

CHALMERS



Nitratbelastningens påverkan på denitrifikationskapaciteten

– utförd på Gryaabs MBBR-anläggning

The influence of the nitrate load on the denitrification capacity

– performed at Gryaabs MBBR-plant

Examensarbete inom kemiingenjörsprogrammet högskoleingenjör

Jenny Eriksson

Institutionen för Kemi- och bioteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2011

Sammanfattning

Gryaab AB som driver Ryaverket i Göteborg har utökat sin vattenrening med en ny kväve- och fosforavskiljningsanläggning för att kunna uppnå de nya gräns- och riktvärdena gällande utsläpp av kväve och fosfor. Riktvärdena för de nya villkoren är 0,3 mg/l fosfor och 10 mg/l kväve i utgående vatten per kalenderår, och de nya kraven börjar gälla år 2011 för Gryaab. Den nya kvävereningen är en efterdenitrifikationsanläggning (ED), där bakterier växer på ett suspenderande bärmaterial, så kallad MBBR-teknik (Moving Bed Biofilm Reactor). Då denna typ av biologisk reningsteknik är relativt ny finns inte så mycket kunskap om hur man rent kapacitetsmässigt driver den effektivast. ED-anläggningen på Ryaverket har sex denitrifikationslinjer, där varje linje indelad i tre reaktorzoner. Första zonen är utformad att både kunna användas som nitrifikation- och denitrifikationszon.

Examensarbetet syftar till att studera hur olika nitratbelastningar påverkar denitrifikationskapaciteten. Metoden för att studera kapaciteten bygger på att ha en testlinje med låg nitrat belastning, 85 NO₃ kg/dygn och en referenslinje med hög nitratbelastning, 288 NO₃ kg/dygn . En flödesstyrning baserad på en fast vald nitratbelastning in till linjen reglerar flödet beroende på inkommande nitratkoncentration. Denitrifikationkapacitetstester utförs för att studera förändringarna i kapaciteten vid ändrad nitratbelastning. Testerna är labbskaligt utformade för att simulera likvärdig miljö som ute på anläggningen, syrefritt och bärmaterialet under konstant suspension. Testerna visar denitrifikationshastigheten hos bakterierna i ED-anläggningen, och därmed fås kapaciteten. Under 10 veckor studerades denitrifikationskapaciteten på ED-anläggningen, första försöksperioden hölls testlinjen lågt belastad, därefter följde en period där belastningen lades om till hög. Slutligen en period där belastningen återigen var låg. Referenslinjen var under hela studien högt nitratbelastad, 288 NO₃ kg/dygn.

Resultatet visar att vid låg nitratbelastning avtar kapaciteten i 13-14 dagar för att därefter stabilisera sig. Repeterbarhet vid låg nitratbelastning finns och med en nitratbelastning på 85 NO₃ kg/dygn stabiliserar sig kapaciteten i studien vid ca 1,1-1,3 gN/m²/d.

Vid försök med hög nitratbelastning, 288 NO₃ kg/dygn har kapaciteten redan efter 9 dagar stigit från ca 1,1 gN/m²/d till 1,8 gN/m²/d. Den högsta noterade denitrifikationskapacitet som uppmättes var 2,2 gN/m²/d.

Nyckelord- kväverening, denitrifikation, MBBR, nitratbelastning, denitrifikationskapacitet

Abstract

Gryaab AB, which runs the Rya plant in Gothenburg has expanded its wastewater treatment plant with a new nitrogen and phosphorus removal facility, this in order to achieve the new target values concerning emissions of nitrogen and phosphorus. The new conditions is 0.3 mg/l phosphorus and 10 mg/l nitrogen in the effluent per calendar year. The new nitrogen removal is a post-denitrification plant where bacterias are growing in suspended carriers, so called MBBR-technology. Since this type of biological treatment technology is relatively new there is not so much knowledge about how to operate it to obtain the most effective capacity. The post-denitrification plant at the Rya has six denitrification lines, each line consists of three reactor zones. First zone is designed to be used both as a nitrification- and denitrifikation zone.

The thesis aims to study how different nitrate load affects the denitrification capacity. The method for studying the capacity is based on having a test line with low nitrate (NO_3) load, 85 NO_3 kg / day and a reference line with a high nitrate load, 288 NO_3 kg / day. A flow control is used to give a constant nitrate load to the line by regulating the flow of the incoming nitrate concentration.. Denitrification tests are performed to study the changes in the capacity when the nitrate load is altered. The tests are designed to to simulate the condition in the full-scale plant, i.e. oxygen free environment and the carriers under constant suspension. The tests shows the denitrification rate of the bacteria in the post-denitrification plant, and thus the denitrification capacity. During 10 weeks the denitrification in the post-denitrification plant were studied. The first experimental period the test-line had low nitrate load, followed by a period in which the test-line had high nitrate load, and finally a period in which the nitrate load was again low. The reference line had during the study high nitrate load, 288 NO_3 kg/day.

The results show that at low nitrate load the capacity diminishes for 13-14 days and then stabilizes. Repeatability at low nitrate load exists and with a nitrate load of 85 kg NO_3 / day the capacity stabilizes at approximately 1,1- 1,3 $\text{gN/m}^2/\text{d}$.

In the study with high nitrate load, 288 NO_3 kg/day the capacity has already increased after 9 days from about 1,1 to 1,8 $\text{gN/m}^2/\text{d}$. The highest denitrification capacity value observed was 2,2 $\text{gN/m}^2/\text{d}$.

Keywords- nitrogen removal, denitrification, MBBR, nitrate load, denitrificationscapacity

Förord

Examensarbetet är utfört på efterdenitrifikationsanläggningen på Ryaverket i Göteborg i uppdrag av Gryaab AB. Examensarbetet omfattar 16,5 högskolepoäng och är det avslutande momentet på kemiingenjörsprogrammet på Chalmers Tekniska Högskola (CTH)

Jag skulle vilja tacka min examinator Ulf Jäglid från Chalmers för all hans support. Ett stort tack till min handledare på Gryaab Maria Neth för all hennes hjälp och vägledning.

Jag vill dessutom tacka personalen på Ryaverket som förgyllt min examensarbetstid. Speciellt tack till personalen på laboratoriet som hjälpt mig med mina analyser och till styrteknikerna som konstruerat styrningen för valbar nitratbelastning på efterdenitrifikationsanläggningen.

Jenny Eriksson

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	1
1.1. BAKGRUND	1
1.2. SYFTE	1
1.3. METOD.....	2
1.4. AVGRÄNSNINGAR.....	2
2. BIOLOGISK KVÄVERENING AV AVLOPPSVATTEN.....	3
2.1. NITRIFIKATION	3
2.2. DENITRIFIKATION.....	3
2.2.1. Miljöfaktorerers påverkan på denitrifikation	4
3. RYAVERKET I GÖTEBORG	5
3.1. EFTERDENITRIFIKATIONSANLÄGGNINGEN (ED)	7
4. FÖRSÖKSUPPLÄGG	9
4.1. NITRATBELASTNING	9
4.1.1. Styrningen för valbar NO ₃ belastningen på ED-linjerna.....	10
4.2. PROVTAGNING.....	10
4.2.1. Denitrifikationskapacitetstester	11
4.2.2. Stickprover	13
5. ANALYSMETODER.....	14
5.1. BESTÄMNING AV NITRAT, NITRIT OCH AMMONIUM.....	14
5.2. BESTÄMNING AV FOSFATFOSFOR.....	14
5.3. BESTÄMNING AV COD _{CR} , KEMISK SYREFÖRBRUKNING.	14
5.4. BESTÄMNING AV DO HALTEN	14
6. RESULTAT	15
6.1. DENITRIFKATIONSKAPACITET	15
6.2. DENITRIFIKATIONSHASTIGHET	17
7. DISKUSSION.....	18
8. SLUTSATSER.....	20
9. REKOMMENDATIONER.....	20
Figur 1 Processchema över Ryaverket.....	6
Figur 2. Processchema över biologisk kväverening.....	7
Figur 3. Schematisk bild över ED-anläggningen.	8
Figur 4 Valbar funktion för flödesstyrning av linje 5 och 6	10
Figur 5. Bild på hur denitrifikationskapacitetstester i denna studie såg ut.	12
Figur 6. Schema över provtagning i denitrifikationskapacitetstesterna.	12
Figur 7. Tid-koncentrationskurva av prover från denitrifikationskapacitetstester.	13
Figur 8. Låg nitratbelastning.....	15
Figur 9. Hög nitratbelastning.....	16

Figur 10. Låg nitratbelastning.....	16
Figur 11. Denitrifikationskapaciteten över hela försöksperioden.....	17
Figur 12. Denitrifikationshastigheten över hela försöksperioden.....	18
Figur 13. Resultat på denitrifikationskapaciteten på testlinjen under försöksperioden.....	19
Figur 14. Jämförande bild på DNR och DNC.....	19

Bilaga 1. Processchema över Ryaverket i Göteborg (förstorat)

Bilaga 2. Data över denitrifikationskapacitetstesterna.

1. Inledning

Gryaab AB (Göteborgsregionens Ryaverksaktiebolag) driver Ryaverket som ansvarar för avloppsvattenreningen i Göteborgsregionen. Gryaab ägs av kommunerna Göteborg, Ale, Partille, Lerum, Kungälv, Härryda och Mölndal. Avloppsvatten innehåller näringsämnen kväve och fosfor, men även organiskt material. För mycket kväve och fosfor kan ge upphov till eutrofiering, eller övergödning, som orsakar igenväxning av sjöar och hav.

Övergödningen i sin tur leder till syrebrist i sjöar och hav vid nedbrytning av organiskt material. Utsläppsgränserna på kväve i avloppsvatten har under de senaste årtionden blivit allt hårdare och föroreningsutsläpp till våra hav har blivit en mycket aktuell fråga i dagens samhälle. Kväveavskiljning på avloppsreningsverk baseras på biologiska processer, där mikroorganismer omvandlar kvävet d.v.s. ammonium till kvävgas via nitrifikation och denitrifikation. Biofilmsprocesser blir allt vanligare inom kväveavskiljning, vilket bygger på att mikroorganismerna växer på en fast yta eller på ett suspenderat bärrmaterial. Dessa biofilmsprocesser är mycket yt- och kostnadseffektiva, och är ett bra alternativ eller komplement till den vanliga aktivslamprocessen. Men för att kunna utnyttja dessa processer så effektivt som möjligt krävs mer kunskap om förutsättningarna för dem och hur man processmässigt styr dem.

1.1. Bakgrund

För att Ryaverket i Göteborg ska uppnå rikt- och gränsvärdena på kväve och fosfor har en utbyggnad av det befintliga verket gjorts. En skivfilteranläggning för fosforavskiljning och ED-anläggning för kväverening. De nya villkoren är ett gränsvärde för fosfor på 0,3 mg/l och ett riktvärde för kväve på 10 mg/l i utgående vatten per kalenderår. De nya villkoren börjar gälla år 2011 för Gryaab. ED-anläggningen består av så kallad MBBR-teknik, Moving Bed Biofilm Reactor. Avsikten med anläggningen är att avlasta aktivslambassängerna vid hög belastning och dessutom öka Ryaverkets kväveavskiljningskapacitet. Efter att det förorenade vattnet nitrifierats leds det först och främst till aktivslambassängerna för denitrifiering men om aktivslambassängernas belastning är för stor kan vattnet ledas till ED-anläggningen för kväverening. Den nya ED-anläggningen invigdes sommaren 2010, då anläggningen är ny finns fortfarande mycket att lära om hur den styrs optimalt. Till exempel hur man bibehåller hög denitrifikationskapacitet även vid låga nitrat (NO_3) flöden samt hur man anpassar anläggningen vid höga och låga flöden. För att utöka kunskapen om anläggningen krävs att man studerar hur den uppträder kapacitetsmässigt vid varierande massflöden av nitrat.

1.2. Syfte

Examensarbetet syftar till att bestämma hur denitrifikationskapaciteten ändras vid olika belastningar av nitrat till ED-anläggningen. Resultatet ska ligga till grund för strategin för hur ED-anläggningen ska köras över längre tidsperioder.

1.3. Metod

Studien bygger på att ha en fast vald nitratbelastning på en testlinje och en referenslinje. Testlinjen har låg nitratbelastning och referenslinjen har konstant hög nitratbelastning. En flödesstyrning baserad på en fast vald nitratbelastning reglerar inflödet beroende på nitratkoncentrationen av inkommande vatten till ED-anläggningen. På så sätt uppnås den valda nitratbelastningen kontinuerligt oavsett om koncentrationen av inkommande flöde varierar¹. Den förändrade kapaciteten på denitrifikationen när en linje är lågt respektive högt belastad studeras med denitrifikationskapacitetstester² på labb. Genom att studera förändringarna i denitrifikationskapaciteten från hög belastning till låg nitratbelastning kan man få reda på hur snabbt kapaciteten avtar alternativt kvarhålls. Återhämtningen av kapaciteten kan sedan följas genom att ändra nitratbelastningen till hög.

Undersökningarna utfördes på Ryaverket i Göteborg vintern v. 48, 2010 - v. 5, 2011. Försöksperioden varade i totalt 10 veckor.

1.4. Avgränsningar

Studien omfattar enbart undersökning utförda på test- och referenslinjen på ED-anläggningen. Tester på denitrifikationskapaciteten är utförda i den andra zonen av försökslinjerna, inga kapacitetstester är utförda på första eller tredje zonen i denna studie.

¹ Se avsnittet 4.1.1.

² Utförande av denitrifikationskapacitetstesterna se avsnitt 4.2.1.

2. Biologisk kväverening av avloppsvatten

Kvävet i avloppsvatten förekommer främst i form av ammonium, där urinämnen eller organiska föreningar bryts ner till ammonium via oxidation (Persson och Nilsson, 2004). Med biologisk rening, nitrifikation och denitrifikation, renar man med hjälp av mikroorganismer bort kväveämnena i vattnet. Alla organismer behöver kväve för sin uppbyggnad men en del bakterier kan använda kväveföreningar i sin energiomsättning. Vid nitrifikation används kväveföreningar som energikälla medan i denitrifikation används de i elektrontransportkedjan. Kvävereduktion sker även i form av assimilation, där mikroorganismerna upptar kväve vid nybildandet av biomassa (Henze et al., 2002 ; Persson & Nilsson, 2004). Viktigt att notera är att assimilationen är ytterst liten.

2. 1. Nitrifikation

Nitrifikation är en två stegs biologisk process där ammonium oxideras till nitrit, och nitrit sedan oxideras till nitrat (Metclaf och Eddy, 2003). Processen utförs av nitrifierade bakterier som använder löst syre i vattnet för att oxidera ammoniumet.

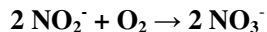
Totala nitrifikation reaktionen:



Första steget av del reaktionen utförs vanligen av Nitrosomonas:



Andra steget i del reaktionen utförs vanligen av Nitrobacter:

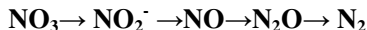


Nitrifikation sker i mycket syrerika miljöer, nitrifikation är en surgörande process, som fungerar bäst vid pH 7,5-8 och försämras kraftigt vid lägre pH än 6,8 (Metclaf och Eddy, 2003). Tillväxtprocessen för nitrifierade bakterier är relativt långsam och de är starkt temperaturberoende.

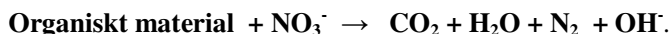
2.2. Denitrifikation

Denitrifikation utförs av fakultativt aeroba bakterier som normalt använder syre som oxidationsmedel men även kan använda nitrat som oxidationsmedel. Bakterierna använder nitrat som elektronacceptor i respirationskedjan. Förutsättningarna för denitrifikation är att vattnet ska vara syrefattigt, ingen tillgång på löst bundet syre. Bakterierna använder då syret bundet till kvävet i NO_3 och kvävet reduceras till kvävgas (Metclaf och Eddy, 2003). Bakterierna behöver dessutom tillgång till nedbrytbart organiskt material, följaktligen en kolkälla samt fosfor för sin celluppbyggnad.

Schematisk reaktionsformel för denitrifikation:



Denitrifikationsreaktionen:



2.2.1. Miljöfaktorers påverkan på denitrifikation

Energikälla

Denitrifikationsbakterierna behöver en kolkälla för energi och även fosfor för sin celluppbyggnad. Denitrifikationsbakterierna kan använda sig av det naturligt förekommande kolet i avloppsvatten. I vissa reningssteg är majoriteten av det lättillgängliga kolet redan förbrukat (se figur 2) och därmed behövs en extern kolkälla doseras (Persson & Nilsson, 2004).

Syre, DO (dissolves oxygen)

Förutsättningen för denitrifikation är att miljön är syrefattig då syre inhiberar denitrifikationsprocessen. Om löst syre finns i vattnet kommer bakterierna använda det syret istället för det bundna syret i nitraten (Metclaf och Eddy, 2003).

Temperatur

Denitrifikationsprocessen är temperaturberoende. Låga temperaturer resulterar i försämrad förmåga att denitrifiera. Denitrifikationshastigheten ökar linjärt med stigande temperatur inom intervallet 5-30 °C (Henze et al., 2002)

pH

Denitrifikationsprocessen fungerar optimalt vid pH 7-9. När pH <7 ökar förutsättningarna för att slutprodukten istället blir nitritoxid, vilket är en starkt giftig gas (Henze et al., 2002).

Alkalinitet

Alkalinitet är ett mått på vattnets buffertförmåga, man mäter vattnets förmåga att tåla tillskott av oxoniumjoner utan att genomgå en pH minskning. Denitrifikationsprocesser ökar alkaliniteten i vattnet och för varje gram nitratkväve (NO₃-N) reducerat produceras 3,75 g alkalinitet, i form av CaCO₃, (Metclaf och Eddy, 2003) .

3. Ryaverket i Göteborg

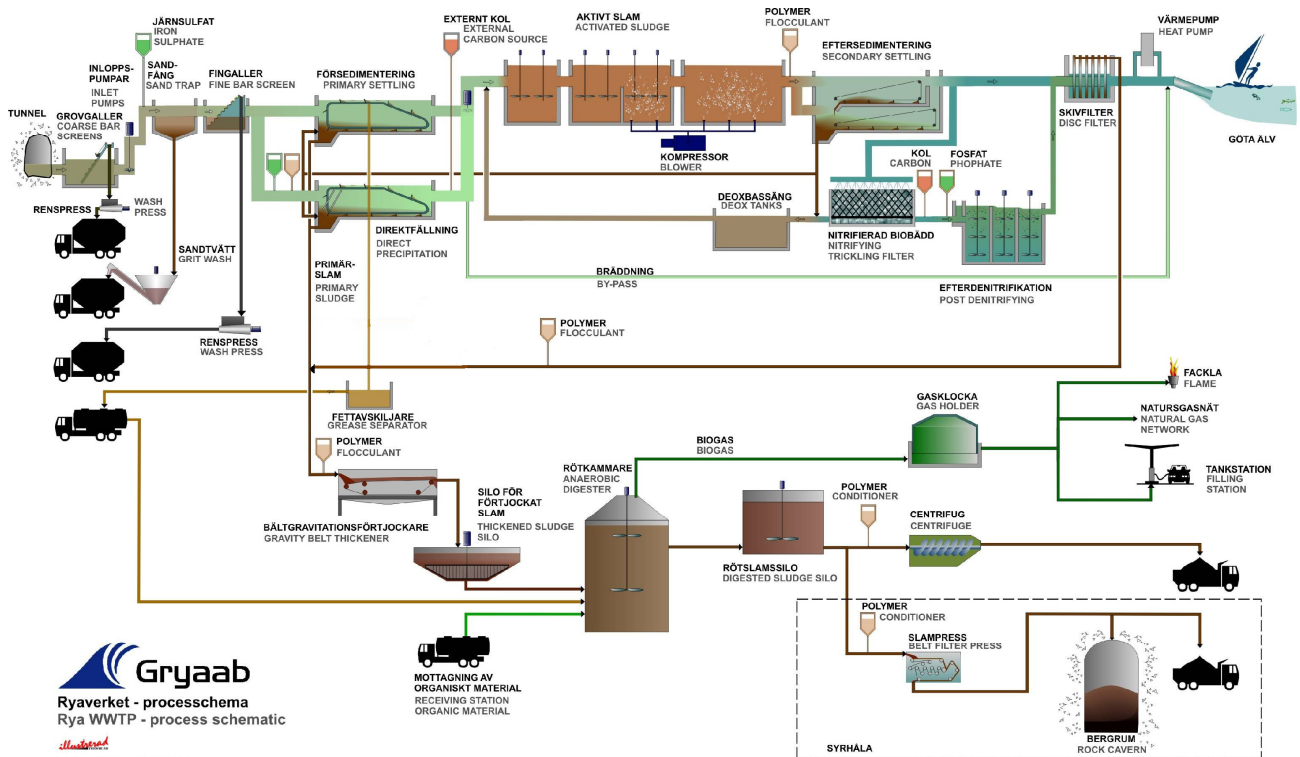
På Ryaverket renas avloppsvattnet med hjälp av mekaniska, kemiska och biologiska processer. Processschema för Ryaverket visas i figur 1 (samt en förstoring i bilaga 1).

Avloppsvattnet når Ryaverket via ett 130 km långt tunnelsystem, ca 20 meter under marknivå. Först passerar vattnet ett grovgaller som är 20 mm brett, här avlägsnas större objekt som papper och trasor. Vattnet pumpas därefter m.h.a 4 stycken pumpar upp till marknivå och leds genom ett sandfång, där sand och grus sjunker till botten. Därefter passera vattnet genom ett fingaller (2 mm) för att få bort mindre föremål som tops, snus etc. Vattnet fördelas sedan i 12 stycken försedimenteringsbassänger. Här avskiljs fasta partiklar från vattnet som primärslam.

Slammet från försedimenteringsbassängerna förtjockas i en bältgravitationsförtjockare. Från förtjockarna pumpas slammet till röt-kammarna. I röt-kammarna genomgår slammet en biologisk nedbrytningsprocess där bakterier bryter ner slammet i en 37 ° C under syrefri miljö. I röttningsprocessen bildas biogas, vilket består av metan (CH₄) och koldioxid (CO₂). Det rötade slammet avgasas och mellanlagras sedan i slamsilon. Biogasen som bildas i röttningsprocessen avskiljs i toppen på röt-kammaren och transporteras till en gasklocka där gasen hålls under konstant tryck. Efter slamsilon pumpas slammet till centrifugerna för slamavvattning. Rejektvatten från slamavvattningen är mycket ammoniumrikt och tillförs till biobäddarna för nitrifiering.

Efter försedimenteringsbassängerna kan vattnet bräddas till utloppstunneln eller ledas vidare till aktivslambassängerna. Vid bräddning fälls fosfor ut genom att dosera polyaluminiumklorid (PAC) och vattnet leds därefter direkt ut i Göta älv. Bräddning sker då inkommande flöde överstiger den maximala biologiska kapaciteten för Ryaverket. Innan försedimenteringsvattnet når aktivslambassängerna doseras löst järnsulfat till vattnet för att fälla ut fosfor. Järnsulfaten gör att fosfor flockas och sedan lättare sedimenterat i eftersedimenteringsbassängerna. Men innan vattnet rinner ut i aktivslambassängerna blandas det med returslam och recirkulerat nitratrikt vatten från biobäddarna. Aktivslambassängerna är indelade i två zoner, oluftad eller luftad. Den oluftade delen är försedd med omrörare och här sker denitrifikation. Bakterierna använder nitraten i vattnet för sin respiration istället för syre och omvandlar nitraten till kvävgas. Därefter följer en del som antingen kan vara oluftad och luftad, på så sätt kan den oluftade delen variera mellan 40 % till max 60 %. Den sista delen är alltid luftad, här bryter bakterierna ner organiskt material med hjälp av syret i vattnet. Efter aktivslambassängerna leds vattnet till 24 eftersedimenteringsbassänger där slammet från aktivslambassängerna avskiljs som returslam. Returslammet återförs till aktivslambassängerna, en liten del tas ut som överskottslam och pumpas till försedimenteringsbassängerna för att avskiljas med primärslammet. Vattnet från eftersedimenteringen leds till skivfilteranläggningen för fosfor och partikelavskiljning innan det sedan släpps ut i Göta älv. En del av det renade vattnet från eftersedimenteringen leds till biobäddarna för nitrifikation. Efter biobäddarna recirkuleras en del av det nitrifierade vattnet tillbaka till aktivslambassängerna. Resterande av det nitrifierade vattnet leds till ED-anläggningen som renar vattnet med så kallad MBBR-teknik. Bakterier växer på ett bärarmaterial som hålls suspenderat m.h.a. omrörare och omvandlar nitraten till kvävgas via denitrifikation. ED-anläggningen är till för att avlasta aktivslam och eftersedimenteringsbassängerna, och öka kväveavskiljningen på verket. Vattnet från ED-anläggningen leds till skivfilteranläggningen för fosfor och partikelavskiljning.

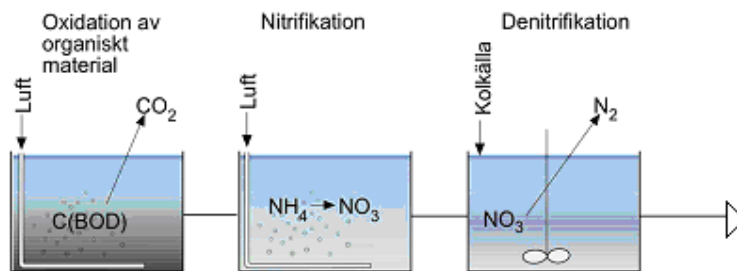
Skivfilteranläggningen tar emot vatten från både ED-anläggningen och eftersedimenteringsbassängerna. Skivfilteranläggningen består av 32, med plats för 40 skivfiltermaskiner. Ett skivfilter består av en roterande trumma med uppspända sildukar med 15 µm stora hål. Skivfilterna avskiljer partiklar som inte sedimenterat i eftersedimenteringsbassängerna och biofilms-flagor som lossnat från ED-anläggningen. Det reade vattnet släpps sedan ut i Göta älv.



Figur 1 Processchema över Ryaverket

3.1. Efterdenitrifikationsanläggningen (ED)

I och med allt strängare krav på kväveutsläpp har Ryaverket utökat sin kväveavskiljning med en ny anläggningsdel med efterdenitrifikation. Ju mer vatten som kan återcirkuleras till biobäddarna desto bättre kväverening, dock leder det till att mer vatten måste ledas genom aktivslam- och eftersedimenteringsbassängerna (figur 2). Detta bidrar till att aktivslam och eftersedimenteringen begränsar mängden vatten som kan återcirkuleras och därmed begränsar kapaciteten för hela verket. ED-anläggningen avlastar aktivslam- och eftersedimenteringsbassängerna då en del av det nitrifierande vattnet från biobäddarna leds till ED-anläggningen istället för aktivslambassängerna för denitrifiering.

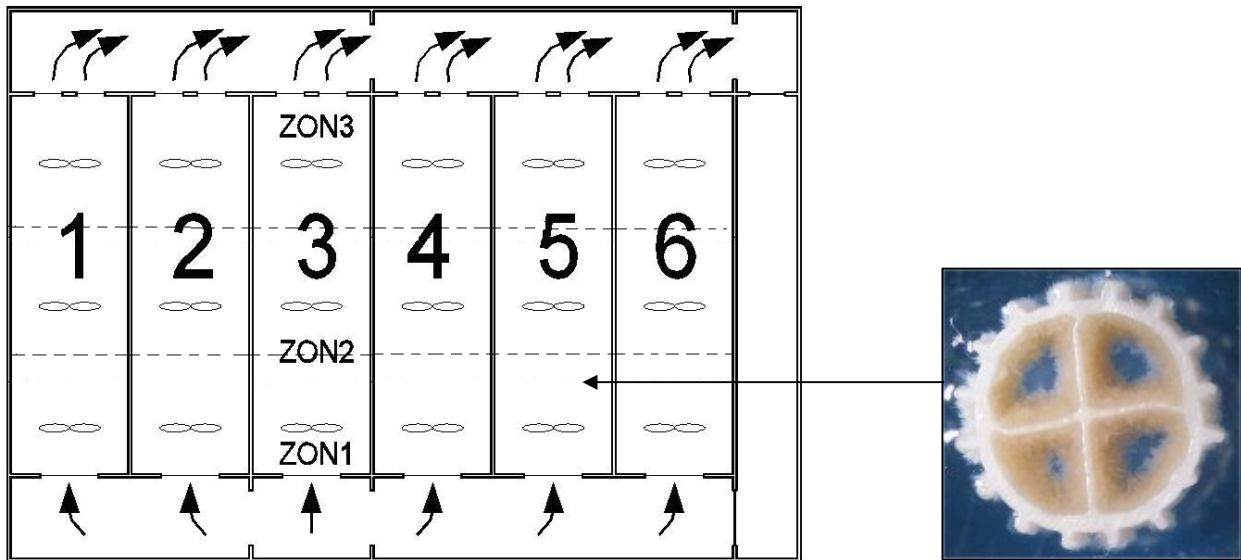


Figur 2. Processchema över biologisk kväverening.

ED-anläggningen på Ryaverket avlägsnar kvävet med hjälp av så kallad MBBR-teknik (AnoxKaldnes, 2011). Det nitrifierade vattnet från biobäddarna pumpas till ED-anläggningen. Vattnet fördelas i sex linjer där varje linje är indelad i tre reaktorer, så kallade zoner, figur 3. Första zonen är utformad att fungera som både som nitrifikation- och denitrifikationzon medan andra och tredje zonen enbart är utformade för denitrifikation. Nitrifikationen i första zonen sker genom att rejektvatten doseras till det syrerika nitrifierade vattnet från biobäddarna. Nitrifikationsbakterierna i första zonen nitrifierar ammoniumet i vattnet och därmed reduceras halten löst syre. Detta leder till att man kan få väldigt låga halter löst syre in till denitrifikationen, man ökar dessutom nitrathalten. Vilket resulterar i sänkta kostnader för extern koldosering (A. Mattsson, Gryaab 2008; L. Björnsdotter, 2004.). När vattnet når ED har större delen av det lättillgängliga organiska materialet avlägsnats (se figur 2) och en extern kolkälla³ måste doseras så att bakterierna kan använda det bundna syret i nitraten och omvandla det till kvävgas. Koldoseringen sker i andra zonen och mängden kol som doseras baseras på en C/N-kvot liggandes runt 4. Teoretisk kvot för fullständig denitrifikation är 2,86 (Metclaf och Eddy, 2003).

³ Vanliga externa kolkällor är etanol, metanol eller acetat.

ED-linjerna är fyllda med ett rörligt bärrmaterial (typ Kaldnes K1 heavy). På bärrmaterialets insida växer bakterier som utgör en så kallad biofilm. Bärrmaterialet är designat för att ge god masstransport av substratet och de hålls under konstant suspension genom mekaniska omrörare (AnoxKaldnes, 2011). Att fylla bassängerna med bärrmaterial förstör ytan i tanken, skapar bättre kontakt mellan substratet och bakterierna vilket leder till bättre stimulering av biofilmstillväxten (A. Mattsson, Gryaab 2008). Ett silgaller skiljer zonerna åt där vattnet kan passera men bärrmaterialet stannar kvar (Se figur 3). Fosforsyra som är viktig för bakteriernas celluppbyggnad doseras även in till anläggningen, fosforsyran doseras i inkommande kanal till ED-anläggningen.



Figur 3. Schematisk bild över ED-anläggningen.

ED-anläggningen har sex linjer, varje linje indelade i tre reaktorzoner fyllda med bärrmaterial (K1 heavy). Varje zon är försedd med omrörare som håller bärrmaterialet suspenderat. Silgaller skiljer zonerna åt och hindrar bärrmaterialet från att passera mellan zonerna.

4. Försöksupplägg

4.1. Nitratbelastning

Försöken bygger på att studera hur denitrifikationskapaciteten på ED-anläggningen ändras vid låg nitratbelastning. För att kunna hålla en linje lågt eller högt nitratbelastad skapades en styrning för fast vald nitratbelastning till andra zonen i de gällande linjerna. Styrningen höll en fast vald belastning genom att reglera inflödet till linjerna baserat på nitratkoncentrationen i det inkommande vattnet. Testlinjen, linje 5 hade en låg nitratbelastning medan referenslinjen, linje 6 hade en hög nitratbelastning. Den låga och höga nitratbelastningen valdes baserat på ett medelvärde av nitratkoncentration och ett lågt respektive högt flöde till ED-anläggningen. Koncentrationen av nitrat i det inkommande vattnet är ca 10-12 mg/l. Nitratkoncentrationen är något högre vid lågt inkommande flöden i jämförelse med höga flöden. Då nitratkoncentrationen är högre vid låga flöden valdes en nitratkoncentration på 12 mg/l vid beräkningarna av belastning med ett lågt flöde. Medan vid beräkningarna av belastningen vid det höga flödet valdes en nitratkoncentration på 10 mg/l.

Nitrat (NO₃) belastning = Q * C (kg/dygn)

Q = flöde (m³/dygn)

C = nitratkoncentration (medelvärde) av inkommande flödet (kg/m³)

Det minsta inkommande flöde till ED-anläggningen är 0,5 m³/s ≈ 43200 m³/dygn, fördelat på sex linjer: 43200/6 = 7200 m³/dygn per linje.

Q = 0,51 m³/s ≈ 7200 m³/dygn

C = 12 mg/l ≈ 0,012 kg/m³

=> Låg nitratbelastning = 7200 * 0,012 = 85 NO₃ kg/dygn

Ett högt inkommande flöde till ED-anläggningen är 2 m³/s ≈ 172800 m³/dygn, fördelat på sex linjer: 172800/6 = 288000 m³/dygn per linje

Q = 2 m³/s ≈ 288000 m³/dygn

C = 10 mg/l ≈ 0,010 kg/m³

=> Hög nitratbelastning = 288000 * 0,010 = 288 NO₃ kg/dygn

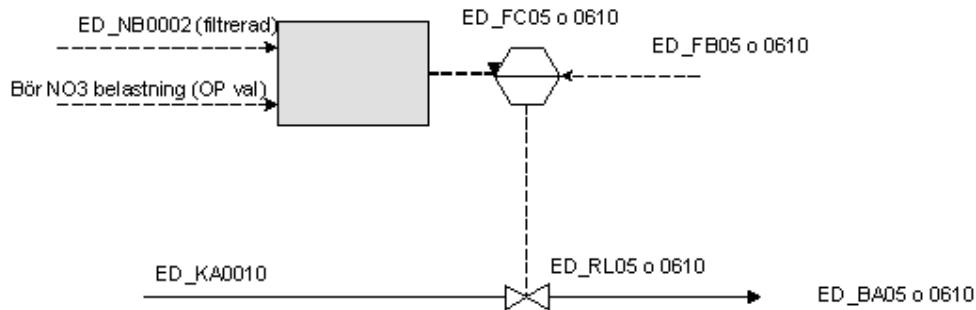
4.1.1. Styrningen för valbar NO₃ belastningen på ED-linjerna

För linje 5 och linje 6 finns en valbar funktion för flödesstyrning baserat på en operatör satt önskad nitratbelastning, se figur 4. Den operatör satta nitratbelastningen, för NO₃ belastning anges i kg/d och ger tillsammans med NO₃-koncentrationen in till zon 2 (filtrerad),

ED_NB0002, det önskade flödet till regulatorerna **ED_FC0500** respektive **ED_FC0600** enligt:

Önskat flöde till ED_FC0500/0600 = (Bör NO₃ belastning/(24*3,6))/ED_NB0002 (filt).

Insignal till dessa regulatorer är även flödena **ED_FB0500** och **ED_FB0600**, flödena till linje fem och sex, och utsignal önskad nivå till reglerluckorna **ED_RL0510** och **ED_RL0610**.



Figur 4. Valbar funktion för flödesstyrning av linje 5 och 6

4.2. Provtagning

För att bestämma kapaciteten på test- och referenslinjen utförs denitrifikationskapacitetstester på andra zonen. Testerna sker under likvärdiga miljöförhållanden som i den fullskaliga anläggningen, dvs. bärrarmaterialet hålls under konstant suspension och provvattnet är helt anoxiskt. Bärrarmaterial från andra zonen hämtas ute på test- och referenslinjen och inkommande ED vatten hämtas på ED kontrollstation. För en detaljerad beskrivning av utförande se avsnitt 4.2.1.

Vid start av försöksperioden kunde man konstatera att det fanns vissa felaktigheter i metoden, volymen metanol var inte tillräcklig vilket resulterade i begränsningar i denitrifikationskapaciteten (Bilaga 2). Den teoretiska C/N kvoten för fullständig denitrifikation ligger på 2.86 (Metclaf och Eddy, 2003). Innan korrigeringen av volymen kolkälla (metanol) till denitrifikationskapacitetstesterna var volymen på 65 µl vilket motsvara en kvot på 1,5. En kvot på 2.86 motsvarar enligt beräkningar en volym på 116 µl metanol. Men för att inte ha någon form av begränsning p.g.a. låg kolkälla användes en initial kvot på 5, vilket motsvarande ca 200 µl metanol (se beräkning nedan). Metoden korrigerades och dessutom ändrades provtagningsintervallet. Tidigare togs prov ut varje timma men efter korrigering varje halv timma.

C/N- kvot

$$V_{\text{nitrat}} = 25 \text{ ml}$$

$$C_{\text{NO}_3} = 1000 \text{ mg/l}$$

$$m_{\text{NO}_3} = C * V = 1000 * 0,025 \text{ mg} = 25 \text{ mg}$$

$$C/N\text{-kvot} = 5 \Rightarrow 25 * 5 = 125 \text{ mg COD}$$

$$\text{Metanol densitet} = 0,791 \text{ g/cm}^3$$

$$1 \text{ g metanol} = 1,5 \text{ g COD}$$

$$\text{COD metanol} = 0,791 * 1,5 = 1,1865 \text{ gCOD/ml}$$

$$\text{Volym bärrmaterial} = (0,14 * 0,5) = 0,07$$

$$\text{Total volym avloppsvatten} = 2,01 - (0,14 * 0,5) = 1,94/1000 = 0,00194$$

$$V_{\text{metanol}} = (125 * 0,00194) / 1,1865 = 0,204 \text{ ml} \approx 200 \mu\text{l}$$

Dagligen tas stickprover ut från varje zon på försökslinjerna där man analyserar koncentrationerna av nitrat, nitrit och ammonium. Online mätningar i styrprogrammet Delta V görs även dagligen som jämförs med stickproven. Även COD_{cr} och PO₄ analyser utförs på stickproverna och denitrifikationskapacitetsproverna. Detta för att överse så att inget begränsar kapaciteten under studietiden. Det vill säga att bakterierna har tillräcklig med kolkälla och fosfor för sin cellbyggnad. Mätningar av syrehalten görs för att se så inte halten är för hög då fritt syre inhiberar denitrifikationsprocessen.

4.2.1. Denitrifikationskapacitetstester

Vid kapacitetstesterna kontrolleras denitrifikationshastigheten under anoxiska förhållanden med överskott av nitrat och kol (metanol). Kvävgas bubblas genom testet 10 min före samt under testet för att hålla det anoxiskt. Nitrat och metanol tillsätts därefter och avtagandet av nitrathalten mäts under 3 timmar genom att prov tas ut i jämna intervall, figur 5. Detta ger denitrifikationshastigheten hos bakterierna i ED-anläggningen.



Figur 5. Bild på hur denitrifikationskapacitetstester i denna studie såg ut. 2 liters e-kolvar med kvävgasinblåsning och magnetomrörare. Kolvarna fyllda med bärrmaterial från försökslinjerna och vatten från ED-anläggningen.

Instruktion för utförandet av denitrifikationskapacitetstesterna

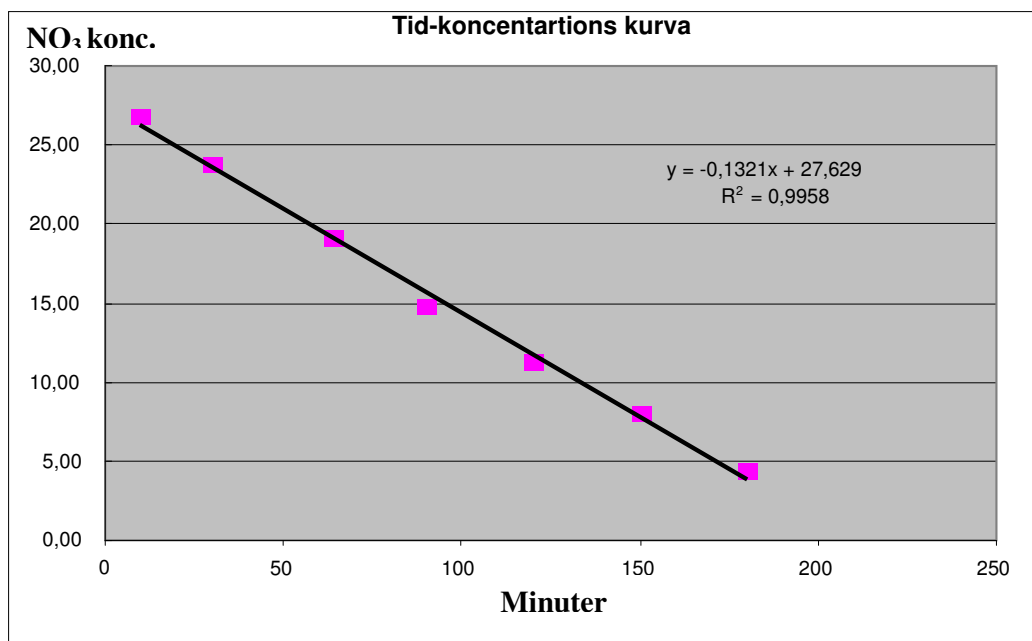
- Tag ca 1 liter bärrmaterial från andra zonen på test- och referenslinjen m.h.a. en håv.
- Tag ca 5 l inkommande vatten till ED från vanna (ED_TA9920) i kontrollstation på ED.
- Mät upp 500 ml bärrare i en e-kolv . Fyll upp med vatten från ED till ca 2 l. Starta magnetomrörning och kvävgasinblåsning. Vänta 10 min så att provet är helt anoxiskt. Ta ut prov för att bestämma bakgrundshalt av nitat, ammonium och filtrerat COD.
- Tillsätt 25 ml NO₃-stamlösning med koncentration 1000 mg/l och 200 µl 100 %-ig metanol. **Starta tidtagning.**
- Tag ut prov enligt schemat nedan. Ca 30 ml prov tas ut med spruta och filtreras för NO₃-, NH₄- och COD_{cr}- analys.
- Efter avslutat test tas prov ut för PO₄-analys. Bärrmateriallet återförs till den zon i ED de togs ifrån.

Provnummer	Tag ut prov x (min) efter NO ₃ -tillsatts	NO ₃₊₂ (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	fCOD (mg/l)	PO ₄ (mg/l)
0	före NO ₃ - och metanoltillsatts				-
1	10 min				-
2	30 min				-
3	1 h				-
4	1 h 30 min				-
5	2 h				
6	2 h 30 min				
7	3 h				-
8	Efter avslutat test	-	-	-	

Figur 6. Schema över provtagning på denitrifikationskapacitetstesterna.

Proverna analyseras med FIAstar och den erhållna nitratkoncentrationen plottas in i en tid-koncentrationskurva (figur 7) där lutningen ger denitrifikationshastighet.

Lutningen => hastigheten mgN/l/min



Figur 7. Tid-koncentrationskurva baserat på nitratkoncentrationen från denitrifikationskapacitetstester.

Därefter får denitrifikationskapaciteten (DNC) genom:

$$\text{DNC} = ((\text{lutningen} * 60 * 24) * \text{provvolymen}) / 1000) / \text{bärrarmaterialets arean} \Rightarrow \text{gN/m}^2/\text{d}$$

4.2.2. Stickprover

Stickprover på test- och referenslinjen hämtas dagligen på kontrollstation på ED-anläggningen. Proverna hämtas i 2,5 liters behållare, stickproverna tas i utgående vatten från zon ett, två och tre. 100 ml vattenprov filtreras och sparas för analys med FIAstar. Av filtratet tas även dubbelprov på 2 ml vattenprov för COD_{cr} analys se avsnitt 5.3. 100 ml vattenprov filtreras genom ett membran filter för PO₄ analys. För information om PO₄ analys se avsnitt 5.2

5. Analysmetoder

5.1. Bestämning av nitrat, nitrit och ammonium.

Halten nitrat, nitrit och ammonium i proverna tagna under denitrifikationskapacitetstesterna analyseras med FIA, flow injection analysis. De stickprover tagna på alla de tre zonerna i test- och referenslinjen analyseras även med FIA. Nitrat, nitrit och ammoniumet i det filtrerade prover reagera med olika reagens som orsakar en färgändring. Halten av ämnena bestäms fotometriskt via en detektor som mäter färgförändringen.

5.2. Bestämning av fosfatfosfor.

Halten av löst fosfatfosfor i avloppsvattnet bestäms med accuvacampuller: PHOSVER 3, accuvac ampuller (Hach 25080-25). Fosforhalten bestäms i det filtrat, 100 ml, som erhållits sedan provet filtrerats genom ett membranfilter med en porvidd på ca 0,45 µm (löst fosfatfosfor) se svensk standard SS 02 81 26 Bilaga A.

I lösning surgjord med svavelsyra bildar ortofosfat med molybdat och trevärd antimon, antimon-12-fosformolybdensyra, som reduceras med askorbinsyra till ett blått heteropolykomplex (molybdenblått). Komplexets absorbans, som mäts vid 890 nm i en fotometer är proportionell mot ortofosfathalten. Analysen utförs i slutet på varje denitrifikationskapacitetstest och tas även på stickproverna i första, andra och tredje zonen, detta för att bekräfta att halten fosfor inte är begränsande.

5.3. Bestämning av COD_{CR}, kemisk syreförbrukning.

Den kemiska syreförbrukningen analyseras på filtrerat avloppsvatten med hjälp av ampullmetoden. COD-rören (Hach 21259-25) innehåller kvicksilversulfat för att binda upp till 2000 mg/l klorider. Vid analysen oxideras provet med kaliumdikromat i sur lösning vid 150° C i två timmar. Därvid reduceras dikromatjonen till krom-3-jon och provets färg går från gulorange mot grönt. Antingen kan kvarvarande dikromat eller bildad krom-3 mätas. Silvret i COD_{CR}-reagenset används som katalysator medan kvicksilversulfatet binder kloridjonerna. COD_{CR} rören analyseras sedan i en fotometer (Hach DR2010).

COD_{CR} analyser utförs på stickproverna i varje zon och på alla prover tagna under denitrifikationskapacitetstesterna. Detta göra för att se att inte kolkällan är begränsande och dessutom för att få fram en C/N-kvot vid de utförda denitrifikationskapacitetstesterna.

5.4. Bestämning av DO halten

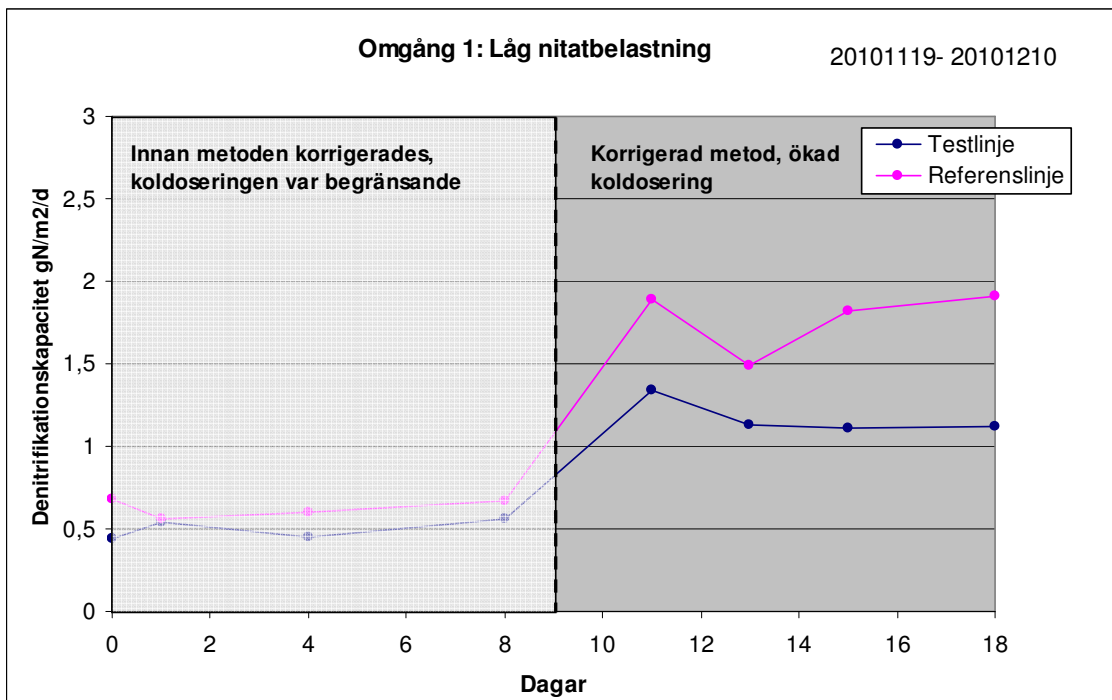
Syrehalten mäts i det utgående vattnet i zon ett (d.v.s. inkommande vatten till zon två) på test- och referenslinjen, och bestäms med en portabel syremätare från Hach Lange. Mätningarna utförs för att studera halten löst syre, vid höga halter försämras denitrifikationskapacitet.

6. Resultat

Denitrifikationskapaciteten från testerna sammanställs i diagram för att redovisa hur kapaciteten har förändrats i samband med att nitratbelastningen ändrats.

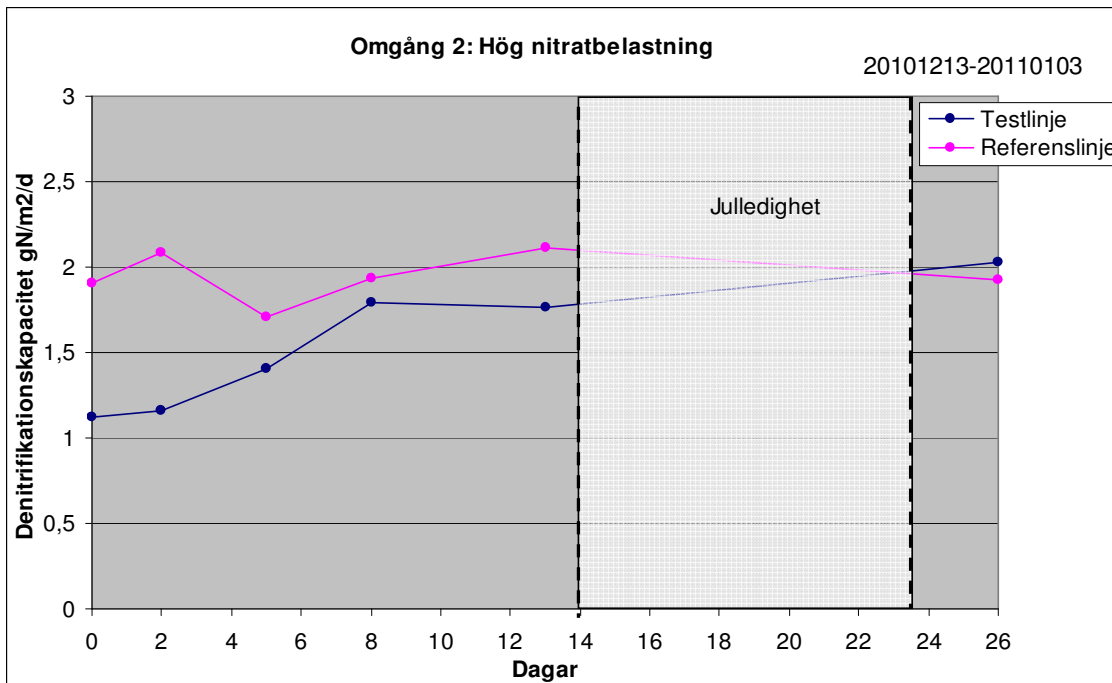
6.1. Denitrifikationskapacitet

Figur 8 visar denitrifikationskapacitetens avtagandet vid låg nitratbelastning. Innan en fast vald belastning in på försökslinjerna tillämpades utfördes ett denitrifikationskapacitetstest för att få ett startvärde på kapaciteten. Det startvärdet representeras som dag noll i figuren nedan. Figuren visar denitrifikationskapacitetens avtagande från att en omställning i nitratbelastningen utförts. Vid försöksperioden början upptäcktes felaktigheter i metoden vilken gav inkorrekta denitrifikationskapacitetsresultat. Därav är början av kapacitetens avtagande inte fullständig, som ses i figur nedan.



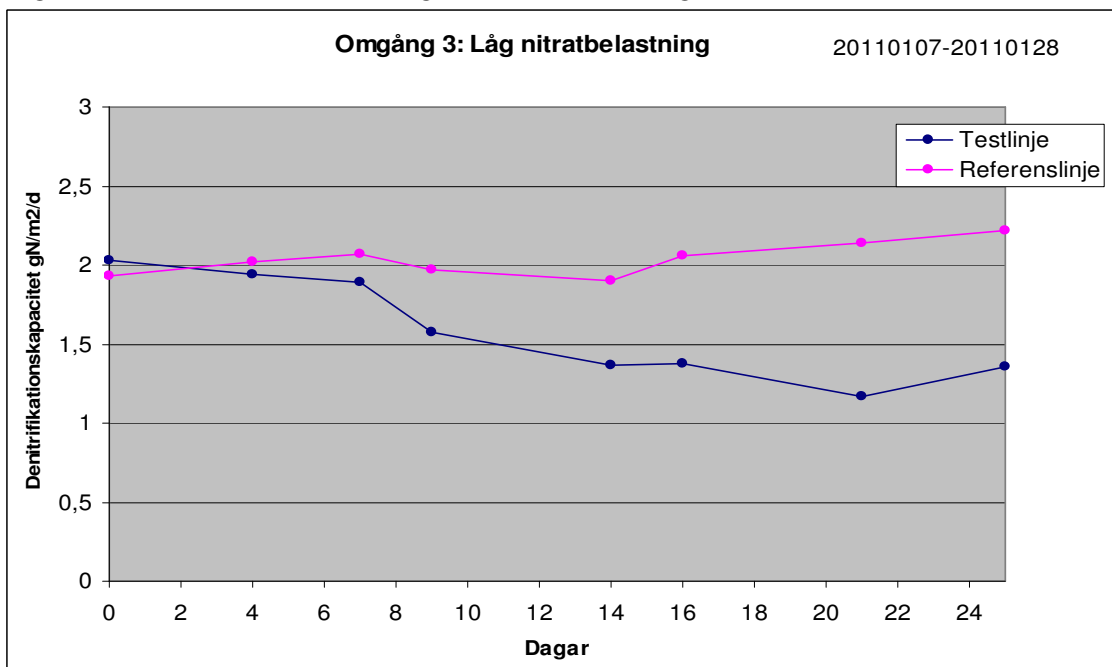
Figur 8. Låg nitratbelastning.

Figur 9 visar denitrifikationskapacitetens uppbyggnads period, där belastningen ändrats från låg (85 NO₃ kg/dygn) till hög (288 NO₃ kg/dygn). Dag noll är den dag då flödesstyrningen lades om. Denitrifikationskapacitetsresultatet vid dag noll är det senaste resultatet från förgående försöksperiod, innan ändring av nitratbelastningen gjorts.



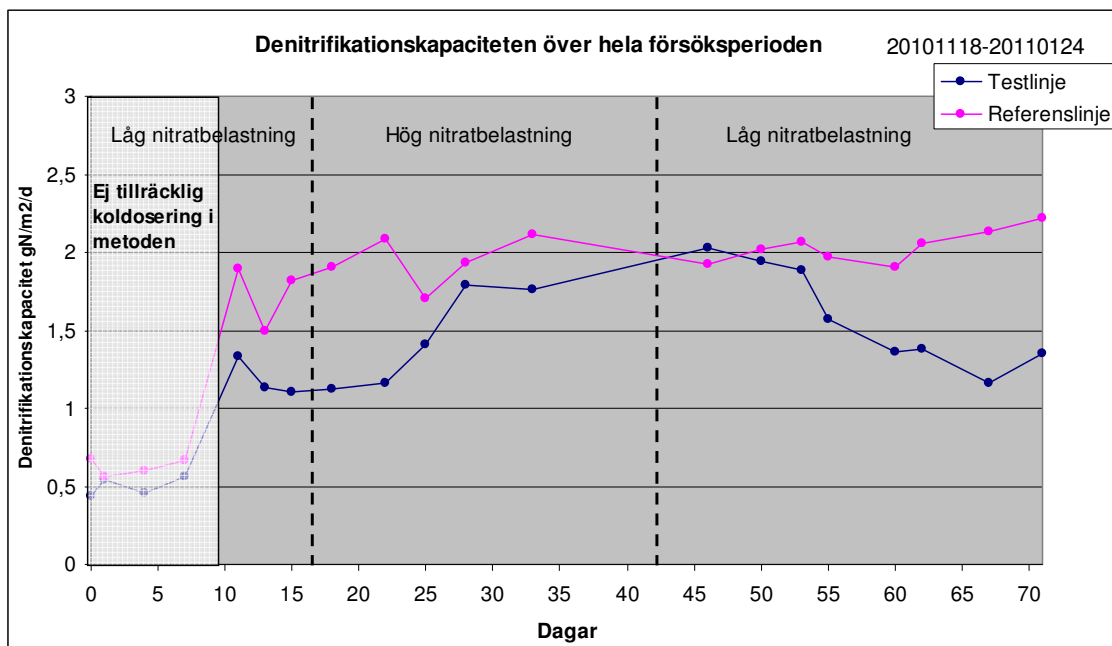
Figur 9. Hög nitratbelastning.

Figur 10 visar det upprepande försöket i avtagandet av denitrifikationskapaciteten. Dag noll representerar dagen då nitratbelastningen ändrades från hög (288 NO₃ kg/dygn) till låg (85 NO₃ kg/dygn). Denitrifikationskapacitetsresultatet från dag noll är det senaste resultatet från förgående försök, innan omställningen av nitratbelastningen lades om.



Figur 10. Låg nitratbelastning.

Figur 11 visar variation av denitrifikationskapaciteten över hela försöksperioden från start till slut. Dag noll är dagen då flödesstyrningen verkställdes.



Figur 11. Denitrifikationskapaciteten över hela försöksperioden.

6.2. Denitrifikationshastighet

Denitrifikationshastighet är den mängd nitrat som åtgår per mängd flyktigt suspenderat material, volatile suspended solids (VSS). För biofilmsprocesser anges hastigheten per ytenhet bärrmaterial och tid.

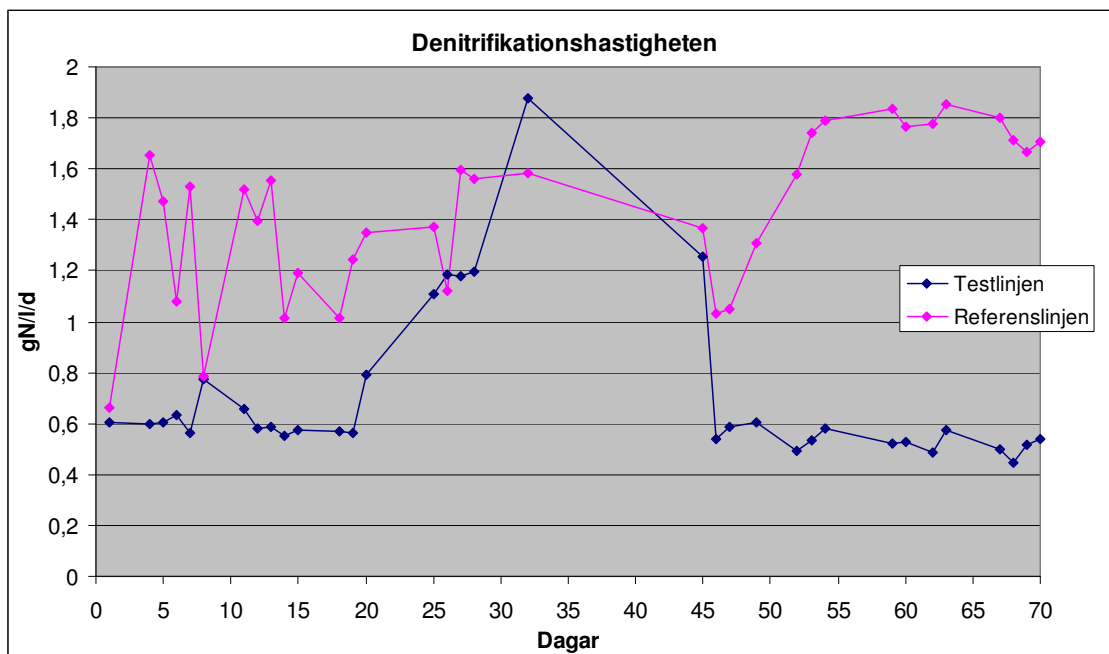
$$DNR = (NO_3 - N_{red})/A$$

DNR = Denitrifikationshastigheten

$NO_3 - N_{red}$ = Nitratkväve avlägsnat

A = Area bärrmaterial.

Figur 12 visar denitrifikationshastigheten under hela försöksperioden baserat på värden tagna ur online styrningsprogrammet DeltaV. DNR fås genom differensen av NO_3 koncentrationen mellan zon ett och två dividerat på den specifika arean för bärrarmaterialet i andra zonen.



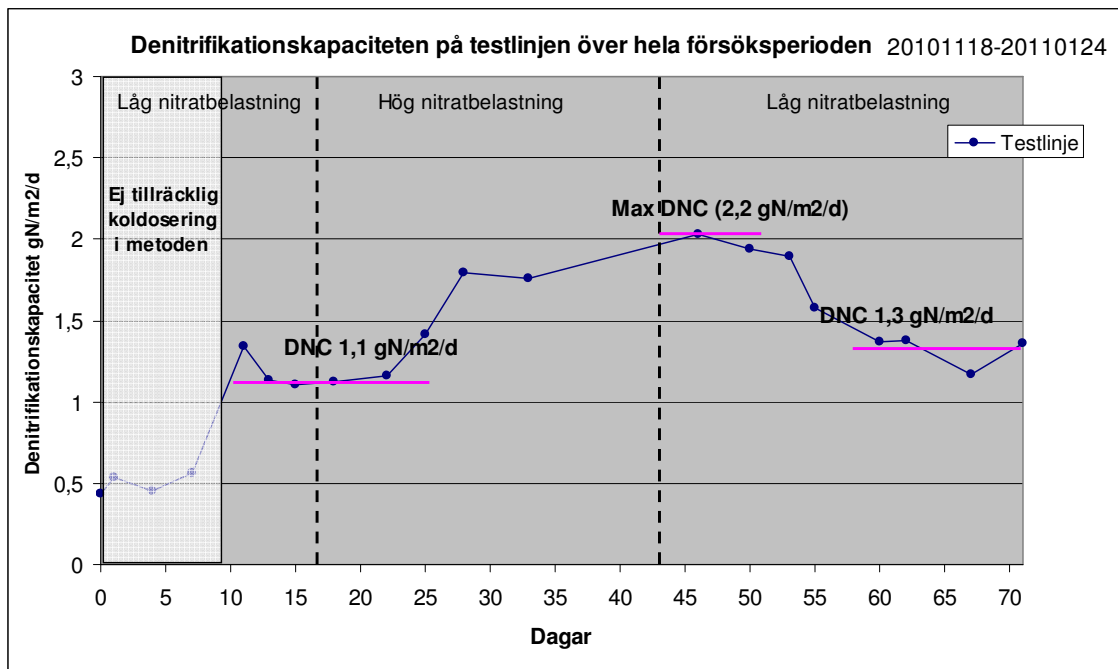
Figur 12. Denitrifikationshastigheten över hela försöksperioden.

7. Diskussion

Det finns inga tidigare gjorda studier över nitratbelastningens påverkan på denitrifikationskapacitet på ED-anläggningen. De frågeställningar som besvarats i detta projekt är "Hur länge kan denitrifikationskapaciteten behållas hög vid låg nitratbelastning? Hur kör man lämpligast anläggningen vid låga nitratbelastningar?" Detta har gett följdfrågor såsom "Hur snabbt återhämtas kapaciteten? Vilken är den högsta denitrifikationskapaciteten som uppmätts vid en återhämtning av kapaciteten?"

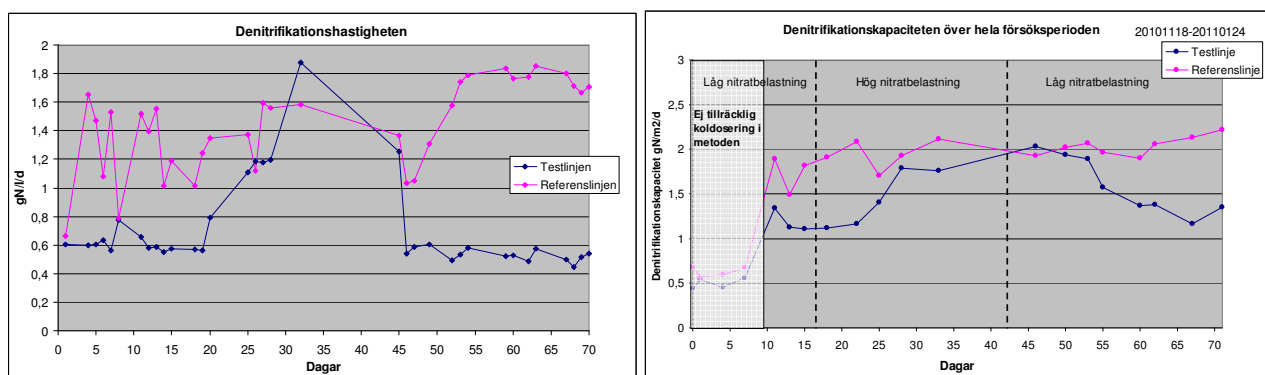
Resultatet för försöksperioden med låg nitratbelastning, 85 NO_3 kg/d på testlinjen visar i båda fallen att kapaciteten avtar och stabiliserar sig efter praktiskt lika många dagar. Kapaciteten avtar i 13-14 dagar och stabiliserar sig vid en kapacitet på 1,1-1,3 $\text{gN/m}^2/\text{d}$ (se figur 13). Studien har två upprepande försök med låg nitratbelastning och även resultaten av försöken visar upprepbarhet. Dessutom togs stickprover ute på båda försökslinjerna dagligen och onlinemätningar i DeltaV för att se till att inget var begränsande i förutsättningarna för denitrifikationen (COD_{CR} , PO_4 , DO etc). Mätdata i denna studie kan därmed anses vara pålitliga.

Vid försök med hög nitratbelastning, 288 NO_3 kg/d börjar kapaciteten redan efter ett par dagar att stiga och efter 9 dagar har denitrifikationskapaciteten gått från 1,1 $\text{gN/m}^2/\text{d}$ till 1,8 $\text{gN/m}^2/\text{d}$. Maximala denitrifikationskapaciteten som noterades på testlinjen under studien var 2,2 $\text{gN/m}^2/\text{d}$ (se figur 13).



Figur 13. Resultat på denitrifikationskapaciteten på testlinjen under försöksperioden.

Jämför man mätningar av DNR med DNC (figur 14) under försöksperioden på testlinjen kan man tydligt se att de följer samma mönster. Variationen i hastighet och kapacitet på referenslinjen, hög nitratbelastning under hela försöksperioden, beror på svårigheter att få tillräckligt med önskat flöde in till linjen. Minflödet in till ED-anläggningen ökades under studien men trots detta kunde det vid vissa tillfällen vara svårigheter att få det önskade flödet in till referenslinjen. Framst vid tillfällen då nitratkoncentrationen sjönk i inkommande ED vatten. När nitratkoncentrationen minskar i vattnet behövs ett högre flöde in till linjen för att uppnå den fast valda nitratbelastningen. Då aktivslambassängerna använder det naturligt förekommande kolet i vattnet och ED kräver extern koldosering, leds först och främst nitratrikt vatten till aktivt slam. Detta medför att vid låga flöden till Ryaverket går ED gå ner på minflöde, så aktivslambassängerna får tillräckligt med flöde.



Figur 14. Jämförande bild på DNR och DNC under hela försöksperioden.

Förutom att tagit fram ett mönster över denitrifikationskapaciteten vid ändrad nitratbelastning. Har felaktigheter i metoden för denitrifikationskapacitetstesterna upptäckts och detta har lett till att metoden korrigerades och förbättrades. Vilket resulterade i att en tillförlitlig metod för denitrifikationskapacitetstesterna har kunnat utformas.

8. Slutsatser

Slutsatsen av denna studie är att denitrifikationskapaciteten har en förmåga att behålla sin ursprungliga kapacitet under flera dagar vid låga nitratmassflöden innan den påvisar en signifikant sänkning. Medan kapaciteten påverkas avsevärt hastigare vid ändring av nitratbelastningen från låg till hög.

- Målet att ta fram ett mönster för hur denitrifikationskapaciteten ändras beroende på nitratbelastningen har uppnåtts.
- Vid ändrad nitratbelastning till låg, avtar kapaciteten i 13-14 dagar för att därefter stabilisera sig på en kapacitet på 1,1-1,3 gN/m²/d.
- Vid uppbyggnad av kapaciteten, från låg till hög nitratbelastning, har kapaciteten efter 9 dagar stigit från 1,1 till 1,8 gN/m²/d.
- En tillförlitlig metod för att studera denitrifikationskapaciteten på ED-anläggningen har utformats.

Resultatet av denna studie kommer vara ett viktigt verktyg när det kommer till hur man anpassar styrningen av ED-anläggningen. Vid låga flöden till Ryaverket kan ED-anläggningen få arbeta med låg nitratbelastning under en kortare period, då mycket av flödet helst av allt går via aktivslam, utan att riskera tappa för mycket i kapacitet på ED-anläggningen.

9. Rekommendationer

Denna studie har utrett denitrifikationskapaciteten vid ett lågt (85 NO₃ kg/dygn) och ett högt (288 NO₃ kg/dygn) nitratmassflöde till testlinjen. En intressant och inte minst fördelaktig undersökning vore att studera hur denitrifikationskapaciteten påverkas då inget nitratmassflöde inkommer till en ED-linje. Resultat av sådan studie skulle vara bra att använda sig av ifall mycket låga flöden inkommer till Ryaverket under en längre tid och då eventuellt allt flöde behövs till aktivslambassängerna.

Denitrifikationskapaciteten är temperaturberoende. Lägre temperaturer medför en försämrad förmåga för bakterierna att denitrifiera, därmed lägre kapacitet. Då denna studie är utförd under vinterperioden 2010-11 kan kapacitet vara något lägre än om studien var utförd under en sommarperiod. Under en sommarperiod sker uppbyggnaden av kapaciteten, d.v.s. tillväxten under högre temperaturförhållanden. Vilket rent teoretiskt skulle medföra i högre denitrifikationskapaciteter. Eventuellt skulle temperaturen även kunna påverka tiden för avtagandet och uppbyggnaden av kapaciteten.

Referenser

Wastewater treatment, third edition. Henze, Harremoës, La Cour Jansen och Arvin. 2002. ISBN 3-540-42228-5

Wastewater engineering, treatment and reuse, fourth edition. Metcalf och Eddy. 2003. ISBN 0-07-112250-8

Persson, P-O., & Nilsson, L. (2004). *Miljöskyddsteknik - Strategier & teknik för ett hållbart miljöskydd*. Stockholm: Universitetservice US AB.

Dimensionering - Efterdenitrifikationsanläggning med nitrifikationszon. Mattsson, A Gryaab AB. 2008, rapport nr 2008:4.

Study of Nitrification Rates in a Biofilm System. Björnsdotter, L. (2005). CTH Dep of civil engineering, Water Environment Transport.

<http://www.anoxkaldnes.com/>, 2011-02-20

Bilaga 2.

2010-11-15 Linje 5 zon 2						2010-11-15 Linje 6 zon 2					
Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD		Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	
	0	0	12,25	0,31	39		0	0	11,30	0,27	33
	1	10	21,60	0,46	69		1	10	19,65	0,42	57
	2	60	16,34	0,05	45		2	60	14,30	0,05	36
	3	120	14,85	0,17	44		3	120	10,99	0,15	38
	4	180	13,08	0,37	44		4	180	8,51	0,32	40
	5	240	11,16	0,61	47		5	240	3,93	0,08	41

PO4 efter avslutat test 0,11 mg/l C/N-kvot: 2,11

PO4 efter avslutat test 0,11 mg/l C/N-kvot: 1,02

2,47 mgNO3/l/h minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 180 volym ca
 59,328 gN/m3/d minskning
 1,91 l
 0,1133 gN/d minskning
 0,5 l bärare
 0,25 m2 area
 Denitkap
 0,4533 gN/m2/d
 plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l
 Justerad denicap
0,4367 gN/m2/d

3,83 mgNO3/l/h minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 180 volym ca
 92,016 gN/m3/d minskning
 1,91 l
 0,1758 gN/d minskning
 0,5 l bärare
 0,25 m2 area
 Denitkap
 0,7030 gN/m2/d
 plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l
 Justerad denicap
0,6772 gN/m2/d

2010-11-19 Linje 5 zon 2					2010-11-19 Linje 6 zon 2				
--------------------------	--	--	--	--	--------------------------	--	--	--	--

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	8,93	5,36	44
1	10	19,26	5,52	71
2	60	13,39	4,57	47
3	120	11,22	4,55	49
4	180	8,82	4,37	51
5	240	6,67	4,34	52

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	9,14	5,56	48
1	10	16,78	5,33	65
2	60	12,51	4,17	51
3	120	9,74	4,74	53
4	180	6,79	4,73	58
5	240	4,13	4,83	61

PO4 efter avslutat test 0,03 mg/l C/N-kvot: 1,51

PO4 efter avslutat test 0,05 mg/l C/N-kvot: 0,32

3,05 mgNO3/l/h minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 180 volym ca
 0,5 l bärare
 Denitkap
 plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 =
 Justerad denicap
0,5384 gN/m2/d

3,19 mgNO3/l/h minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 180 volym ca
 0,5 l bärare
 Denitkap
 plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 =
 Justerad denicap
0,5638 gN/m2/d

2010-11-22 Linje 5 zon 2

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	10,42	4,54	45
1	10	19,35	4,13	64
2	60	14,22	3,38	43
3	120	12,28	3,74	44
4	180	10,53	3,64	46
5	240	8,62	3,75	45

PO4 efter avslutat test 0,03 mg/l C/N-kvot: 1,77

2,57 mgNO3/l/h minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 180 volym ca
 1,91 l
 0,1180 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap
 0,4720 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l

Justerad denicap
0,4547 gN/m2/d

2010-11-22 Linje 6 zon 2

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	9,40	4,55	43
1	10	17,45	4,13	63
2	60	11,68	3,38	44
3	120	8,89	3,45	52
4	180	6,45	3,64	47
5	240	3,53	3,75	50

PO4 efter avslutat test 0,05 mg/l C/N-kvot: 0,93

3,40 mgNO3/l/h minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 180 volym ca
 1,91 l
 0,1557 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap
 0,6227 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l

Justerad denicap
0,5999 gN/m2/d

2010-11-25 Linje 5 zon 2

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	14,43	5,16	45
1	10	23,87	4,87	64
2	60	13,67	5,15	43
3	120	13,20	3,74	54
4	180	11,46	3,79	46
5	240	9,30	3,67	45

PO4 efter avslutat test 0,03 mg/l

C/N-kvot: 1,30

2000 ml startvolym
ml prov uttaget ger
180 volym ca

3,18 mgNO3//h minskning
76,32 gN/m3/d minskning
1,91 l
0,1458 gN/d minskning

0,5 l bärare

0,25 m2 area

Denitkap

0,5831 gN/m2/d

dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
=

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,

1,84 l

Justerad denitcap

0,5617 gN/m2/d

2010-11-25 Linje 6 zon 2

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	0	13,66	5,25
1	10	10	22,71	5,22
2	60	60	14,00	4,09
3	120	120	10,54	4,01
4	180	180	8,80	4,43
5	240	240	6,81	4,95

PO4 efter avslutat test 0,41 mg/l

C/N-kvot: 0,82

2000 ml startvolym
ml prov uttaget ger
180 volym ca

3,78 mgNO3//h minskning
90,6624 gN/m3/d minskning
1,91 l
0,1732 gN/d minskning

0,5 l bärare

0,25 m2 area

Denitkap

0,6927 gN/m2/d

dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
=

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,

1,84 l

Justerad denitcap

0,6673 gN/m2/d

2010-11-29 Linje 5 zon 2

2010-11-29 Linje 6 zon 2

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	
	0	0	15,30	1,21	44	0	0	13,92	1,16	50
	1	10	22,60	0,47	142	1	10	22,32	0,05	148
	2	60	16,59	0,30	112	2	60	11,60	0,05	97
	3	120	7,60	0,02	86	3	120	2,57	0,01	68
	4	180	1,60	0,01	58	4	180	0,13	0,10	66
	5	240	0,13	0,06	59	5	240	0,07	0,24	74

PO4 efter avslutat test 0,1mg/l

C/N-kvot: 3,69

PO4 efter avslutat test 0,59mg/l

C/N-kvot: 3,33

7,57 mgNO3//h minskning
 181,728 gN/m3/d minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 180 volym ca
 1,91 l
 0,3471 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap

1,3884 gN/m2/d

dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l

Justerad denicap

1,3375 gN/m2/d

10,72 mgNO3//h minskning
 257,184 gN/m3/d minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 180 volym ca
 1,91 l
 0,4912 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap

1,9649 gN/m2/d

dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l

Justerad denicap

1,8929 gN/m2/d

2010-12-01 Linje 5 zon 2						2010-12-01 Linje 6 zon 2					
Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD		Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	
	0	0	9,33	5,96	51		0	0	8,21	5,29	47
	1	10	18,46	5,28	142		1	10	15,89	4,81	137
	2	60	11,72	4,54	114		2	60	5,64	3,80	92
	3	120	4,74	3,90	87		3	120	0,22	3,20	74
	4	180	0,44	3,47	74		4	180	0,11	3,29	85
	5	240	0,13	2,59	86		5	240	0,08	3,41	99
PO4 efter avslutat test 0,23mg/l					C/N-kvot: 3,06	PO4 efter avslutat test 0,86mg/l					C/N-kvot: 2,40

2000 ml startvolym
 180 ml prov uttaget ger
 volym ca

6,40 mgNO3/l/h minskning
 153,504 gN/m3/d minskning
 1,91 l
 0,2932 gN/d minskning

0,5 l bärare
 0,25 m2 area

Denitkap
 1,1728 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l

Justerad denicap
1,1298 gN/m2/d

2000 ml startvolym
 180 ml prov uttaget ger
 volym ca

8,44 mgNO3/l/h minskning
 202,608 gN/m3/d minskning
 1,91 l
 0,3870 gN/d minskning

0,5 l bärare
 0,25 m2 area

Denitkap
 1,5479 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l

Justerad denicap
1,4912 gN/m2/d

2010-12-03 Linje 5 zon 2						2010-12-03 Linje 6 zon 2					
Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD		Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	
	0	0	15,38	0,31	43		0	0	14,44	0,33	42
	1	13	23,51	0,23	134		1	13	22,52	0,23	138
	2	30	21,07	0,06	125		2	30	18,34	0,08	119
	3	60	17,98	0,01	108		3	60	12,48	0,01	95
	4	90	13,41	0,01	92		4	90	7,43	0,01	74
	5	120	11,11	0,01	88		5	120	3,84	0,01	67
	6	150	8,41	0,00	80		6	150	0,98	0,01	57
	7	180	5,80	0,00	70		7	180	0,17	0,01	61

PO4 efter avslutat test 0,03mg/l C/N-kvot: 3,61

PO4 efter avslutat test 0,38mg/l C/N-kvot: 3,45

2000 ml startvolym
240 ml prov uttaget ger
240 volym ca

6,37 mgNO3/l/h minskning
152,928 gN/m3/d minskning

1,88 l
0,2875 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap
1,1500 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
=
1,81 l

Justerad denicap
1,1072 gN/m2/d

2000 ml startvolym
240 ml prov uttaget ger
240 volym ca

10,48 mgNO3/l/h minskning
251,568 gN/m3/d minskning

1,88 l
0,4729 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap
1,8918 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
=
1,81 l

Justerad denicap
1,8214 gN/m2/d

2010-12-06 Linje 5 zon 2

2010-12-06 Linje 6 zon 2

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	12,96	2,44	47
1	10	21,71	2,23	133
2	30	20,20	2,09	134
3	60	15,21	1,45	105
4	90	12,02	1,15	91
5	120	8,28	0,83	77
6	150	5,36	0,62	73
7	180	2,92	0,49	65
8	210	0,80	0,46	62

PO4 efter avslutat test 0,02mg/l

C/N-kvot: 3,39

2000 ml startvolym
ml prov uttaget ger
270 volym ca

6,51 mgNO3//h minskning
156,24 gN/m3/d minskning
1,87 l
0,2914 gN/d minskning

0,5 l bärare

0,25 m2 area

Denitkap

1,1656 gN/m2/d

dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
=

1,795 l

Justerad denitcap

1,1218 gN/m2/d

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	11,95	2,28	43
1	10	20,49	2,22	145
2	30	17,71	1,66	131
3	60	10,38	0,91	99
4	90	4,87	0,37	77
5	120	1,30	0,12	64
6	150	0,12	0,13	66
7	180	0,06	0,17	67

PO4 efter avslutat test 0,37mg/l

C/N-kvot: 3,82

2000 ml startvolym
ml prov uttaget ger
240 volym ca

10,97 mgNO3//h minskning
263,376 gN/m3/d minskning
1,88 l
0,4951 gN/d minskning

0,5 l bärare

0,25 m2 area

Denitkap

1,9806 gN/m2/d

dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
=

1,81 l

Justerad denitcap

1,9068 gN/m2/d

2010-12-10 Linje 5 zon 2					2010-12-10 Linje 6 zon 2				
Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	10,30	3,82	50	0	0	9,73	3,67	46
1	10	19,98	3,67	140	1	10	16,90	3,32	129
2	30	17,34	3,42	129	2	30	13,00	2,89	105
3	60	13,18	2,70	107	3	60	5,44	2,03	73
4	90	9,10	2,13	88	4	90	1,13	1,56	58
5	120	6,28	2,06	83	5	120	0,10	1,51	56
6	150	2,99	1,76	73	6	150	0,08	1,51	60
7	180	0,87	1,62	63	7	180	0,06	1,56	64

PO4 efter avslutat test 0,13mg/l C/N-kvot: 4,03

PO4 efter avslutat test 0,63mg/l C/N-kvot: 3,86

2000 ml startvolym
ml prov uttaget ger
240 volym ca

6,68 mgNO3/l/h minskning
160,416 gN/m3/d minskning
1,88 l
0,3016 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap
1,2063 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
=
1,81 l

Justerad denicap
1,1614 gN/m2/d

2000 ml startvolym
ml prov uttaget ger
240 volym ca

12,00 mgNO3/l/h minskning
288 gN/m3/d minskning
1,88 l
0,5414 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap
2,1658 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
=
1,81 l

Justerad denicap
2,0851 gN/m2/d

2010-12-13 Linje 5 zon 2					2010-12-13 Linje 6 zon 2				
Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	10,16	0,26	41	0	0	8,82	0,25	37
1	10	18,70	0,43	135	1	10	16,72	0,43	133
2	30	16,70	0,07	123	2	30	13,02	0,07	115
3	60	10,54	0,08	95	3	60	8,47	0,07	102
4	90	6,21	0,07	78	4	90	3,45	0,07	81
5	120	2,93	0,07	68	5	120	0,65	0,07	73
6	150	0,73	0,07	62	6	150	0,08	0,09	76
7	180	0,10	0,06	82	7	180	0,06	0,12	82

PO4 efter avslutat test 0,07mg/l C/N-kvot: 2,85

PO4 efter avslutat test 0,31mg/l C/N-kvot: 3,06

2000 ml startvolym
ml prov uttaget ger
240 volym ca

8,11 mgNO3/l/h minskning
194,688 gN/m3/d minskning

1,88 l
0,3660 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap
1,4641 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
=
1,81 l

Justerad denicap
1,4095 gN/m2/d

2000 ml startvolym
ml prov uttaget ger
240 volym ca

9,83 mgNO3/l/h minskning
236,016 gN/m3/d minskning

1,88 l
0,4437 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap
1,7748 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
=
1,81 l

Justerad denicap
1,7088 gN/m2/d

2010-12-16 Linje 5 zon 2						2010-12-16 Linje 6 zon 2					
Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD		Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	
0	0	10,47	5,13	49		0	0	9,50	4,68	49	
1	12	19,40	4,91	151		1	12	17,41	4,38	143	
2	30	16,19	4,26	138		2	30	12,95	3,88	120	
3	60	9,93	3,64	11		3	60	7,17	3,25	100	
4	90	4,68	3,05	93		4	90	2,98	0,03	82	
5	120	1,54	2,76	82		5	120	0,62	0,06	75	
6	150	0,18	2,6	79		6	150	0,09	0,06	81	

PO4 efter avslutat test 0,09mg/l C/N-kvot: 3,75

PO4 efter avslutat test 0,29mg/l C/N-kvot: 3,58

10,23 mgNO3/l/h minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 210 volym ca
 1,90 l
 0,4653 gN/d minskning
 0,5 l bärare 0,25 m2 area
 Denitkap
 1,8610 gN/m2/d
 plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,825 l
 Justerad denicap
1,7923 gN/m2/d

11,03 mgNO3/l/h minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 210 volym ca
 1,90 l
 0,5018 gN/d minskning
 0,5 l bärare 0,25 m2 area
 Denitkap
 2,0073 gN/m2/d
 plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,825 l
 Justerad denicap
1,9332 gN/m2/d

2010-12-21 Linje 5 zon 2						2010-12-21 Linje 6 zon 2					
Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD		Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	
0	0	11,11	8,94	51		0	0	9,86	8,15	41	
1	10	19,10	7,94	139		1	10	16,47	7,65	142	
2	30	13,73	7,3	114		2	30	12,03	7	126	
3	60	9,85	6,29	73		3	60	4,80	6,01	95	
4	90	5,11	5,96	54		4	90	0,66	5,65	83	
5	120	0,52	5,86	57		5	120	0,11	5,36	84	
6	150	0,13	5,78	59		6	150	0,15	5,46	97	

PO4 efter avslutat test 0,23mg/l C/N-kvot: 4,22

PO4 efter avslutat test 0,38mg/l C/N-kvot: 2,76

10,06 mgNO3/l/h minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 210 volym ca

241,488 gN/m3/d minskning
 1,90 l
 0,4576 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap
 1,8305 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,825 l

Justerad denicap
1,7629 gN/m2/d

12,08 mgNO3/l/h minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 210 volym ca

290,016 gN/m3/d minskning
 1,90 l
 0,5496 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap
 2,1983 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,825 l

Justerad denicap
2,1171 gN/m2/d

2011-01-03 Linje 5 zon 2

2011-01-03 Linje 6 zon 2

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	
	0	0	11,38	4,37	46	0	0	9,93	3,87	42
	1	10	19,86	3,88	154	1	10	18,71	3,7	126
	2	30	16,78	3,74	145	2	30	15,47	3,21	113
	3	60	8,03	2,8	103	3	60	9,35	2,63	87
	4	90	2,21	2,15	74	4	90	4,43	2,1	65
	5	120	0,27	1,91	72	5	120	1,30	1,81	58

PO4 efter avslutat test 0,24mg/l

C/N-kvot: 4,19

PO4 efter avslutat test 0,18mg/l

C/N-kvot: 3,91

11,48 mgNO3//h minskning
 275,616 gN/m3/d minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 180 volym ca
 1,91 l
 0,5264 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap

2,1057 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l

Justerad denitcap

2,0285 gN/m2/d

10,90 mgNO3//h minskning
 261,504 gN/m3/d minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 180 volym ca
 1,91 l
 0,4995 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap

1,9979 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l

Justerad denitcap

1,9247 gN/m2/d

2011-01-07 Linje 5 zon 2						2011-01-07 Linje 6 zon 2					
Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD		Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	
	0	0	11,08	9,85	52		0	0	9,88	8,82	45
	1	10	19,90	9,02	142		1	10	18,22	8,31	144
	2	30	15,89	8,43	125		2	30	14,30	7,68	132
	3	60	10,24	7,85	103		3	60	7,99	6,89	105
	4	90	5,25	7,03	80		4	90	3,14	6,14	82
	5	120	1,67	6,73	71		5	120	0,41	5,72	73

PO4 efter avslutat test 0,11 mg/l C/N-kvot: 3,89

PO4 efter avslutat test 0,31 mg/l C/N-kvot: 3,99

10,99 mgNO3/l/h minskning
 263,808 gN/m3/d minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 180 volym ca
 1,91 l
 0,5039 gN/d minskning
 0,5 l bärare
 0,25 m2 area
 Denitkap
 2,0155 gN/m2/d
 plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l
 Justerad denicap
1,9416 gN/m2/d

11,43 mgNO3/l/h minskning
 274,32 gN/m3/d minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 180 volym ca
 1,91 l
 0,5240 gN/d minskning
 0,5 l bärare
 0,25 m2 area
 Denitkap
 2,0958 gN/m2/d
 plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l
 Justerad denicap
2,0190 gN/m2/d

2011-01-10 Linje 5 zon 2 **2011-01-10 Linje 6 zon 2**

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	13,76	2,95	35
1	10	22,38	2,59	133
2	30	18,99	2,24	123
3	60	13,16	1,62	98
4	97	6,60	0,96	69
5	120	2,79	0,56	57
6	150	0,58	0,38	55

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	12,41	2,63	35
1	10	20,53	2,37	121
2	30	16,75	1,9	112
3	60	9,96	1,08	82
4	97	3,77	0,4	59
5	120	0,88	0,16	54

PO4 efter avslutat test 0,03 mg/l C/N-kvot: 3,58

PO4 efter avslutat test 0,22 mg/l C/N-kvot: 3,41

10,79 mgNO3/l/h minskning
 258,912 gN/m3/d minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 210 volym ca
 1,90 l
 0,4906 gN/d minskning
 0,5 l bärare
 0,25 m2 area
 Denitkap
 1,9626 gN/m2/d
 plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,825 l
 Justerad denicap
1,8901 gN/m2/d

11,72 mgNO3/l/h minskning
 281,232 gN/m3/d minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 180 volym ca
 1,91 l
 0,5372 gN/d minskning
 0,5 l bärare
 0,25 m2 area
 Denitkap
 2,1486 gN/m2/d
 plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l
 Justerad denicap
2,0699 gN/m2/d

2011-01-12 Linje 5 zon 2 **2011-01-12 Linje 6 zon 2**

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	13,46	3,29	46
1	10	22,47	2,95	136
2	30	18,73	2,57	123
3	60	14,13	2,1	99
4	90	9,13	1,57	77
5	120	5,00	1,15	67
6	150	1,67	0,89	58

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	11,86	2,92	43
1	10	20,10	2,64	136
2	30	14,06	1,95	110
3	60	5,67	0,99	77
4	90	1,19	0,51	59
5	120	0,15	0,45	58

PO4 efter avslutat test 0,0205mg/l C/N-kvot: 3,75

PO4 efter avslutat test 0,36 mg/l C/N-kvot: 3,91

2000 ml startvolym
 210 ml prov uttaget ger volym ca
 210 ca

8,99 mgNO3/l/h minskning
 215,712 gN/m3/d minskning
 1,90 l
 0,4088 gN/d minskning

0,5 l bärare
 0,25 m2 area

Denitkap

1,6351 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,825 l

Justerad denicap

1,5747 gN/m2/d

2000 ml startvolym
 180 ml prov uttaget ger volym ca
 180 ca

11,15 mgNO3/l/h minskning
 267,552 gN/m3/d minskning
 1,91 l
 0,5110 gN/d minskning

0,5 l bärare
 0,25 m2 area

Denitkap

2,0441 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l

Justerad denicap

1,9692 gN/m2/d

2011-01-17 Linje 5 zon 2

2011-01-17 Linje 6 zon 2

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	
	0	0	17,45	3,76	43	0	0	15,22	3,43	37
	1	10	26,48	3,41	130	1	10	23,45	3,19	122
	2	30	23,53	2,97	123	2	30	20,00	2,8	111
	3	60	19,10	2,33	99	3	60	14,89	2,4	93
	4	90	15,66	1,91	85	4	90	8,93	1,94	72
	5	120	12,16	1,53	76	5	120	3,89	1,68	65
	6	150	7,95	1,16	64					

PO4 efter avslutat test 0,02 mg/l

C/N-kvot: 3,56

7,80 mgNO₃/l/h minskning
 187,2 gN/m³/d minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger volym
 210 ca 1,90 l
 0,3547 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m² area

Denitkap

1,4190 gN/m²/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,825 l

Justerad denitcap

1,3666 gN/m²/d

PO4 efter avslutat test 0,17 mg/l

C/N-kvot: 2,91

10,76 mgNO₃/l/h minskning
 258,336 gN/m³/d minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 180 volym ca 1,91 l
 0,4934 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m² area

Denitkap

1,9737 gN/m²/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l

Justerad denitcap

1,9014 gN/m²/d

2011-01-19 Linje 5 zon 2

2011-01-19 Linje 6 zon 2

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	
0	0	0	17,65	0,43	46	0	0	16,15	0,4	44
1	10	26,80	0,34	142	1	10	10	25,37	0,31	148
2	30	23,82	0,14	133	2	30	30	21,20	0,15	131
3	64	19,16	0,12	111	3	64	64	14,14	0,12	104
4	90	14,81	0,06	93	4	90	90	9,26	0,12	91
5	120	11,29	0,1	84	5	120	120	4,12	0,12	95
6	150	8,04	0,11	83						
7	180	4,39	0,11	62						

PO4 efter avslutat test 0,10mg/l

C/N-kvot: 3,57

PO4 efter avslutat test 0,57mg/l

C/N-kvot: 2,49

7,93 mgNO₃/l/h minskning
 190,224 gN/m³/d minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 240 volym ca

1,88 l

0,3576 gN/d minskning

0,5 l bärare

0,25 m² area

Denitkap

1,4305 gN/m²/d

dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 =

1,81 l

Justerad denicap

1,3772 gN/m²/d

11,63 mgNO₃/l/h minskning
 279,216 gN/m³/d minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 180 volym ca

1,91 l

0,5333 gN/d minskning

0,5 l bärare

0,25 m² area

Denitkap

2,1332 gN/m²/d

dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 =

1,84 l

Justerad denicap

2,0550 gN/m²/d

2011-01-24 Linje 5 zon 2						2011-01-24 Linje 6 zon 2					
Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD		Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	
	0	0	13,60	0,3	42		0	0	13,36	0,41	42
	1	14	24,26	0,13	145		1	14	21,15	0,19	139
	2	30	22,64	0,05	141		2	30	16,61	0,07	119
	3	64	17,21	0,06	123		3	64	8,86	0,06	94
	4	90	12,37	0,06	98		4	90	3,39	0,05	76
	5	120	8,23	0,06	93		5	120	0,38	0,06	69
	6	150	4,78	0,06	83						
	7	180	1,72	0,06	67						

PO4 efter avslutat test 0,18mg/l C/N-kvot: 3,46

PO4 efter avslutat test 0,55mg/l C/N-kvot: 3,37

2000 ml startvolym
ml prov uttaget ger
240 volym ca

8,48 mgNO3/l/h minskning
203,616 gN/m3/d minskning

1,88 l
0,3828 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap
1,5312 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
=
1,81 l

Justerad denicap
1,4742 gN/m2/d

2000 ml startvolym
ml prov uttaget ger
180 volym ca

11,99 mgNO3/l/h minskning
287,856 gN/m3/d minskning

1,91 l
0,5498 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap
2,1992 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
=
1,84 l

Justerad denicap
2,1186 gN/m2/d

2011-01-26 Linje 5 zon 2

2011-01-26 Linje 6 zon 2

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	13,78	4,56	50	0	0	12,33	4,03	48
1	10	23,92	4,30	154	1	10	21,56	3,90	139
2	30	22,28	3,99	153	2	30	16,57	3,40	122
3	64	17,96	3,75	135	3	64	8,35	2,47	91
4	90	13,99	3,16	122	4	90	2,74	1,85	70
5	120	10,66	2,95	113	5	120	0,15	1,68	68
6	150	7,01	2,53	100					
7	180	4,34	2,56	90					

PO4 efter avslutat test 0,18mg/l

C/N-kvot: 3,27

3,27 **PO4 efter avslutat test 0,55mg/l** C/N-kvot: 3,32

6,71 mgNO₃/l/h minskning
 2000 ml startvolym 161,136 gN/m³/d minskning
 ml prov uttaget ger 1,88 l
 240 volym ca 0,3029 gN/d minskning
 0,5 l bärare 0,25 m² area
 Denitkap 1,2117 gN/m²/d

dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,81 l

Justerad denicap

1,1666 gN/m²/d

12,10 mgNO₃/l/h minskning
 2000 ml startvolym 290,448 gN/m³/d minskning
 ml prov uttaget ger 1,91 l
 180 volym ca 0,5548 gN/d minskning
 0,5 l bärare 0,25 m² area
 Denitkap 2,2190 gN/m²/d

dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,84 l

Justerad denicap

2,1377 gN/m²/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,

2011-01-28 Linje 5 zon 2

2011-01-28 Linje 6 zon 2

Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD	Prov	Tid (min)	NO3	NH4	fCOD
0	0	12,58	4,75	56	0	0	11,10	4,31	52
1	10	21,94	4,12	155	1	10	19,39	3,96	148
2	30	19,37	3,94	146	2	30	14,73	3,39	121
3	64	15,10	3,45	127	3	64	7,76	2,71	98
4	90	10,86	3,07	112	4	90	2,43	1,99	79
5	120	6,71	2,63	94	5	120	0,31	1,87	74
6	150	2,92	2,31	82					
7	180	0,44	2,16	77					

PO4 efter avslutat test 0,18mg/l

C/N-kvot: 3,63

PO4 efter avslutat test 0,55mg/l

C/N-kvot: 3,88

7,87 mgNO3//h minskning
 188,784 gN/m3/d minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 270 volym ca
 1,87 l
 0,3521 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap

1,4083 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,795 l

Justerad denitcap

1,3555 gN/m2/d

12,64 mgNO3//h minskning
 303,408 gN/m3/d minskning
 2000 ml startvolym
 ml prov uttaget ger
 210 volym ca
 1,90 l
 0,5750 gN/d minskning

0,5 l bärare 0,25 m2 area

Denitkap

2,2998 gN/m2/d

plasten tar 14 % av volymen för pluttarna,
 dvs volymen vatten är 1,91 l - 0,14*0,5
 = 1,825 l

Justerad denitcap

2,2149 gN/m2/d

