# ***CENTRALA RENINGSVERKET***

**Kristianstads kommun**

**Pågående försök med kontaktstabilisering vid CRV F**

**Treatcon AB**

Kalmar den 1:a november 2010

**INNEHÅLLSFÖRTECKNING**

**1. SAMMANFATTNING sida 3**

**2. BELASTNING TILL BIOSTEGET sida 5**

**2.1 Inkommande flödes- och föroreningsbelastning sida 5**

**3. UTFORMNINGEN AV FÖRSÖKSLINJEN sida 6**

**3.1 Försökslinjen sida 6**

**4. RESULTAT OCH BERÄKNINGAR sida 8**

**4.1 Nitrifikation i slamluftningen sida 8**

**4.2 Denitrifikation i anoxzonen sida 8**

**4.3 BOD-reduktion och nitrifikation i oxzonen sida 9**

**5. SLUSATSER sida 11**

**1. SAMMANFATTNING**

Vid **C**entrala **R**enings**V**erket i Kristianstad, CRV, renas avloppsvatten från ca 115 000 pe.

De senaste tre åren har kraven avseende kväve inte klarats. En av huvudorsakerna till att

kvävereduktion inte är tillräcklig beror på att nitrifikationen försämras på vårvintern, då flödet ökar och vattentemperaturen sjunker. Låg slamålder och låg nitrifikationshastighet till följd av det kalla vattnet tros vara orsaken till den försämrade nitrifikationen.

Under försommaren 2010 byggdes en av de tre aktiv slamlinjerna om till en kontaktstabiliseringsanläggning, d v s separat luftning av returslammet innan det blandas (kontaktas) med försedimenterat vatten. Enligt teorin ska denna utformning gynna tillväxten av nitrifierare och minska dessutom risken för att de spolas ut ur systemet under högflödesperioder. Tillväxten av nitrifierare i slamluftningssteget maximeras genom att leda ammoniumhaltigt rejekt från slamavvattningen till denna zon.

De förväntningar som fanns på försökslinjen har tidigare presenterats i en rapport, ”Försök med kontaktstabilisering vid CRV” daterad 20:e oktober 2009, och kan sammanfattas enligt följande:

* Slamåldern i försökslinjen kommer att öka med drygt 30%, jämfört med de konventionellt utformade aktiv slam linjerna, vilket gynnar tillväxten av nitrifierare.
* Risken för urspolning av nitrifierare kommer att minska då slamluftnings-zonen, som fungerar som odlingsvolym för nitrifierarna, inte påverkas av inkommande flöde.
* Kontinuerlig inympning av nitrifierare till efterföljande biosteg (kontakt-zonerna), vilket ökar reaktionshastigheten i dessa zoner.
* Avlastning av de övriga biolinjerna då allt ammoniumhaltigt rejekt kommer att ledas till försökslinjen vilket ökar förutsättningarna för hög kväve-reduktion i dessa linjer

I rapporten konstateras att fullständig nitrifikation bör kunna uppnås, även om allt rejekt från slamavvattningen leds till bara en linje. Däremot kan man räkna med att nitrathalten från försökslinjen kommer att vara för hög för att kraven skall kunna hållas, även om denitri-fikationen bör bli betydligt effektivare med denna utformning.

Hittills erhållna resultat bekräftar samtliga förväntningar och ”farhågor”. Nitrifikations-hastigheten är högre än vad som anses ”normalt”, såväl i returslamluftningen som i de efterföljande kontaktzonerna. I returslamluftningen har nitrifikationshastigheten uppgått till 91 g NH4-N/kg SS, d, och i de efterföljande kontaktzonerna har den uppgått till 68 g NH4-N/kg SS,d. Således har nitrifikationshastigheten varit högre i de båda delstegen än de 25-50 g NH4-N/kg SS, d som man normalt erhåller i konventionellt utformade aktiv slam steg.

Som också förutspåddes blir nitratbelastningen för hög på efterföljande anoxsteg för att man ska hinna denitrifiera allt nitrat. Denitrifikationshastigheten i anoxzonen har varit hög under försöksperioden, 72 g NO3-N/kg SS, d, men detta har inte varit tillräckligt för att hinna denitrifiera allt ammonium. Denitrifikationen har dessutom begränsats av tillgången på organiskt material. För att denitrifiera allt nitrat som bildats i returslamluftningen hade en BOD-mängd på ca 1 100 – 1 900 kg BOD/d krävts. BOD-mängden i inkommande vatten till försökslinjen har endast uppgått till ca 600 kg BOD/d i medeltal. Mot bakgrund av beräknade reaktionshastigheter och tillgången på organiskt kol kan konstateras att det åtgår mer anoxisk volym och mer organiskt material (d v s ett högre inkommande flöde per kubikmeter rejekt-vatten) för att fullständig denitrifikation ska erhållas.

**2. BELASTNING TILL BIOSTEGET**

**2.1 Inkommande flödes- och föroreningsbelastning**

Av tabell 2.1.1nedan framgår belastningen till försöks- respektive referenslinjen. BOD-innehållet i rejektvattnet är försumbart och har därför inte inkluderats i BOD-belastningen till försökslinjen. Angivet inkommande flöde och rejektflödet har beräknats utifrån medelflöde för respektive delström under försöksperioden.



*Tabell 2.1.1: Flödes- och föroreningsbelastning i försedimenterat vatten*

Som framgår av tabellen ovan innehåller rejektvattnet mer ammoniumkväve än inkommande vatten, vilket medför en betydligt högre kvävebelastning på försökslinjen jämfört med referenslinjen. Kvoten BOD – kväve är avgörande för denitrifikationen och därmed avskiljningen av kväve. För fullständig denitrifikation av bildat nitratkväve bör kvoten överstiga 3 och helst vara runt 5. I referenslinjen är kvoten i medeltal 4,4 medan den uppgår till endast 1,1 i försökslinjen. Således är möjligheten till denitrifikation mycket begränsad i försökslinjen.

**3. UTFORMNINGEN AV FÖRSÖKSLINJEN**

**3.1 Försökslinjen**

En av de tre aktiv slamlinjerna, försökslinjen, har omformats till en kontaktstabiliserings-anläggning. För maximal tillväxt av nitrifierare i slamluftningssteget leds ammoniumhaltigt rejektvatten från slamavvattningen till detta steg. Utformningen av försökslinje framgår av figur 3.1.1 nedan.



*Figur 3.1.1: Försökslinjens utformning*

Bassängen är indelad enligt följande:

* Slamluftning 557 m3
* Anox 1 / Anox / Ox 557 m3
* Ox 370 m3
* Deox 187 m3

Under hela försöksperioden har Anox 1 / Anox / Ox körts som en anoxzon, d v s ingen luftinblåsning utan endast omrörning.

Som referenslinje används en av de två återstående aktivslamlinjerna. Utformningen av denna framgår av figur 3.1.2 nedan.



*Figur 3.1.2: Utformning av referenslinjen*

Referenslinjen har haft följande indelning:

* Anox 1 557 m3
* Anox 2 / Anox / Ox 557 m3
* Ox 370 m3
* Deox 187 m3

Under hela försöksperioden har Anox 1 körts som en anoxzon och Anox 2 / Anox / Ox körts som en oxzon.

**4. RESULTAT OCH BERÄKNINGAR**

**4.1 Nitrifikation i slamluftningen**

Till slamluftningen kommer ammoniumrikt vatten från slamavvattningen. Mängden ammonium har, under försöksperioden, uppgått till i medeltal 380 kg NH4-N/d, utifrån ett rejektflöde på 18 m3/h (= 432 m3/d) och en ammoniumhalt på 880 mg/l (se figur 5.1.1 nedan). Utgående ammoniummängd från slamluftningszonen har under perioden uppgått till 15 mg/l, d v s 76 kg/d (=0,015\*(4 667+432)) och därmed har 304 kg NH4-N/d (380-76 = 304 kg/d) nitrifierats. Slamluftningsvolymen har utgjort en tredjedel av den totala biovolymen i ett AS-block, d v s 557 m3. Slamhalten, i slamluftningsdelen, har under försöksperioden uppgått till i medeltal 6 kg/m3 och därmed har mängden slam i slamluftningsdelen uppgått 3 340 kg. Nitrifikationshastigheten har således uppgått till 304\*1 000/3 340 = 91 g NH4-N/kg SS, d,

d v s väsentligt högre än 25-50g NH4-N/kg SS, d som man normalt erhåller i en konven-tionellt utformad aktiv slam anläggning. Vid de extrema förhållanden som råder i slam-luftningszonen, hög ammoniumhalt och hög slamålder, brukar nitrifikationshastigheten bli avsevärt högre än normalt och CRV utgör således inget undantag.

Nitrifikationen i slamluftningen samt i försökslinjens oxzon respektive referenslinjens oxzon framgår av figur 4.3.2 nedan.

**4.2 Denitrifikation i anoxzonen**

Som konstaterats under pkt. 5.2 har 304 kg NH4-N/d i medeltal nitrifierats i returslam-luftningen. Efterföljande anoxzon utgör också en tredjedel av försöksblockets totala volym,

d v s 567 m3. Slamhalten i anoxzonen har i medeltal uppgått till 3,4 kg/m3 under försöks-perioden. För att det bildade nitratet skall hinna reduceras till kvävgas krävs en denitri-fikationshastighet på 158 g NO3-N/kg SS, d (=304\*1000 / 3,4\*567). Normalt uppgår denitri-fikationshastigheten i en aktiv slamanläggning till i medeltal 50-100 g NO3-N/kg SS, d, alltså betydligt lägre än vad som krävs för att hinna denitrifiera allt nitrat som bildats. Detta avspeglas också i genomförda analyser. En del av det bildade nitratet hinner inte denitrifieras utan följer med utgående vatten. I medeltal har 24 mg NO3-N/l inte denitrifierats. Utgående flöde från försöksblocket uppgår till 9 764 m3/d (Inkommande flöde = 4 666 m3/d, rejekt-flödet = 432 m3/d och returslamflödet=4 666 m3/d). Mängden nitrat som inte denitrifierats uppgår således till 234 kg/d (0,024\*9 764 = 234) och mängden nitrat som denitrifierats blir därmed till 139,5 kg/d (373,5 – 234). Denitrifikationshastigheten beräknas därmed till

72 g NO3-N/kg SS, d.

Nitrathalten i de olika strömmarna framgår av figur 5.2.1 nedan.

För att reducera 1 gram nitrat åtgår ca 3-5 gram BOD. För att denitrifiera allt nitrat som bildats i returslamluftningen åtgår således ca 1 100 – 1 900 kg BOD/d (3\*373,5 – 5\*373,5). Inkommande flöde till försökslinjen har i medeltal uppgått till 4 667 m3/d och BOD-halten har i medeltal uppgått till 129 mg/l, vilket medför en BOD-mängd på i medeltal 602 kg/d. Rent teoretiskt räcker denna mängd BOD till denitrifiering av 120 – 200 kg NO3-N/d, vilket stämmer väl med de ca 140 kg NO3-N/d som har denitrifierats.

Mot bakgrund av beräknade reaktionshastigheter och tillgången på organiskt kol kan konstateras att det åtgår mer anoxisk volym och ett högre flöde per kubikmeter rejektvatten för att fullständig denitrifikation ska erhållas.

**4.3 BOD-reduktion och nitrifikation i oxzonen**

BOD-reduktionen har varit likvärdig i de båda linjerna. Utgående BOD-halt har uppgått till 2,9 mg/l i försökslinjen och 2,6 mg/l i referenslinjen, d v s långt under de 10 mg/l som gäller som reningskrav. Utgående halter från de båda linjerna framgår av figuren nedan.



*Figur 4.3.1: Utgående BOD-halt från försöks- respektive referenslinjen*

Det försedimenterade vattnet innehåller i medeltal 28 mg NH4-N/l. Flödet till försökslinjen har i medeltal uppgått till 4 667 m3/d och därmed har försökslinjen belastats med ca 131 kg NH4-N/d. Ammoniumhalten i biobehandlat vatten har i medeltal uppgått till 9 mg/l. Utgående flöde utgörs av inkommande flöde (4 667 m3/d), rejektflödet (432 m3/d) och returslamflödet (4 667 m3/d) och den totala mängden utgående ammonium uppgår således till 88 kg/d. Således har 119 kg NH4-N/d (=131+76-88) reducerats. En del av ammoniumet har åtgått för assimilation, d v s mikroorganismernas naturliga kväveupptag. BOD-mängden efter försedi-menteringen uppgår till ca 3 000 kg/d och av dessa kommer ca 600 kg BOD/d till försöks-linjen. Om man antar en bioslamproduktion på 0,7 kg SS/kg BOD och att kväveassimila-tionen uppgår till 8% kommer 34 kg ammoniumkväve/d (=0,7\*600\*0,08) att reduceras till följd av mikroorganismernas kväveupptag. Mängden ammonium som nitrifieras blir därmed 85 kg NH4-N/d (=119-34). Luftningsvolymen uppgår till ca 370 m3 och slamhalten har i medeltal uppgått till 3,4 kg/m3 under försöksperioden, vilket medför en slammängd på 1 258 kg (=3,4\*370).

Nitrifikationshastigheten har därmed uppgått till 85\*1000/1 258 = 68 g NH4-N/kg SS, d, d v s ca 1,5-3 ggr högre än i en konventionellt utformad aktiv slamanläggning. Den högre nitri-fikationshastigheten hänger troligtvis samman med kontinuerlig inympning av nitrifikations-bakterier från slamluftningssteget.



*Figur 4.3.2: Utgående ammoniumhalt från försöks- respektive referenslinjen*

Utgående ammoniumhalt har i medeltal uppgått till 8,9 mg/l i försökslinjen och 1,4 mg/l i referenslinjen. Som tidigare redovisats, se tabell 2.1.1, har ammoniumbelastning varit ca 3-4 gånger högre i försökslinjen. Detta tros dock inte vara huvudorsaken till de högre halterna av utgående ammonium i försökslinjen. Huvudorsaken tros istället vara att belastningen varierat till försökslinjen till följd av att ett varierande tillflöde av rejektvatten, vilket medfört att belastningen varierat kraftigt till försökslinjen.

**5. SLUSATSER**

Av erhållna resultat kan man konstatera följande:

* Nitrifikationshastigheten i såväl slamluftningen som efterföljande oxzon är avsevärt högre än i en konventionellt utformad aktiv slam anläggning. Vid stabil drift är det tillräckligt med 1/3 av en aktiv slam linje för att nitrifiera allt ammoniumhaltigt rejektvatten.
* Denitrifikationshastigheten i anoxzonen är också högre än normalt. De höga nitrathalterna medför snabbare materialtransport till cellerna och därmed effektivare denitrifikation
* Såväl anoxvolymen som inkommande organiskt material räcker inte till för att kunna denitrifiera allt nitrat i försökslinjen. Därför måste ytterligare aktiv slam linjer byggas om på samma sätt som försökslinjen, alternativt kan extern kolkälla doseras. Dosering av extern kolkälla medför dock betydligt högre driftkostnad, varför en ombyggnad av resterande två AS-linjer förordas.
* Genom att bygga om resterande två AS-linjer kan mer försedimenterat vatten ledas till AS-delen, vilket skulle medför en lägre belastning på BB-linjerna och därmed en förbättrad funktion av dessa.