



Rapportserie

Nya Giron

Vatten- och avloppssystem
för subarktiskt klimat

- En förstudie för Nya Giron

Jonathan Mattsson



**VATTEN- OCH AVLOPPSYSTEM FÖR
SUBARKTISKT KLIMAT
– EN FÖRSTUDIE FÖR NYA GIRON**

Jonathan Mattsson

Institutionen för Samhällsbyggnad och Naturresurser
Avdelningen för Arkitektur och Vatten
Forskningsämne VA-teknik

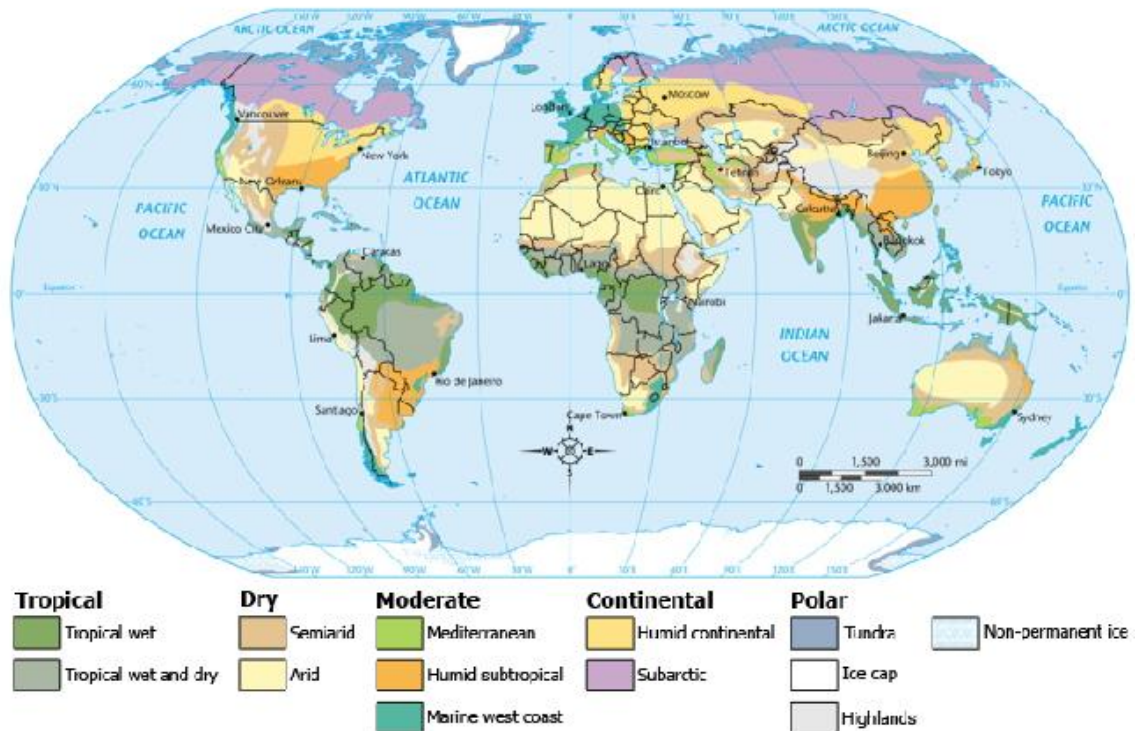
VA-lösningar för subarktisk miljö

Regioner vars klimat klassas som subarktiska är karakteriserade av långa, vanligtvis mycket kalla vintrar och korta, milda somrar. Klimattypen påträffas oftast på större landmassor med ett långt avstånd till det temperaturhöjande havet, på latituder av 50° - 70°N (Fig 1). Ryssland, Finland, Sverige, Norge, Kanada och Förenta Staterna har alla regioner som kan klassas som subarktiska. Kan också förekomma lokalt på andra platser med hög altitud såsom områden kring Anderna, Alperna och Himalaya. Klimatet kännetecknas av stora temperaturomsvängningar mellan årstider där temperaturen under vintern kan sjunka ner till -40°C och upp till 30°C under sommaren. För att en zon ska kunna klassas som subarktisk är sommaren som längst 3 månader och som minst 1 månad med en medeltemperatur av åtminstone 10°C.

Subarktiskt klimat kännetecknas vidare av begränsat nederbörd med den totala

mängden under 38 cm sett över ett år, den mest nederbördsrika perioden är sommaren. Evapotranspirationen är också den mycket låg vilket till viss del motverkar bristen av nederbörd och gör så att terrängen på många ställen ändå blir saturerad av vatten. Mångfald av växter är starkt begränsad men vissa typer av barrträd finns i stor kvantitet. Jordbruk är ovanligt då jordarna i de flesta fall är infertila med en väldigt kort tillväxtperiod vilket gör de flesta typer av växter obrukbara.

För vatten- och avloppslösningar i denna region krävs att valt alternativ uppfyller ett antal kriterier. Exempel på det är att den ska klara av stora variationer i flöde associerade med vårfloder och liknande samt klara av problematiken med frost- och tjälbildning som kan åsamka skada på framförallt växtbaserade lösningar. I detta kompendium diskuteras för- och nackdelar med ett antal olika lösningar som testats i subarktiskt eller kallt



Figur 1. Jordens olika klimatzoner, den subarktiska regionen har lila färg (printable-maps.blogspot.com).

klimat. Huvudfokus har lagts på metoder

Anlagd våtmark

En våtmark är ett markområde vars jordmån är saturerad av vatten under hela eller delar av året. Våtmarker fungerar som biofilter och renar vattnet från tungmetaller och andra skadliga ämnen och de adsorberar även stora mängder näringsämnen.

Rötterna, löven och stammarna hos växterna i en våtmark erbjuder mikroorganismerna en fast plats medan de bryter ned det organiska materialet som finns tillgängligt i vattnet. En anlagd våtmark kan konstrueras på två olika sätt, antingen med underjords- eller ytströmmning. För

underjordsströmmande våtmarker leds vattnet genom en sand- eller grusbädd där växter har sina rötter, detta kan göras både med ett horisontellt eller vertikalt vattenflöde. De ytströmmande våtmarkerna rör flödet över jordmånen i ett mindre kärr där man kan använda sig av akvatiska växter såsom vattenhyacinten. I kallt klimat har det visat sig att vissa typer av anlagda våtmarker fungerat i Sverige (Gumbrecht 1991), Österrike (Navarra 1992) samt norra Förenta Staterna och Kanada (Reed et al, 1984).

Svårigheterna som ofta uppstår med applikationer av anlagda våtmarker i områden med kallt klimat är isbildning på ytan av våtmarken, förfrysning av utrustning, låg frekvens av kemiska reaktioner och sovande växter (Maehlum et al, 1995).

Ett material som skulle kunna användas för att anlägga en underjordsströmmande våtmark är LECA (Light Expanded Clay Aggregates). Fördelen med materialet är att den har en hög hydraulisk

baserade på decentraliserade lösningar. konduktivitet, porös struktur och hög fosforadsorptionsförmåga. Efter användning av LECA som filter skulle den kunna återanvändas som gödningsmedel för att producera grödor. Experiment med denna typ av konstruktionsmaterial för våtmarker har gjorts i Norge (Maehlum 1995) där det konstaterades att efter 3 år i drift hade fortfarande våtmarken en reningsgrad av åtminstone 85 % av BOD- och fosforhalter. Man fastställde också att med 10-15 cm långa växter och 20-25 cm snö isolerade tillräckligt bra för att bibehålla ett flöde igenom hela vinterhalvåret.

AEES Växthus

AEES står för Advanced Ecologically Engineered Systems och är en del i begreppet "Ekologisk Design" som myntades och utarbetades av bröderna Odum (1959, 1971) i USA. Begreppet innebär att nya eller befintliga tekniska system ska utformas eller omarbetas så de bättre passas in i det ekologiska kretsloppet. Genom att göra detta skulle så mycket som 90 % av det mänskliga fotavtrycket kunna reduceras (Hawken et al 1999). Ett exempel på ett sådant system för kallt klimat var ett 725 m² stort växthus som renade avloppsvatten från South Burlington i Vermont i norra Förenta Staterna mellan åren 1995-1999 (Todd et al, 2003). Avloppsvattnet behandlades i ett intrikat system av seriekopplade tankar som fyllde olika funktioner i reningsprocessen.

Växthussystemet utformades för att behandla ett flöde av 300 m³/dag till en reningsgrad av tertiär standard. I systemet planterades växter på ytan av de vattenfyllda tankarna för att utvärdera vilka sorter som var bäst lämpade ur

reningssynpunkt men också ur andra perspektiv. Vidare byggdes systemet upp av populationer av mikrober som bildade ansamlingar vid växtrötterna samt flockande bakterier i det fria vattnet, allt för att höja reningsnivån av vattnet. Ryggradslösa djur och fiskar inplanterades i vissa av tankarna för att bistå med biologisk filtrering respektive konsumtion av biosolider. Reningskjedjan bestod av 9 tankar/reaktorer som kopplades samman i serier. Det råa avloppsvattnet behandlades först i en anoxisk reaktor. Efter det gick det vidare till 4 aeroba reaktorer där ett tjockt lager med växter hade planterats. Nästa steg var en clarifier där vattnet tilläts sedimentera påföljd av 3 tankar med ekologiskt fluidiserade bäddar.

Fällningsdammar

En fällningsdamm består av en damm med lång uppehållstid och fällningskemikalien doseras vanligen i avloppsvattnet strax före inflödet till dammen. Systemet används mest för samlad bebyggelse och klarar stora variationer i flöde och kräver liten tillsyn.

De biologiska dammarna användes tidigare flitigt i Sverige men har stegvis övergivits då drivkrafterna för rening, vattentemperatur och solinstrålning inte är tillräckliga för att uppnå de krav som ställs på rening under vintertid och därför har utnyttjandet varit mycket begränsat sedan 1970-talet (Ödegaard et al 1987). I takt med det lägre utnyttjandet av biologiska dammar fick fällningsdammar ett uppsving och började användas som ett alternativ till paketreningsverk i glest befolkade områden i Sverige (Hanaeus 1991). Fällningsdammar är i essens en anpassning av biologiska dammar till kallt klimat och som sådan har den fått sitt största genomslag i norra Sverige då dammarna är robusta och inte känsliga för variationer i flöde vilket är fundamentalt i dessa områden, exempelvis vid snösmältning och påföljande vårflooder. De är också billiga i drift samt har låga konstruktionskostnader och underhållskostnader än för ett konventionellt reningsverk

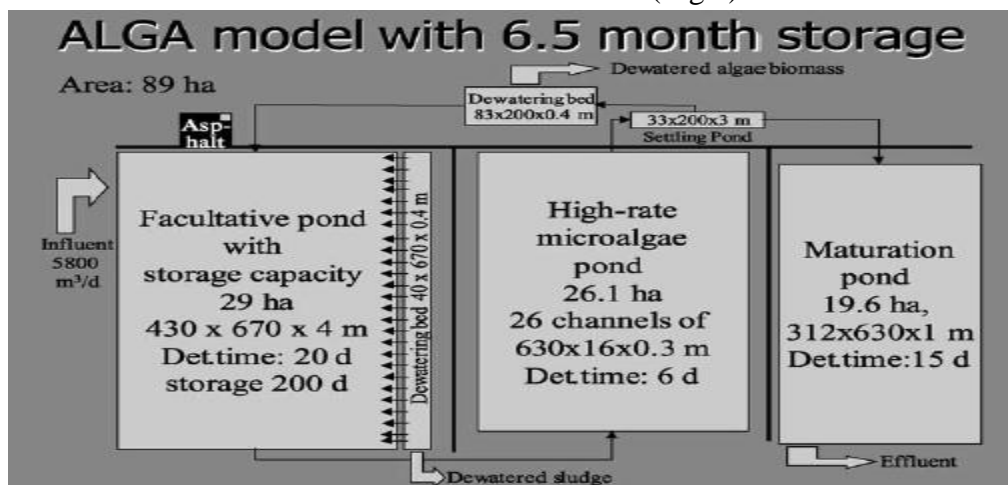
De mest använda fällningskemikalierna är järn, kalk och aluminium, det höga pH-värdet som på detta sätt uppnås är ogynnsamt för mikroorganismer vilket hämmar den biologiska nedbrytningen av organiskt material (Hanaeus 1991). Fällningsdammar har ofta en hög separation av fosfor (85-95 %) och

organiskt material (60-90 %) medan reningsgraden för kväve är relativt låg jämfört med vanliga biodammar (Johansson et al 2005). För att uppnå en än högre reningsgrad är det vanligt att man sammankopplar två eller flera fällningsdammar till ett system (Pettersson 1996). Nackdelarna som fällningsdammar besitter är att de kräver stora arealer för att kunna anläggas samt att en stor mängd av fällningskemikalier förbrukas. Detta skulle kunna reduceras genom att anpassa kemikaliedoseringen, exempelvis under sommarhalvåret då den biologiska reningsförmågan för dammarna är högre och en inte lika kraftig dosering behövs (Johansson et al 2005).

HRAP – High Rate Algal Pond

Att inkorporera alger i vattenreningsteknik är något som undersökts i över 40 år. Det har visat sig vara en effektiv metod för att minska eutrofiering i jämförelse med konventionell teknik (Hoffmann, 1998). De flesta applikationer av algbaserade reningssystem har utgjorts av artificiellt konstruerade dammar.

HRAP-lösningar för kallt klimat har föreslagits som ett intressant alternativ för avloppsbehandling i kallt klimat (Grönlund et al, 2001). För att testa ett sådant system i praktiken konstruerade Grönlund et al (2004a) två HRAPs som inboddades av flertalet arter av grönalger som skulle få rena avloppsvatten i ett subarktiskt klimat från det lilla samhället Orrviken på en latitud av ca 63 grader. Experimentet visade att det var möjligt att använda sig av tekniken mellan tidig april till sena oktober. Reduktionen av de olika ämnena sett över hela försöksperioden var BOD: 90 %, COD: 65 % Tot-P: 20 %, Tot-N: 46 %. Under oktober månad iaktogs algbloomning under det istäcke som hade bildats på ytan av försöksdammarna, detta skulle kunna innebära att metoden är funktionell även för vintertid, förutsatt att istäcket hålls rent från snö. Ett system baserat på denna metod har även fördelen att man skulle kunna använda sig av biogas i form av metan eller andra biokemikalier från den skördade algbiomassan som bränsle. Grönlund et al (2004b) ger ett exempel på hur ett sådant större system baserat på HRAP-tekniken och andra dammar skulle kunna se ut (Fig 2).



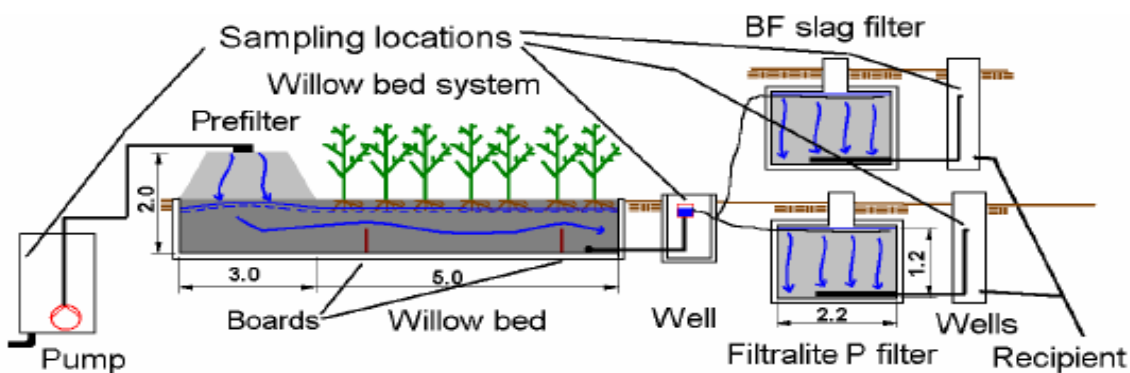
Figur 2. En hypotetisk utformning av ett dammsystem baserat på mikroalger (Grönlund et al, 2004b).

Sälgbädd + Filter

Sälg är ett trädslag som ofta används för framställning av bioenergi då den på ett mycket effektivt sätt tar upp näringsämnen från jordmånen och därför har en hög tillväxttakt. Då avloppsvatten innehåller stora mängder av näringsämnen har det använts som källa för sälgplantage på ett antal platser i södra Sverige (Hasselgren, 1999). En av de viktigaste faktorerna som begränsar tillväxt för sälg är temperatur, det har därför ansetts som orealistiskt att den skulle kunna anpassas till att växa i subarktiskt klimat. För att potential ska finnas krävs att frostoleranta kloner tas fram och testas i just sådana områden (Börjesson, 1999).

Rastas & Hanaeus (2006) gjorde ett sådant försök i ett samhälle norr om Luleå med två sälgkloner, Karin och Gudrun, som planterades i en bädd av 5 x 4 m. Då sälgbäddar inte renar vattnet av fosfor helt adekvat krävs någon form av efterbehandling, för detta experiment gick det utflödande vattnet från

sälgbädden vidare till två olika filter för att sänka nivån av fosfor (se Fig 3). Filter Filtralite-P var av ett lermaterial med hög porositet och Filter BF-slag var masugnsslagg från industrin. Systemet med Filtralite-P som adsorbent hade de högsta reduktionsnivåerna och uppfyllde Naturvårdsverkets krav på normal skyddsnivå, dock inte kravet för naturkänsliga områden. Systemet med masugnsslagg uppfyllde inga av nyss nämnda krav. Under vintern noterades vissa problem med frost som skadade en del skott från de befintliga sälgarna och studien konkluderade att mer forskning skulle kunna läggas på att ta fram kloner av sälg som bättre klarar av kylan än Karin och Gudrun. Biomassaproduktionen från experimentet visade att det endast skulle motsvara en liten del av ett hushålls totala energiförbrukning.



Figur 3. Det småskaliga avloppssystemet som evaluerades norr om Luleå (Rastas & Hanaeus, 2006).

Torvmark

När syrebrist råder i jordmåner leder det till att växter som växt och dött i denna sedan endast förmultnar till en viss del och bildar således en egen typ av jordart, den så kallade torvmossen. I en sådan kan man fortfarande identifiera delar av de växter som dött, exempelvis gamla frön, blad och pollen. I och med att kolhalten gradvis ökar i en växande torvmakt kan den till slut övergå till brunkol eller stenkol som kan brytas för att utvinna energi. Torv innehar också goda adsorberingsegenskaper för näringsämnen vilket har gjort den intressant för avloppsvattenhantering i olika delar av världen, men givet att torv till största delen existerar på norra halvklotet så har flera försök gjorts i arktiskt klimat. Kapaciteten för fosforadsorption i torvmarker har estimerats till ca 20 år (Heikkinen & Ihme, 1995).

Att använda torv som en del i avloppsreningskedjan är inte ny, men att använda samma reningsprocess som huvudkomponent i avloppsrening i kallt klimat har inte testats i lika stor grad trots att idén föreslogs av forskare i Quebec i Kanada på 80-talet. Dubuc et al (1986) försökte fastställa om ett torvlandssystem i James Bay i Kanada var adekvat för att rena ett avloppsvattenflöde av 280 m³/dag, systemet byggdes upp av 6 olika komponenter där den första var septiktankar varifrån vattnet fördes vidare till torvmarkerna. Slutsatsen av studien var att torvlandssystemet var mycket effektivt med en reningsgrad av BOD, tot-p och tot-n som översteg 90 % för samtliga parametrar. Att använda naturliga torvmarker för att rena

avloppsvatten har också visat sig vara applicerbart i Finland (Pirttijoki, 1996) (Ronkanen & Klove, 2008).

Vakuumsystem

Vakuumsystem använder sig av tryckskillnader mellan atmosfären och det partiella vakuum som man bibehåller inne i ett ledningssystem. Tryckskillnaden gör så att avloppsvattnet kan transporteras mot ett reningsverk eller annan mottagningsstation. Fördelarna är att man inte behöver ett 5-tal pumpstationer för att transportera vattnet, vidare behöver inte ledningarna grävas ner till samma djup som för system baserade på gravitationskraft.

För subarktiska klimat kan ett vakuumsystem vara en intressant lösning då det i dessa områden inte finns stora urbana stadsområden utan mindre, utspridda rurala bynätverk. I många subarktiska områden har man också problem med mycket bergig terräng vilket gör det svårt att anlägga normala ledningssystem, med ett vakuumbaserat system försvinner mycket av den problematiken då det inte kräver samma djup vid anläggning. Den i kallt klimat situerade York County i Förenta Staterna har periodvis övergått från konventionella system till vakuumbaserade varianter med ett mycket gott resultat, pengar sparades för underhållet, anläggningen och driften (Government Engineering, 2004). I Alaska har man också börjat övergå till att ansluta mindre rurala områden till vakuumbaserade stationer, vid sekelskiftet fanns det ca 10 system i funktion (Schubert et al 2001).

Cyanobakterier

Cyanobakterier är vanligt förekommande världen över och är ofta associerade med övergödningssproblematik. De är också giftiga och kan få svåra konsekvenser vid ett för högt intag hos djur och människor. Vid för höga nivåer i den mänskliga kroppen kan de åsamka skada på levern och kan i värsta fall leda till tumörer på lång sikt. Att använda sig av cyanobakterier för att rena avloppsvatten har visat sig vara en effektiv lösning i tempererade klimat (Talbot et al, 1991).

Cyanobakterier har mycket hög toleransnivå för kallt klimat och förekommer därför naturligt i arktiska och subarktiska områden. Då de behöver kväve och fosfor för sin metabolism skulle de därför kunna användas för att rena avloppsvatten i områden där kallt klimat råder. I kontrast till mikroalger är det möjligt att separera biomassan på ett naturligare sätt då cyanobakterier kittar samman och snabbare bildar biofilmer som sedan kan skördas på ett smidigare och billigare sätt. Framtidspotentialen för att återanvända biomassan är därför större för dessa system och det följer också att man enklare kan hitta framtida applikationer inom energi- eller livsmedelsindustrin för den ackumulerade biomassan.

Chevalier et al (2000) valde ut 3 typer av i arktiskt förekommande cyanobakterier för att utvärdera deras förmåga att rena avloppsvatten under låga temperaturer. Studien konkluderade att cyanobakterier inte klarar av att rena vatten till 3: e gradens nivå under en temperatur av 5 grader. Det visade sig att den låga temperaturen gjorde det för svårt för bakterierna att ackumulera biomassa. Men det visade sig samtidigt att dessa

bakterier dock klarar av måttligt låga temperaturer (ca 15 grader) vilket går att

jämställa med temperaturer för subarktiska områden under vår och höst.

Referenser

- Börjesson, P. (1999) Environmental effects of energy crop cultivation in Sweden – Identification and quantification. *Biomass and energy* 16 (2) 155-170.
- Dubuc, Y., Janneteau, P., Labonte, R., Roy, C. och Briere, F. (1986) Domestic wastewater treatment by peatland in a northern climate. *Water resources bulletin* 22 (2) 297-303
- Chevalier, P., Proulx, D., Lessard, P., Vincent W.F. och de la Noue, J. (2000). Nitrogen and phosphorus removal by high latitude mat-forming cyanobacteria for potential use in tertiary wastewater treatment. *Journal of Applied Phycology* 12 105–112.
- Government engineering (2004) *Vacuum sewer saves York County*. September-October pp 15-18.
- Grönlund, E., Falk, S., Hanaeus, J., 2001. Use of microalgae in wastewater treatment in cold climate. *Vatten* 57, 135–145.
- Grönlund, E., Hanaeus, Johansson, E. och Falk, S.(2004a) The performance of an experimental wastewater treatment HRAP in subarctic climate. *Vatten* 60 (4).
- Grönlund, E., Klang, A., Falk, S. och Hanaeus, J. (2004b) Sustainability of wastewater treatment with microalgae in cold climate, evaluated with energy and socio-ecological principals. *Ecological Engineering*. 22: 155-174
- Gumbrecht, T. (1991) Nutrient reduction using macrophyte systems in temperate climate. Lic thesis KTH TRITA-KUT/91:1064 Stockholm.
- Hanaeus J. (1991b). *Wastewater treatment by chemical precipitation in ponds*. Luleå tekniska universitet. Doktorsavhandling 1991:095 D. ISSN 0348-8373
- Hasselgren, K. (1999) *Irrigation of short rotation energy forest with secondary effluent*. VA-forsk rapport 1999-5. VAV AB. Stockholm
- Hawken, P., Lovins, A., Lovins, L.H., 1999. *Natural Capitalism*. Little Brown & Co, Boston 396 pp
- Heikkinen, K. och Ihme, R. (1995) Retention of organic Fe–P-colloids from peat mining water in an overland flow wetland treatment system in northern Finland. *Arch. Hydrobiol.* 134 (4), 547–560.
- Hoffmann, P. (1998) Wastewater treatment with suspended and nonsuspended algae. *Journal of Phycology*. 34 (5) 757-763
- Johansson, E., Hanneus, J. och Grönlund, E. (2005) *Fällningsdamm och biodamm*. VA-forsk rapport Nr 2005-18. Svenskt Vatten AB. Stockholm.
- Maehlum, T., Jenssen, P. D. och Warner, W. S. (1995) Cold climate constructed wetlands. *Water Science and Technology* 32 (3) 95-101.
- Navara, G. A (1992) Constructed wetlands for extensive sewage treatment in the Alps. *International Wetlands Conference*. New Columbus, Ohio.
- Odum, E.P., (1959) *Fundamentals of Ecology*. Saunders, Philadelphia, 546 pp.
- Odum, H.T., (1971) *Environment, Power and Society*. Interscience, New York City, 331 pp.
- Pettersson U. (1996). Fällningsdammar: Erfarenheter och rekommendationer. Miljövårdsenheten, Härnösand. ISBN 91-630-4185-5.

- Pirttijoki, J., 1996. *Treatment of wastewater from Ruka in Kuusamo by using overland flow method*. M.Sc. Thesis (Tech). University of Oulu, Water Resources and Environmental Engineering 85 pp
- Rastas, L. och Hanaues, J. (2006) Nutrient recovery in a small scale wastewater treatment plant in cold climates. *Vatten* 62 (4) 355-368
- Reed, S. C., Bastain, R., Blackand, S. och Khettry, R. (1984) Wetlands for wastewater treatment in cold climates. PRO, *Water Reuse III*, 962-972. Denver, Colorado.
- Ronkanen, A.-K. och Kløve, B. (2008). Hydraulics and flow modeling of water treatment wetlands constructed on peatlands in Northern Finland. *Water Res.* 42 (14), 3826–3836.
- Schubert, D., Costello, P., Heintzman, T. och Lohr, E. (2001) Vacuum sewer design, construction and operation in rural Alaska. *On-Site Wastewater Treatment* 370-377.
- Talbot P, de la Noüe J (1988) Evaluation of *Phormidium bohneri* for solar biotechnology. *Algal Biotechnology* 403–411.
- Todd, J., Brown, E. och Wells, E. (2003) Ecological design applied. *Ecological Engineering* 20 (2003) 421-440.
- Ödegaard H., Balmér P. och Hanaeus J. (1987) Chemical precipitation in highly loaded stabilization ponds in cold climates: Scandinavian experiences. *Water Science and Technology*, 19: 71–77.

Institutionen för Samhällsbyggnad och Naturresurser
Avdelningen för Arkitektur och Vatten
Forskningsämne VA-teknik

ISBN 978-91-7439-370-5

Luleå tekniska universitet 2011