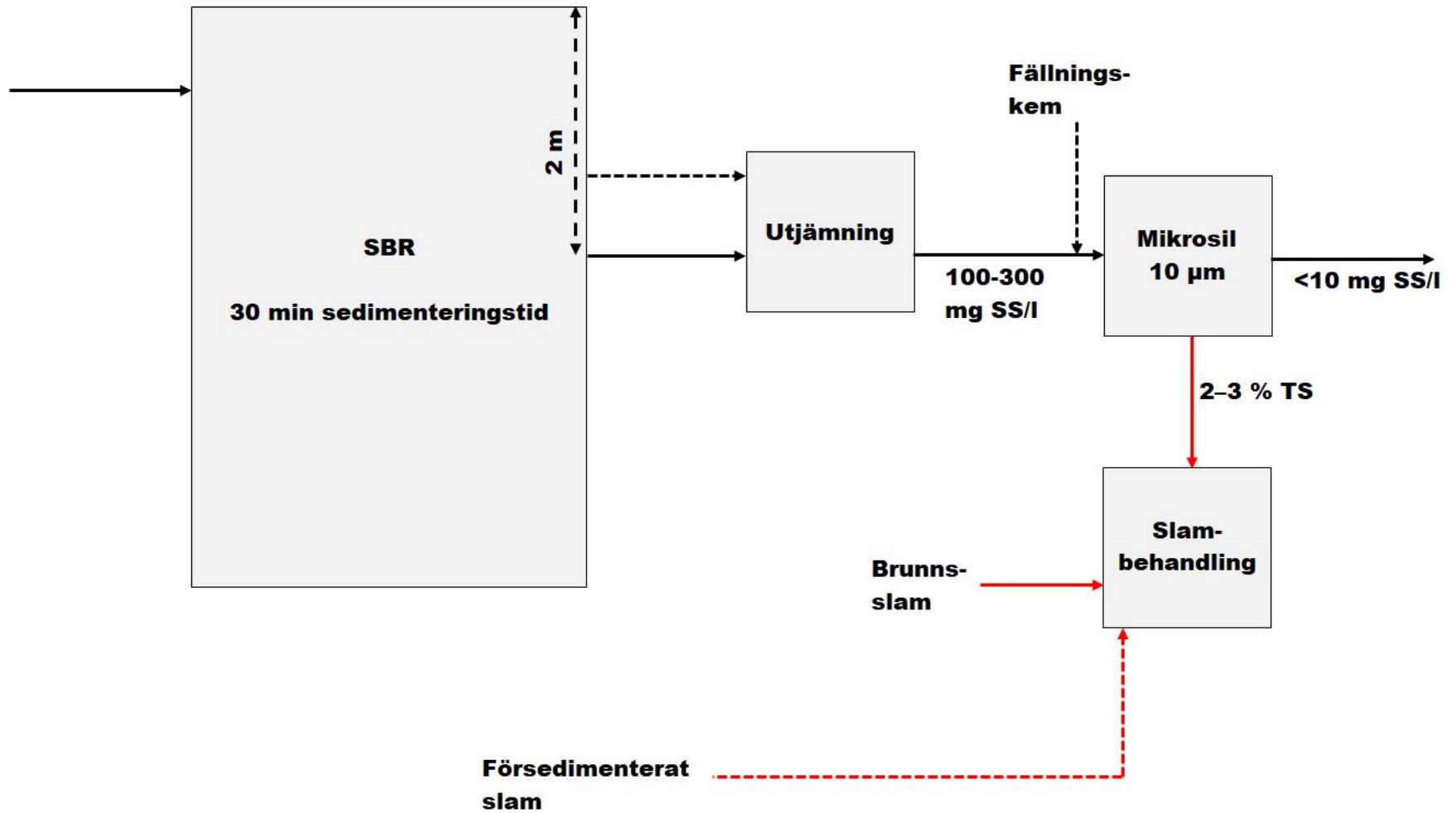
- Redan 2016 behövdes verkets kapacitet utökas:
  - Den hydrauliska kapaciteten behövdes utökas rejält.
  - Den aeroba slamåldern behövdes utökas på vinter (temp 3 °C)
- Lösning: Man sänker cykeltiden genom att odla slam med bra egenskaper vilket ger fler dekanteringar per dygn. I första hand ska de mindre effektiva sekvenser i cykeln kortas ned eller skäras bort helt.



## SBR-cykel för AGS och biologisk fosforavskiljning

### Typisk SBR-cykel







## Cykeltider

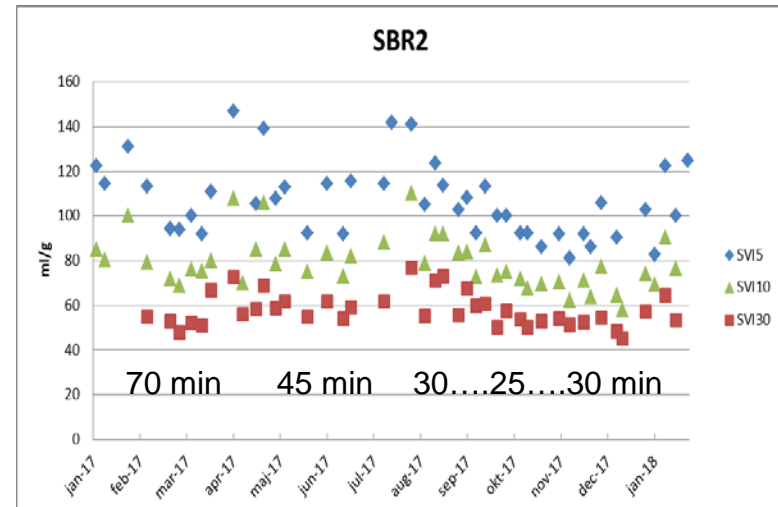
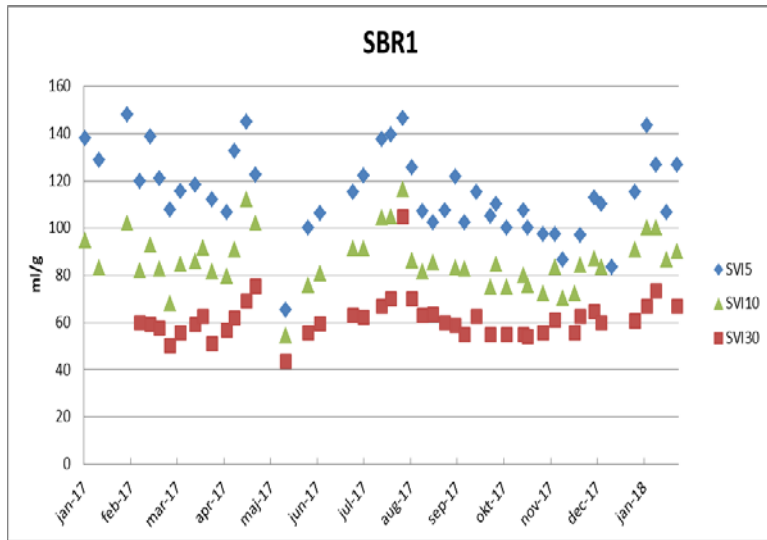
- Total cykeltid idag inställd på 600 (-800) min men varierar med flödet
- Vid höga flöden är cykeltiden minst ca. 200 min
- Faser i cykeln:
  1. Inpumpning – ca. 60 min, anaerob tid
  2. Luftad fas med simultan N/DN eller efter-DN. Satt till minst 60 minuter, styrs på ammonium
  3. Sedimenteringsfas – Från början 3 h, nu ca 30 min
  4. Dekanteringsfas – Från början 200 min, nu ca 40 (-60) min

Faser som ej tillämpas: anoxisk fas och hydrolysfas

## SBR-processen på Bodalens ARV

- Överskottsslam tas endast ut via mikrosilen
- Förbättrade slamegenskaper –  $SVI_{30}$  så lågt som 50 - 60 ml/g
- Minskade cykeltider – så stor andel av cykeln ska vara luftad
- Låga syrehalter, 0,5–2 mg/l, ger simultandenitrifikation
- Minskad partikelbelastning till SBR-processen genom omstyrning av interna flöden. I framtiden möjlighet till försedimentering.
- Förbättrad processövervakning
- Möjlighet till fällningskemikaliedosering före mikrosilarna för att undvika höga utgående fosforhalter vid fosforsläpp
- Låg BOD-halter (ofta < 3 mg/l) och N-halter (< 8 mg/l) i utgående vatten
- Låga fosforhalter (< 0,2 mg/l) utan tillsats av fällningskemikalie

## Slamvolymindex

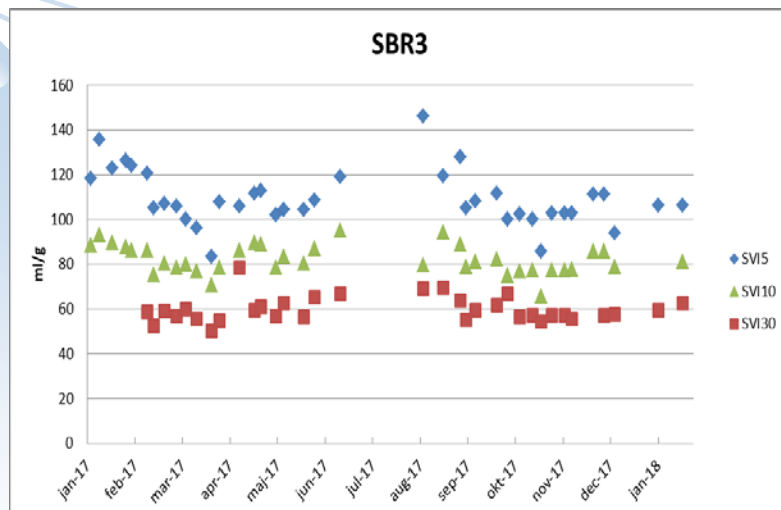


SVI5: 100 – 120 ml/g

SVI10: 70 – 90 ml/g

SVI30: 50 – 70 ml/g

Mikrosilsslam, SVI30: 140 ml/g



## SBR-cykel på Bodalen

Halt av totalfosfor, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N och NO<sub>2</sub>-N under en cykel på Bodalen:

Bild borttagen

Goda förhållanden för bio-P skapas genom en anaerob inmatningsfas med låga nitrathalter

Figur: Jennifer Ekholm, Chalmers

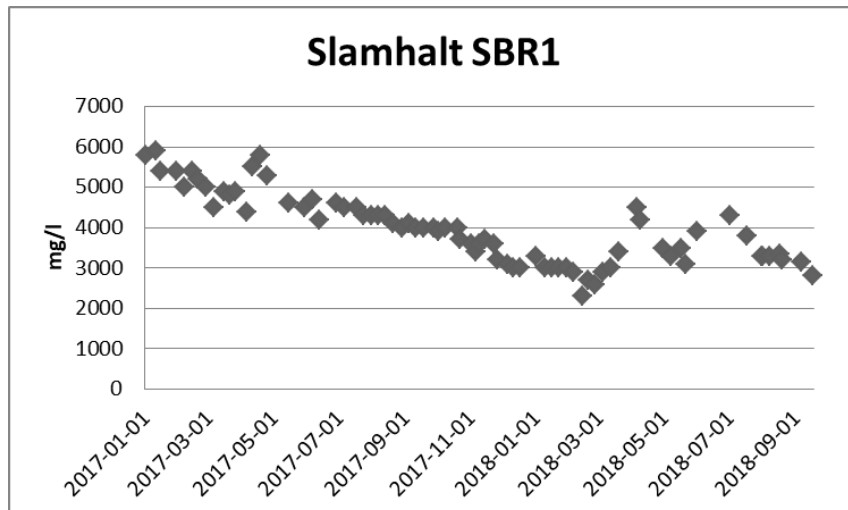
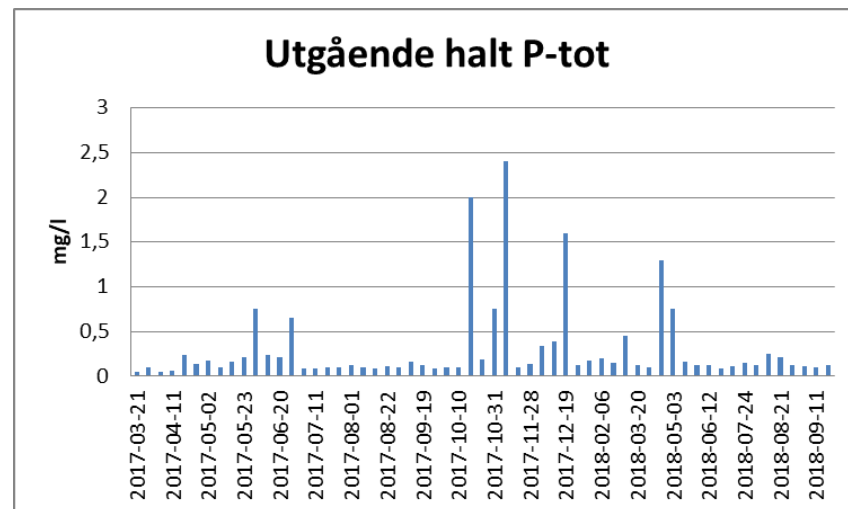


## Strategi för att undvika höga utsläpp till följd av fosforsläpp

Tidigare år: mycket höga utgående fosforhalter i övergång mellan hög- och lågsäsong

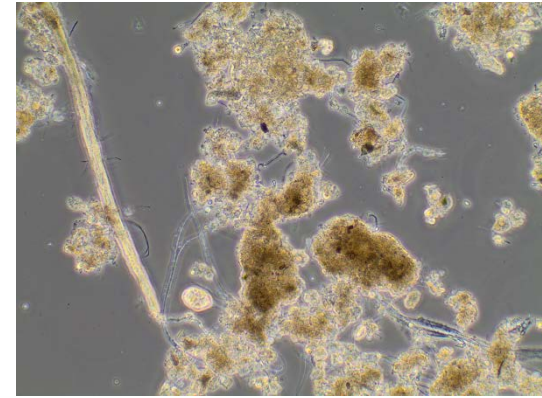
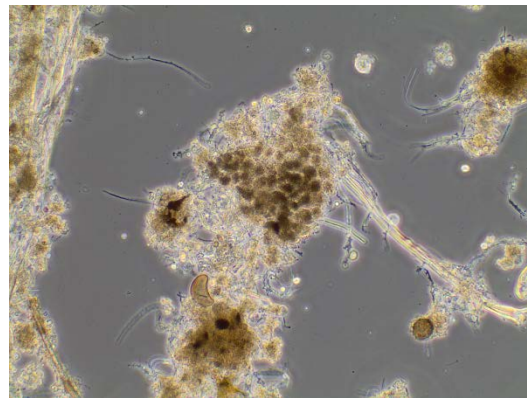
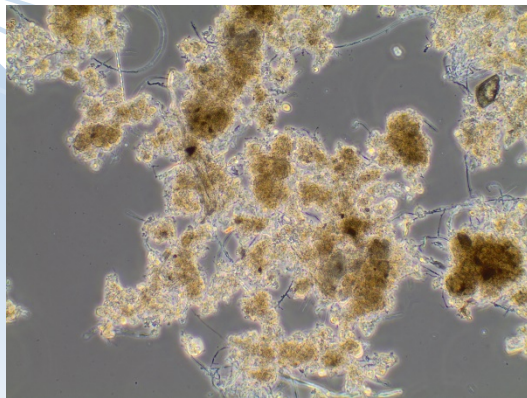
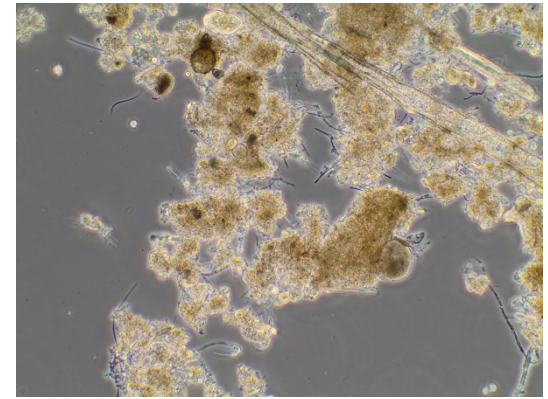
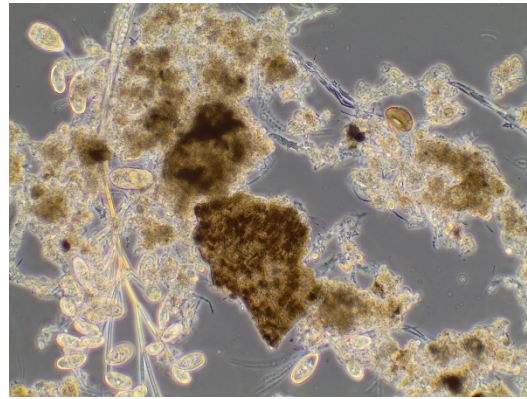
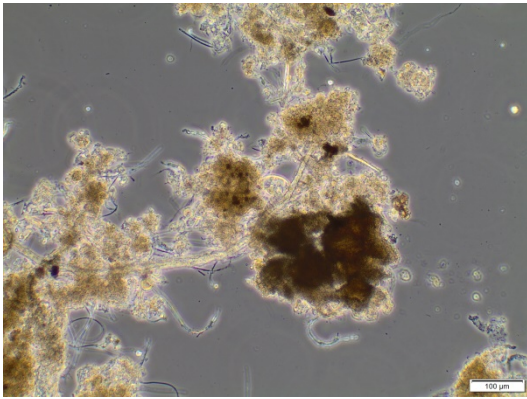
Under 2018 sänktes slamhalten i slutet av högsäsongen.

Om det ändå inträffar: möjlighet till stöddosering av fällningskemikalie före mikrosilar.



# Slam från övre delen av reaktorn, Januari 2018

Foton: Britt-Marie Wilén, Chalmers



# Tanum Bodalens ARV September 2018

Foto: Jennifer Ekholm, Chalmers

Mest flockslam med enstaka granuler

Bilder borttagna



## Belastning på mikrosilar (10 $\mu\text{m}$ )

Max: ca 0,2 kg SS/m<sup>2</sup>.h, oftast väsentligt mindre  
50 - 300 mg/l SS in, < 10 mg/l SS ut



Bild: Karin  
Görfelt  
Tanum



## Huvudsakliga resultat


- Slam med goda sedimenteringsegenskaper (5 m/h) produceras på ett konventionellt SBR-verk\*
- Detta slam produceras genom att minimera sedimenteringstiden och samtidigt acceptera högre susphalter ut från SBR-reaktorn.
- Mycket goda utsläppsvärden kan trots detta uppnås efter ett poleringssteg bestående av en mikrosil (10 µm).
- Mikrosilsrejektet skickas direkt till slambehandlingen.
- Aktivt slam med egenskaper delvis lika granulslam produceras: bio-P, ackumulering av kol under påfyllnadsfasen, SND eller efter-DN med lagrad kolkälla, slam med lågt SVI

\* Observera att anläggningen är relativt lågt belastad och en hel del optimeringsarbete kvarstår

## Utmaningar AGS-allmänt

- Kallt klimat i Sverige med vattentemperaturer ner till 3-5 gr. C.
- Hur låga halter av kväve och fosfor kan uppnås? Hur mycket kolkälla förbrukas?
- Kan AGS vara ett alternativ till en fullt optimerad aktivslamanläggning eller en optimerad "konventionell" SBR vad gäller energiförbrukning mm?
- Är uppstartstiderna relativt långa?
- Finns extra möjligheter vad gäller slambehandling med AGS (återvinning av P, och alginater)?

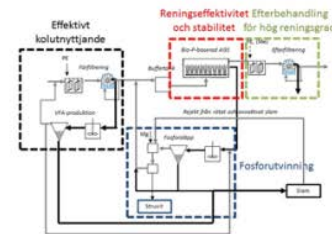
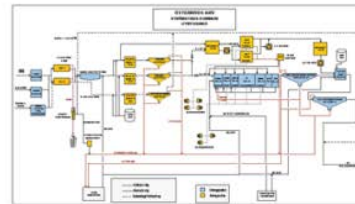
## Nästa steg för tekniken

- Utvärdering Strömstad & Tanum (Agnes II)
  - Pilotförsök Sjölunda (Agnes III) & utvärdering
  - Fler/Många fullskaleanläggningar i Norden?
- 

## Agnes I, II och III

# AGNES: Aerobic Granular sludge – Nutrient removal and recovery Efficiency in Sweden

AGNES I *Completed* State-of-the-art  
 AGNES II *Started* Full-scale studies  
 AGNES III *Planning* Pilot studies



PhD student  
Jennifer Ekholm



**Tack!**

**Mark de Blois**  
**mark.de.blois@h2oland.se**  
**tel. 0322-66 04 67**

