

Kväverening i en bioreaktor vid Malmberget

Roger B. Herbert
Institutionen för geovetenskaper
Uppsala universitet



Varför kväve?

- Ammoniumnitratemulsjoner används av den svenska gruvindustrin
- Icke detonerade sprängämnen och spill är källor till vattenlösliga rester (ammonium, nitrat) i:
 - Dränering från tunnlar och gråbergshögar
 - Grundvatten från gruvan, används som processvatten i anrikningen
- Risker för toxiska effekter från vissa kväveformer (ammoniak och nitrit) i ytvattenrecipienter, samt övergödning i kvävebegränsade akvatiska system
- Relevanta former:
 - Nitrat, NO_3^-
 - Nitrit, NO_2^-
 - Ammonium, NH_4^+ $\leftrightarrow$ Ammoniak, NH_3
 - Kvävgas, N_2



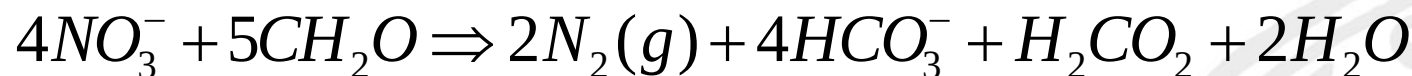
Dagens föredrag

- Kväverening i en pilotskalig anläggning
- Fältplatsen i Malmberget
- Bioreaktorbygge och –drift
- Resultat
- Lärdomar och framtida planer

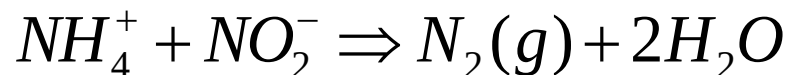


Kväverening från dräneringsvatten

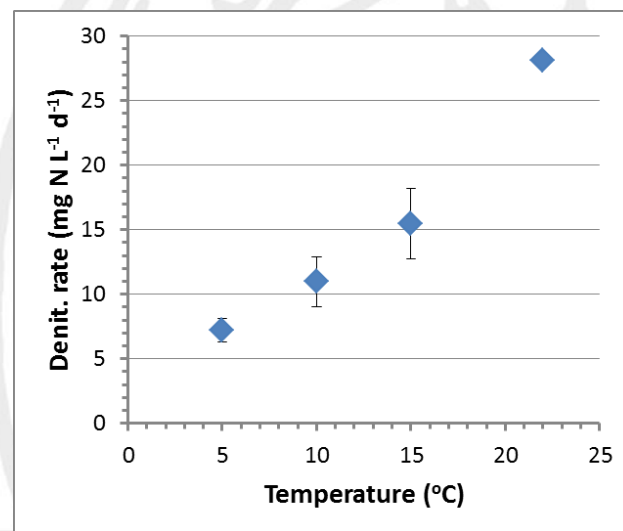
- På grund av sin toxicitet är ammoniakbildning av stor betydelse, men höga nitrathalter förekommer i gruvmiljöer och borde åtgärdas
- Både nitrit- och nitrathalter kan minskas genom att skapa förutsättningar för denitrifikation



- Under jämförbara geokemiska förhållanden kan anaerobt ammoniumoxidation “anammox” ske:



- Reaktionskinetik viktig!



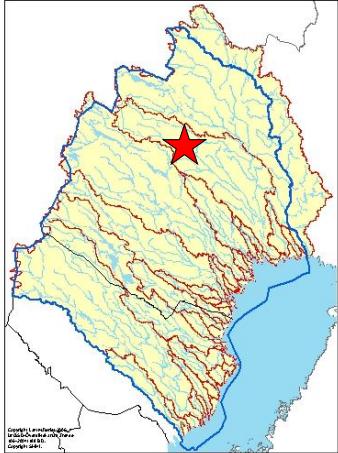
Bioreaktorinstallation

- VINNOVA-projekt; samarbete med Boliden och LKAB; Malmberget valdes som fältplats
- I 2010 byggdes en pilotskalig bioreaktor för att minska nitrathalter i gruvlakvatten med hjälp av denitrifikation. Första resultat i 2011.
- Syftet med projektet: bestämma denitrifikationshastigheter som kan uppnås under relevanta förhållanden (d.v.s hydrauliska uppehållstider, geokemiska förhållanden, temperatur)
- Begränsningar: ska användas för att hantera kväveutsläpp nära källan, "hot spots"
- "Passivsanering", eller så passivt som möjligt
- Inte ett nytt koncept men några utmaningar, främst låga temperaturer i norra Sverige



UPPSALA
UNIVERSITET

Malmberget järnmalmshugget, LKAB



- 67°13' N, årsmedeltemperatur -0.6°C



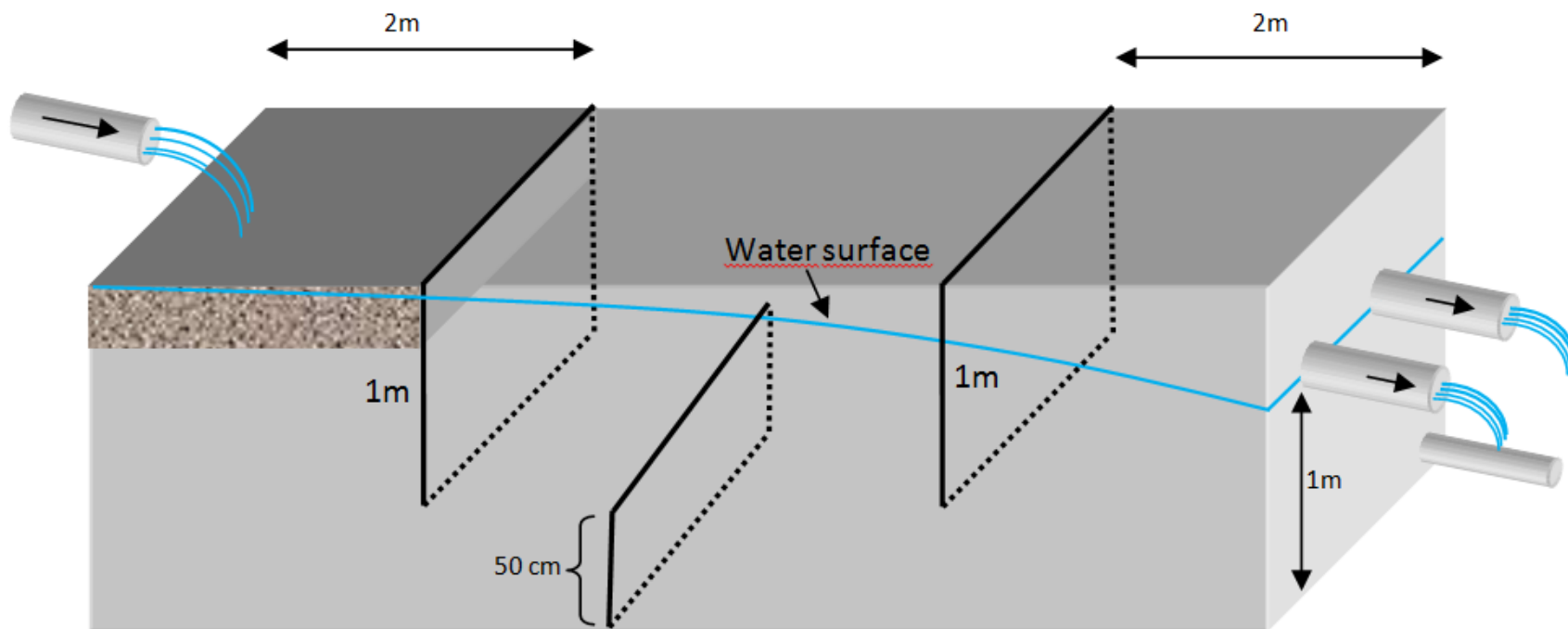
UPPSALA
UNIVERSITET

Sand- och klarningsmagasinen



- Grundvattenavsänkning i gruvan producerar vatten till anriknings- och pelletsverken
- Utflödet till Linaälven från 0 till >10,000 m³/day
- $\text{NO}_3^- = 10 - 60 \text{ mg N L}^{-1}$
- $\text{NH}_4^+ = 0.5 - 2 \text{ mg N L}^{-1}$

Bioreaktorkonstruktion

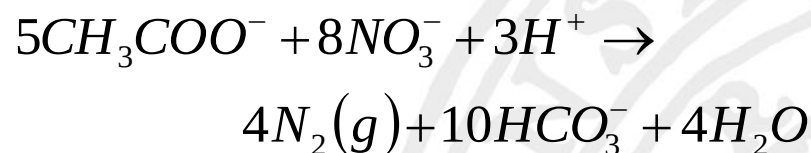


- 9m x 2m x 1.5m med inre väggar.
- Reaktivblandning: bergkross + sågspån (2:1) + avloppsslam. Ny blandning i juni 2012.
- Anaerob miljö skapas för denitrifikation

Sammanfattning från 2011



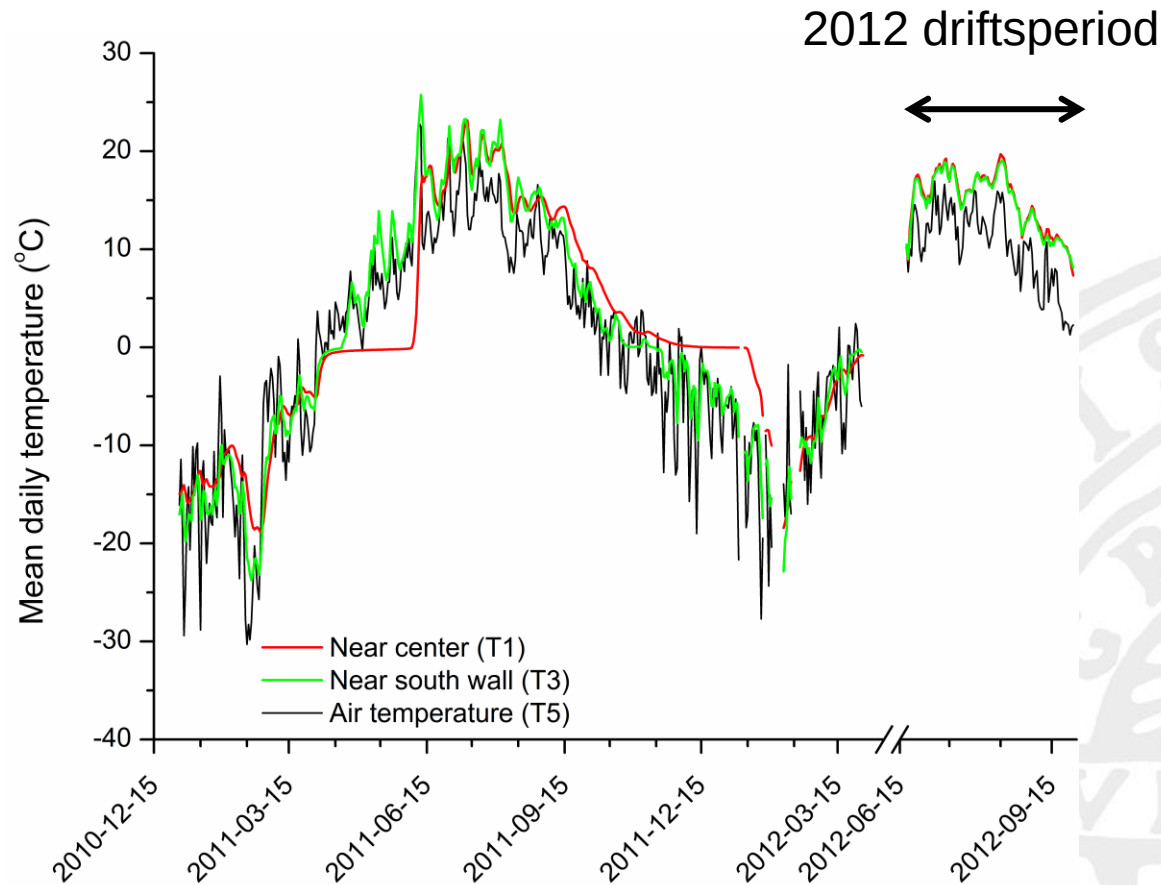
- Inflödet $\sim 5 \text{ m}^3/\text{d}$
- Tidiga resultat visade att en extra kolkälla behövdes för att uppnå en hög kväverening:



- Med en acetattillsats uppnåddes en nitratrening på $>95\%$ och nitrithalter reducerades till under detektionsgränsen



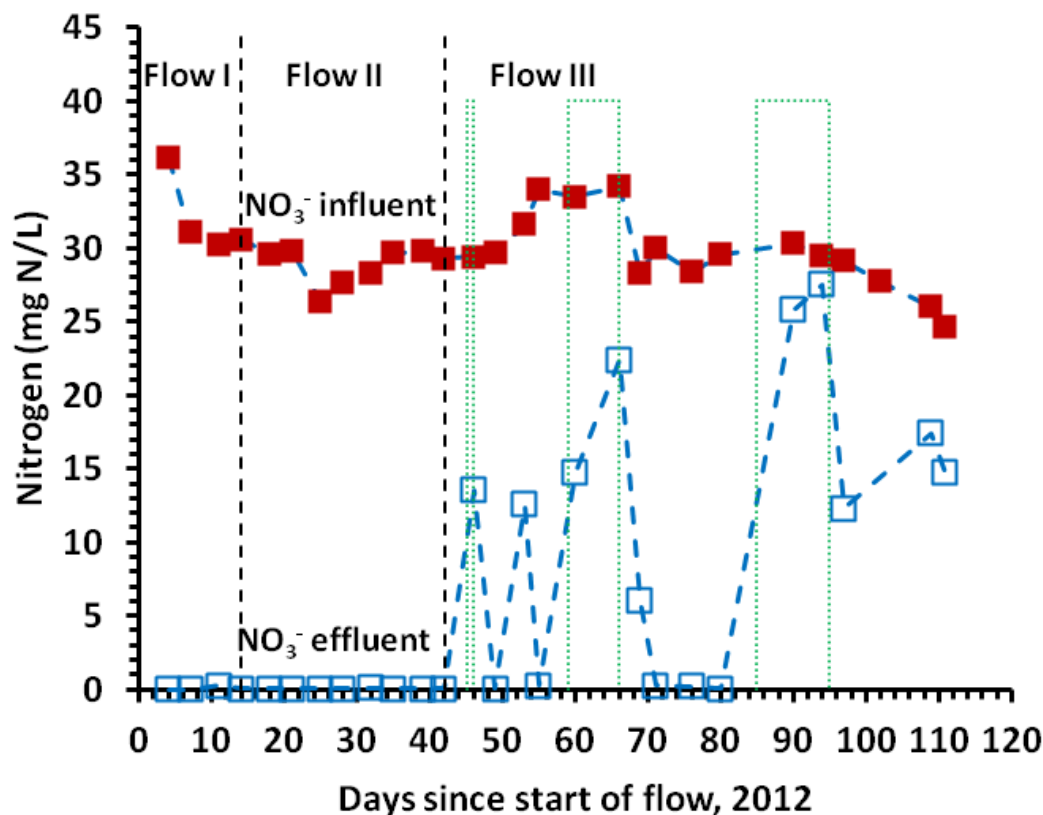
Temperatur



Dygnsmedeltemperatur i bioreaktorn (termistorer T1, T3) och i luften (termistor T5) för 2011 och 2012



Nitrat

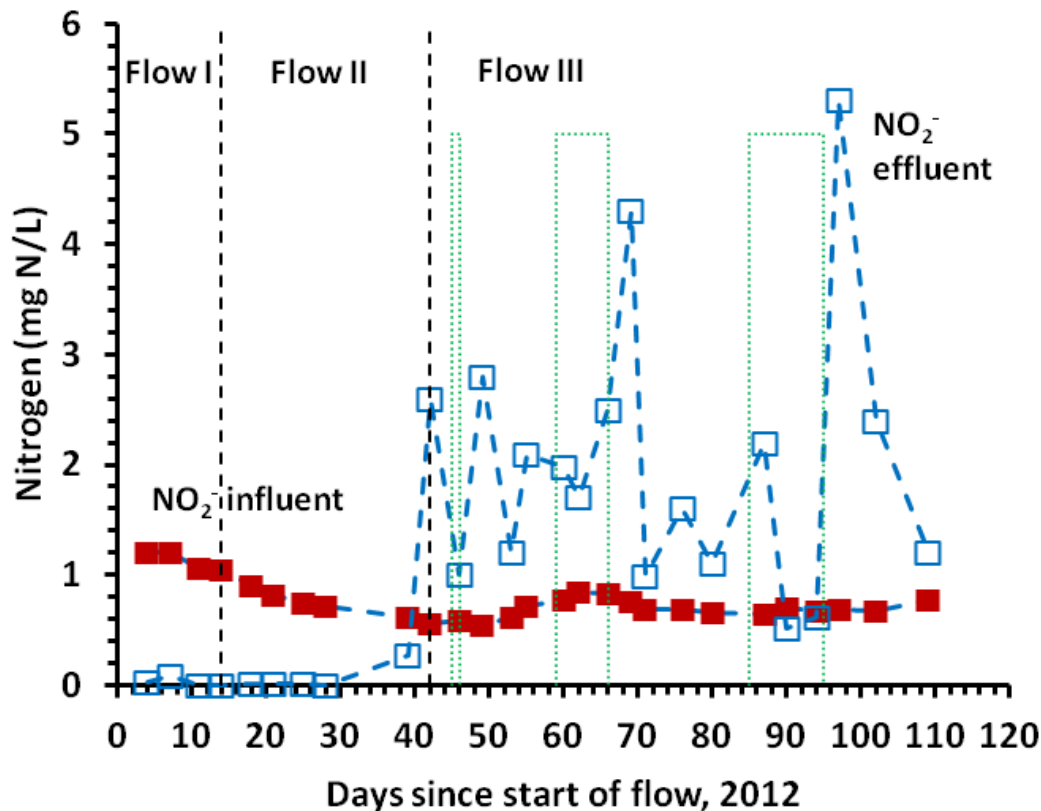


- *Flow I* och *II*: NO_3^- under detektionsgränsen
- *Flow III*: delvis reduktion i nitrat, främst när acetattillsatsen avbryts
- Hydrauliska problem vid slutet av driftsperioden

- 2012 driftsperiod, börjar 21 juni 2012.
- *Flow I*, *II* och *III* visar flödet med 5.4 , 10.8 , and $14.4 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$. Motsvarar hydrauliska uppehållstider på 40 h, 21 h, 8.5 h
- Gröna markeringar: acetattillsatsen avbröts tillfälligt



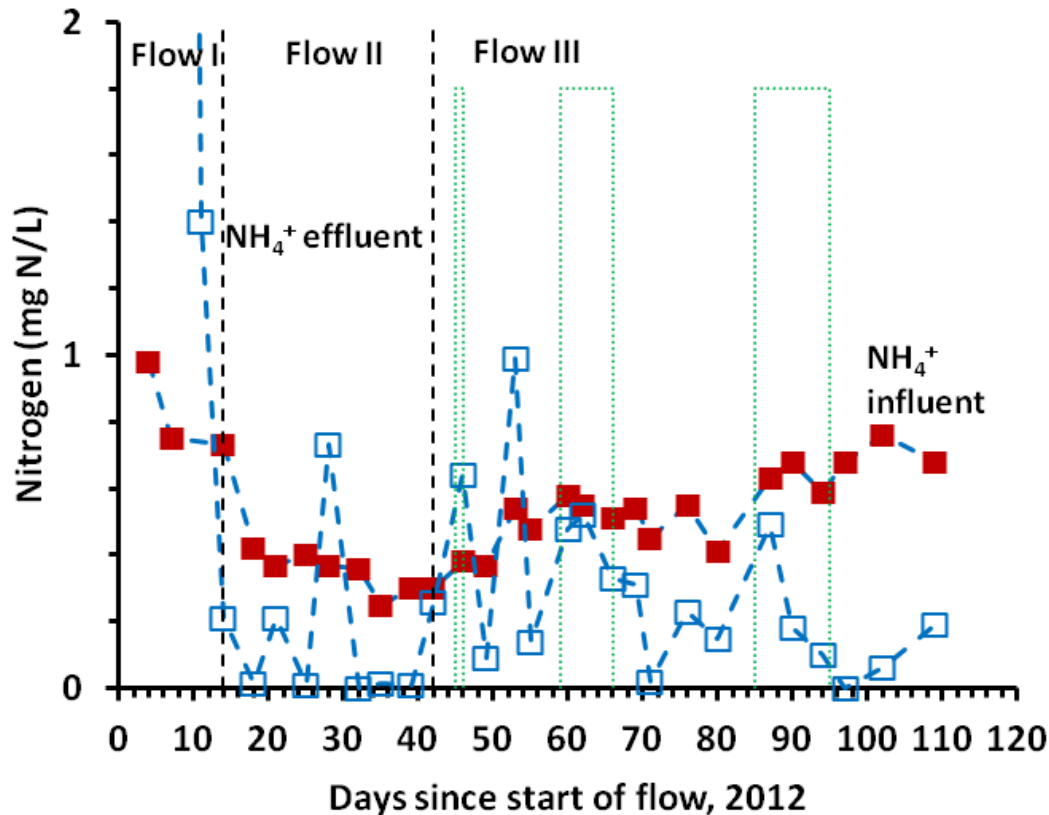
Nitrit



- *Flow I* and *II*: endast låga NO_2^- halter
- *Flow III*: NO_2^- produceras, d.v.s icke fullständig reduktion av nitrat till N_2
- Nitrittoppar efter acetattillsatsen återställs, men sedan minskning i nitrithalten
- En lättillgänglig kolkälla behövs för en väsentlig nitritreduktion vid höga flöden



Ammonium

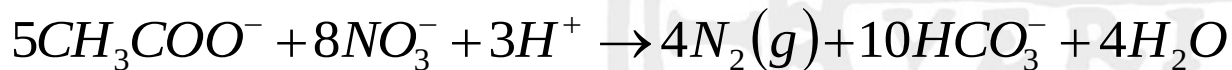
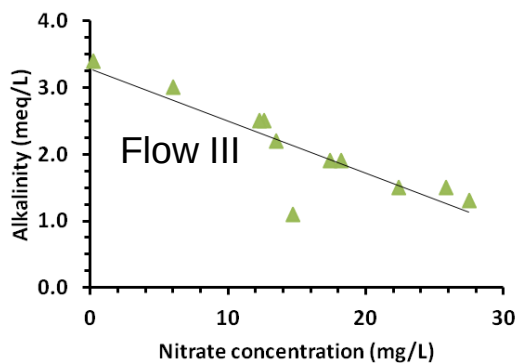
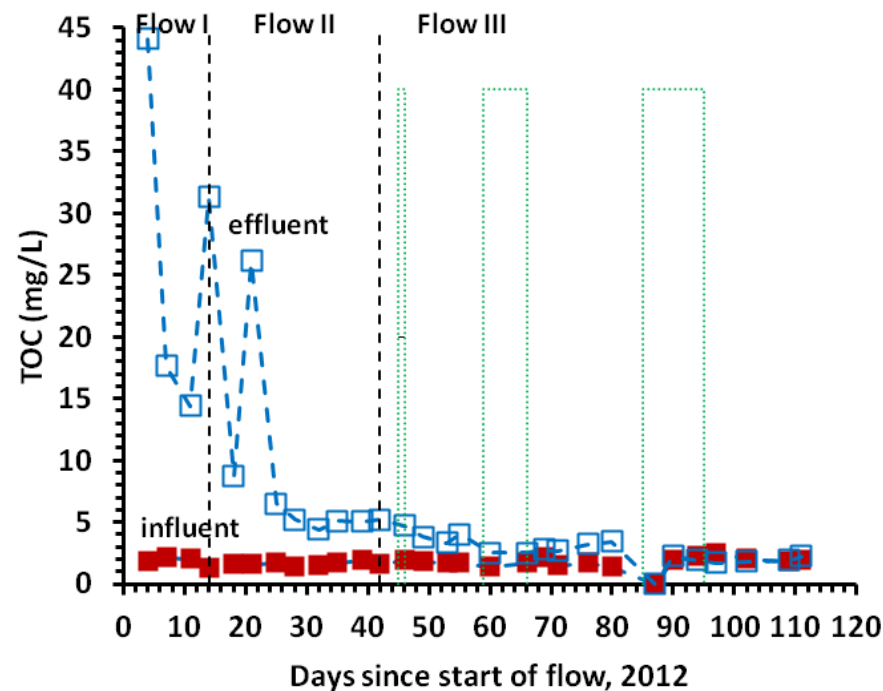
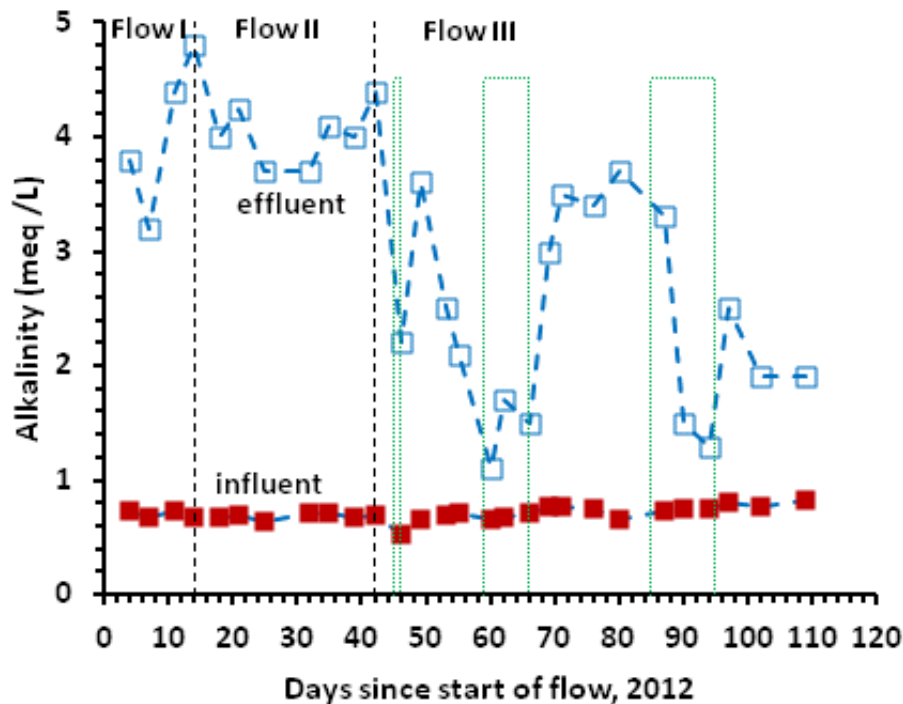


- *Flow I*: ammonium lakas från färsk avloppsslam
- *Flow II*: mest låga NH_4^+ -halter
- *Flow III*: mindre effektiv rening av ammonium.
- Allmänt högre NH_4^+ -halter när NO_2^- -halter är låga
- Bevis för anammox?



UPPSALA
UNIVERSITET

Alkalinitet och TOC



Lärdomar och framtida planer

- Effektiv rening av nitrat, nitrit och ammonium vid acetattillsats och flöden $< 11 \text{ m}^3/\text{d}$
- Vid högre flöden sker en ökning i kanalbildning och minskning i permeabilitet
 - 33% ökning i flöde ger ca 60% minskning i hydraulisk uppehållstid (visas med spårsämnesförsök)
 - Bioreaktordesign bidrar till kanalbildning, vilket bidrar till ofullständig nitrat- och nitritreduktion
 - Biofilmtillväxt eller materialförflyttningar kan leda till permeabilitetsminskningar
- 2013 – 2016: Nytt VINNOVA-projekt med bioreaktor i Kiruna
- Ny design: under markytan, isolerad, minimera kanalbildning
- Nytt material: träflis, inte sågspån
- Fastfälla uppehållstider utan acetattillsats för fullständig rening

Tack för uppmärksamheten!

