

INTEGRATION AV VÅTMARK I ETT MODERNISERAT AVLOPPS- RENINGSVERK, MÖJLIGHETER OCH BEGRÄNSNINGAR

Integration of a constructed wetland with an upgraded treatment plant, perspectives and limitations

av JÖRGEN MÅHLGREN¹ och STIG MORLING²

1 Nynäshamns kommun, VA-förvaltningen, 149 81 Nynäshamn

e-post: jorgen.mahlgren@nynashamn.se

2 SWECO VIAK AB, Box 340 44, 100 26 Stockholm,

e-post: stig.morling@sweco.se

Abstract

Nynäshamn community has upgraded the main wastewater treatment plant by adding an activated sludge stage, in order to handle septic sludge emanating from the southern suburban area of Stockholm.

The upgraded plant was taken into operation in 2003.

The plant was earlier based on a treatment chain containing pre-treatment, chemical precipitation and a constructed wetland. The treatment objectives, set as $BOD_7 < 15$ ppm; total P < 0,5 ppm and total N < 15 ppm were maintained with the exception for the nitrogen removal.

By the Introduction of an activated sludge facility, based on a four unit SBR-system, some distinct improvements have been identified:

The discharge levels at the plant have been typically as follows: $BOD_7 < 5$ ppm; COD < 35 ppm; SS < 5 ppm; total P < 0.1 ppm and total N < 7 ppm

Other noticeable changes in the operation of the plant have been as follows:

- A substantial reduction of the precipitation agent for P-removal;
- The earlier frequent odours from the wetland have vanished;
- The wetland is now operated even during winter, as compared with the regular stop of 2 to 4.5 months per year.

Key words – Nitrogen, phosphorus, nitrification, SBR, septic sludge, wetland.

Sammanfattning

Nynäshamns kommun har utökat det befintliga reningsverket med en SBR-anläggning, primärt för behandling av brunns slam från större delen av Södertörn. Samtidigt har anläggningen rustats upp i andra avseenden. Anläggningens nya utformning omfattar idag följande reningssteg: Förbehandling, förfällning, biologisk rening i SBR-enheter, efterfällning samt våtmark. Anläggningen togs i drift år 2003.

Ett antal tydliga förbättringar har uppnåtts vid anläggningen, förutom att det ursprungliga kravet på anläggningen tillfredsställts – att ta omhand och behandla brunns slam:

Utsläppsnivåerna från anläggningen har varit: $BOD_7 < 5$ ppm; COD < 35 ppm; SS < 5 ppm; total P < 0.1 ppm and total N < 7 ppm

Andra tydliga förbättringar vid driften har varit följande:

- En klar minskning av kemikaliebehovet vid anläggningen
- Tidigare frekventa problem med lukt från våtmarken har upphört.
- Våtmarken drivs nu hela året, inte som tidigare med ett vinteravbrott på 2–4,5 månader.

Bakgrund

Nynäshamns kommun driver sedan år 1999 avloppsreningen för tätorten med en kombination av »klassisk» kemisk fällning av avloppsvattnet för fosforreduktion och reduktion av organiskt material i suspenderad form. En våtmark, kallad Alhagen med en total yta om 320 000 m², som togs i drift detta år skall i huvudsak svara för »polering» av fosfor och organiskt material i be-

handlat avloppsvatten, samt tjäna som en kvävereduktionsanläggning.

Ungefär samtidigt blev kravet på en förbättrad brunns lamhantering för Södertörn uppenbart. Nynäshamns kommun övervägde ambitionsgrad och en lokalisering för denna hantering. Ett antal alternativ undersöktes, bland dessa var ett att förlägga hanteringen till kommunens avloppsreningsverk i Nynäshamn.

Under åren efter 1999 kunde kommunen också kon-



Figur 1. SBR-anläggningen vid Nynäshamns reningsverk.

statera, att kravet på kvävereduktion vid avloppsreningsverket inte kunde uppfyllas med den valda tekniken. Under perioden 2000 till och med år 2002 har kvävekravet (50 procents reduktion och <math><15\text{ mg total N/l}</math>) inte uppfyllts. Således har utgående kvävehalter från Nynäshamns avloppsreningsverk varierat inom intervallet 17–21 mg total N/l under åren 2000–2002.

Detta har berott på tre omständigheter:

- Dels har våtmarken en begränsad hydraulisk kapacitet. Under de senaste åren har ca 30 % av det behandlade avloppsvattnet från reningsverket förbikopplats direkt till Mysingen;
- Dels har våtmarken varit avstängd under vintertid två till fyra månader per år, och således inte bidragit till kvävereduktionen över huvud taget under denna tid.
- Slutligen har våtmarkens reningsförmåga varit så begränsad, att den inte kunnat »kompensera» kväveutsläppen under vinter och via den förbikoppling till Mysingen som utnyttjas vid stora flöden.

Dessutom kan konstateras, att anläggningen under de senaste åren drivits nära, eller i vissa avseenden, över

dimensionerande belastningsdata, se miljörapporter för Nynäshamns avloppsreningsverk, åren 2000–2003, Nynäshamns avloppsreningsverk (2000), (2001), (2002), (2003).

Det fanns således flera goda skäl att förstärka reningsskapaciteten vid Nynäshamns reningsverk.

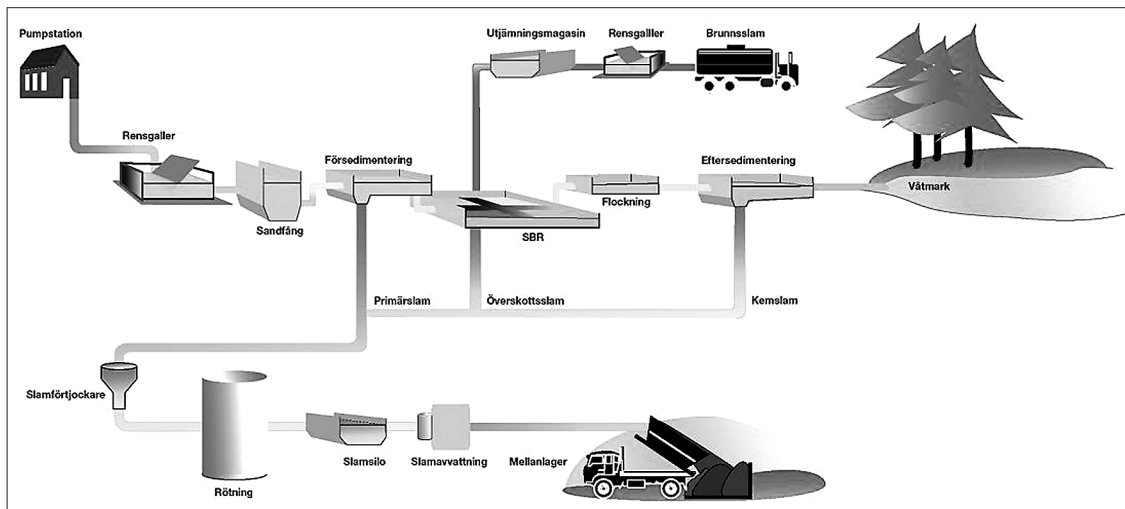
Kommunen såg det därför som en möjlighet att lösa alla problem – brunnsslamhantering, förstärkt reningsskapacitet och en förbättrad kvävereduktion – samtidigt vid reningsverket.

Projektformulering och dimensionering

Nynäshamns kommun beslutade år 2000 att bygga ut det centrala avloppsreningsverket med en mottagning av brunnsslam, och en ny biologisk rening.

Brunnsslammottagningen skulle på sikt motsvara ca 30 000 m³/år från större delen av Södertörn.

Den nya biologiska reningen skulle dels säkerställa en säker behandling av brunnsslammet, dels ge en tillräcklig kvävereduktion över hela året vid anläggningen. Den



Figur 2. Förenklat flödesschema över Nynäshamns reningsverk.

reviderade dimensionerande belastningen på anläggningen svarar mot 24 000 personekvivalenter, brunns-slambelastningen inräknad. Det valda dimensionerande flödet för anläggningen är 420 m³/h.

Det var också väsentligt att även fortsättningsvis nyttja våtmarken, framför allt som ett poleringssteg.

Den nya biologiska reningen kom att utformas som en SBR-anläggning. I Figur 1 återfinns ett foto av SBR-anläggningen i drift. Denna beskrivs närmare nedan. Det var främst de goda erfarenheterna från Tjustviks reningsverk, Värmdö kommun, som vägledde kommunens val. Under några år har Tjustviksverket – utrustad med två SBR-bassänger – tagit emot stora mängder brunns-slam. Större eller mindre del av dessa mängder har behandlats direkt i SBR-anläggningen tillsammans med det kommunala spillvattnet. Reningsresultaten har snarast förbättrats genom denna sambehandling. Den mycket goda kvävereduktionen vid Tjustviksverket styrkte också Nynäshamns kommun i valet av anläggning-utformning, Morling (2001).

Det utbyggda avloppsreningsverket i Nynäshamn består idag av följande delar:

A. Vattenbehandling

- Förbehandling med silgaller och sandfång;
- Förfällning med aluminiumsalt + försedimentering;
- 4 st nya SBR-bassänger om vardera ca 1 060 m³;
- Efterfällning med aluminiumsalt + flockning och slut-sedimentering;
- Pumpstation;
- Våtmarken i Alhagen.

B. Slambehandling

- Förtjockning av allt slam från för- och eftersedimentering;

- Rötning;
- Mekanisk slamavvattning med centrifug;
- Ny mottagningsanläggning för brunns-slam, bestående av roterande silgaller och utjämnning samt beskickning av SBR-anläggningen.

I Figur 2 redovisas ett förenklat flödesschema över anläggningen.

Genomförande och drifttagning av anläggningen

Tillbyggnaden av anläggningen genomfördes under åren 2001 och 2002. Samtidigt som brunns-slamhantering och SBR-anläggning byggdes genomfördes ett antal andra insatser vid anläggningen som förbättrade dess tekniska status.

I samband med drifttagning gjordes en prestandaprovning av luftningsutrustningen i SBR-anläggningen. Provingen visade att luftningsutrustningen måste byggas om för att svara mot garanterade prestandakrav. Ombyggnaden försenade givetvis tidpunkten när anläggningen kunde anses vara i stabil drift. Detta återspeglas också i uppnådda reningsresultat under 2003.

Från och med slutet av första kvartalet år 2004 har anläggningen varit i stabil drift och givit mycket goda reningsresultat, se kvartalsrapporter för Nynäshamns avloppsreningsverk, Nynäshamns avloppsreningsverk (2004).

Resultaten bekräftas av den funktionskontroll som utförts i september 2003 och 2004, af Petersens, (2004).

Effekter av utbyggnad och förändrad drift vid Nynäshamns avloppsreningsverk

En jämförelse av »före och efter» av anläggningen blir inte alldeles lätt av belastningsskäl. Innan ombyggnaden skedde behandlades inget brunnsslamm vid anläggningen. Likväl kan mycket påtagliga effekter av utbyggnaden utläsas från resultaten under år 2004. Dessa jämförs i det följande med förhållandena år 2000–2002, då anläggningen hade sin »gamla utformning». Som grund för jämförelsen används miljörapporter jämte den »extra» provtagning som skett under 2004. En noggrann presentation av anläggningens prestanda återfinns (på engelska) i ett examensarbete framlagt vid KTH av Robert Berg och Magnus Biderheim, kallat »Mass Balance and Evaluation of SBR Treatment Performance», Stockholm 2004, Berg and Biderheim (2004).

Väsentliga resultatförändringar

- Kväveutsläppen har minskat kraftigt från Nynäshamns avloppsreningsverk, från ca 40 000 kg/år till ca 17 000 kg/år. Dessutom har utgående mängd ooxiderad kväve (ammoniumkväve) minskat avsevärt, vilket är mycket positivt för recipienten.
- Behovet av att brädda avloppsvatten »förbi» våtmarken har minskat radikalt. Under 2004 har ca 93 % av det totala avloppsflödet slutbehandlats i våtmarken, mot tidigare ca 70 %.
- Under år 2004 har förbättringen av kväveutsläppen från hela anläggningen varit påtaglig, framförallt från och med april månad. En sammanfattning av utgående halter (medelvärden) för perioden april – november visas i Tabell 1 (utsläpp från hela anläggningen).
- BOD och fosforutsläppen har påverkats endast marginellt jämfört med tidigare år;
- Behovet av fällningskemikalie har minskat med ca 30 %, trots att större föroreningsmängder behandlas idag jämfört med tidigare år (brunnsslambelastningen);
- Luktproblemen vid våtmarkens inloppsdel har upphört;
- Våtmarken har kunnat drivas under vintern 2004–2005 utan avbrott, till skillnad mot tidigare år, då den varit avstängd vintertid.

Tabell 1.

Parameter (mg/l)	2:a kvartal	3:e kvartal	4:e kvartal
BOD ₇	4,8	4,1	3,5
COD	40	44	33
SS	5,3	3,9	< 5
Total P	0,09	0,12	0,06
Total N	5,0	2,6	7,9

Kostnader

Totalt har Nynäshamns kommun investerat ca 22 miljoner i anläggningen i denna utbyggnadsetapp.

Investeringen fördelar sig grovt sett på följande sätt:

Brunnsslammottagning: ca 8,5 M SEK
»Kvävereduktionsdel»: ca 7 M SEK
Modernisering och uppgradering i övrigt: ca 6,5 M SEK

Den direkta »kvävereduktionskostnaden» i huvudsak består av energi och slambehandlingskostnader för avvattning och transport av slam. Denna driftskostnadspost beräknas till ca 240 000 SEK/år.

Kapitaltjänstkostnaden för »kvävereduktionsdelen» beräknas till ca 560 000 SEK/år.

Kostnadseffektivitet

Frågan kan nu ställas: Hur effektiv har investering och drift varit med hänsyn till reningsresultat?

I det följande besvaras frågan genom att ange den specifika kostnaden för »tilläggsreduktionen» av 1 kg N/år. Denna beräknas för år 2004 bli ca 35 SEK/kg N_{borttaget}, vilket kan jämföras med de ca 10 år gamla indikatorerna om ca 35–50 SEK/kg N_{borttaget}.

Slutsatser, perspektiv

Nynäshamn kommun har efter upprustning och förstärkt rening fått ett reningsverk med mycket goda prestanda. Uppställda reningskrav innehålls med mycket god marginal.

Med hjälp av den nya biologiska reningen kan anläggningen drivas så, att såväl de »traditionella» reningsenheterna som våtmarken kan nyttjas mycket effektivt i samverkan.

Samspelet mellan biologisk rening (SBR-steget) och våtmarken »tillåter» kommunens driftstekniker att driva anläggningen med en reducerad kemikalietillsats, jämfört med tidigare drift. Under de närmaste åren kommer kommunen att ytterligare »optimera» kemikalietillsatsen.

Driften har hittills visat, att det är avgörande för våtmarkens effektivitet att de organiska föroreningarna i inkommande vatten är låga. Våtmarkens reningsförmåga »ockuperas» numer inte av en organisk belastning i högre utsträckning. Istället kan våtmarken »reserveras» för att klara sin huvuduppgift, att säkerställa en god kvävereduktion: Den slutliga denitrifikationen av oxiderat kväve. De hittillsvarande resultaten pekar också på, att en god nitrifikation i SBR-anläggningen förstärker våtmarkens reningsförmåga.

Samspelet mellan bioreningen och våtmarken ger också möjligheter att styra kvävereduktionen på flera sätt:

- Att låta våtmarken svara för hela denitrifikationen och en del av nitrifikationen;
- Att driva SBR-anläggningen så, att förutom att nitrifikationen blir så komplett som möjligt i detta steg, även denitrifikationen kan drivas så långt som möjligt.
- Att driva SBR-anläggningen så, att en »maximal» nitrifikation erhålls i detta steg, och överlåta denitrifikationen till våtmarken.
- En väsentlig förändring mot tidigare driftförhållanden är, att »avlastningen» av våtmarken från organiskt material möjliggör en drift under i stort sett hela året. Under tidigare år har våtmarken stängts av under 2–4,5 månader varje vinter.
- Kombinationen med en SBR-anläggning och en efterföljande våtmark har inneburit, att SBR-anläggningen kan drivas med en ovanligt kort »cykeltid», ca 2,5 timmar. En »normal» cykeltid för en SBR-anläggning är 4–6 timmar vid behandling av kommunala spillvatten.

Referenser

- af Petersens, Ebba (2004), Våtmark Alhagen, Funktionskontroll September 2004.
- Berg, Robert and Biderheim, Magnus (2004), Mass Balance and Evaluation of SBR Treatment Performance, Master thesis, KTH, Stockholm.
- Morling, Stig (2001), Performance of an SBR-plant for advanced nutrient removal, using septic sludge as a carbon source, *Water, Science and Technology*. 43, No 3 pp 131–138.
- Nynäshamns avloppsreningsverk (2000) Miljörapport för år 2000.
- Nynäshamns avloppsreningsverk (2001) Miljörapport för år 2001.
- Nynäshamns avloppsreningsverk (2002) Miljörapport för år 2002.
- Nynäshamns avloppsreningsverk (2003) Miljörapport för år 2003.
- Nynäshamns avloppsreningsverk (2004), Resultat av föroreningsmängder 1:a–4:e kvartalen 2004.